

Technická zpráva pro fotovoltaický střídač EGD2024-Z027

Solax X3-HYB-15.0-P

Platné pro řadu:

X3-HYB-4.0-P

X3-HYB-5.0-P

X3-HYB-6.0-P

X3-HYB-8.0-P

X3-HYB-10.0-P

X3-HYB-12.0-P

X3-HYB-15.0-P

eg·d

ČLEN SKUPINY E.ON

Typ: Solax X3-HYB-15.0-P
Verze FW: DSP:2.03; ARM:2.07
Sériové číslo: 10K0F0010N0108
Country setup: Czech 2023
Technická zpráva: EGD2024-Z027

Informace - střídač

Výrobce: Solax

Typ: X3-HYB-15.0-P

Výkon: 15 000 VA

Vstupní parametry DC: 110-950 V; 20/20/20 A I_{mmp} (25/25/25 A I_{sc})

Výstupní parametry AC: 230 V/ 50 Hz; 15 000 VA (15 000 W)

Účinnost: $0,8_{ind} - 0,8_{kap}$

Fáze: 3f

Hybridní: ANO

Nastavený grid code: Czech 2023

Poznámka:

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

Datum měření: 28.11.2024

Datum vydání technické zprávy: 3.12.2024

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 % $P_n - 5,01 \%$ 50 % $P_n - 4,93 \%$	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	301 - 303 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	$P_n (\cos = 1) = 10$ kW	$P = 10$ 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
				Odezva P na změnu U $\tau = 5$ s	Naměřené $\tau = 5$ s	
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
Obnovení P po krátkodobém poklesu U	PPDS	9.2.2.4	13	Pokud $U > 85 U_n$, obnova P do 1 sekundy.	Obnova P do 0,13 s.	ANO

Informace - testy

Počet provedených testů	14
Vyhovělo	14
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: GBC Solino s.r.o.; U Panelárny 10; 779 00 Olomouc; IČ: 469 83 465

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
13. Obnovení činného výkonu po krátkodobém poklesu napětí	39
Závěr	40
Příloha	41
Příloha č.1 – Nastavení střídače	42
Příloha č.2 – Datasheet	44

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

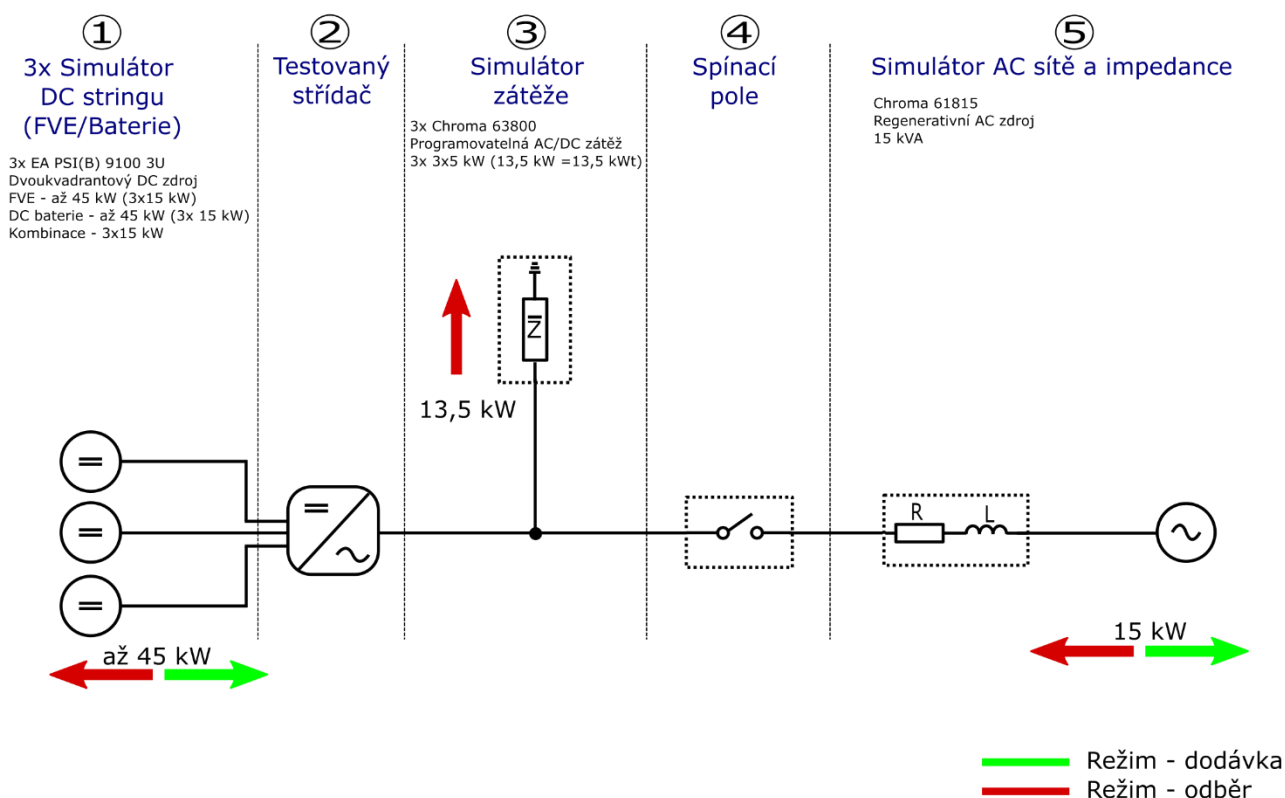
EN 50549 - Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks
- Part 1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B

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 – 15 000 W

Q_n – 7194 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

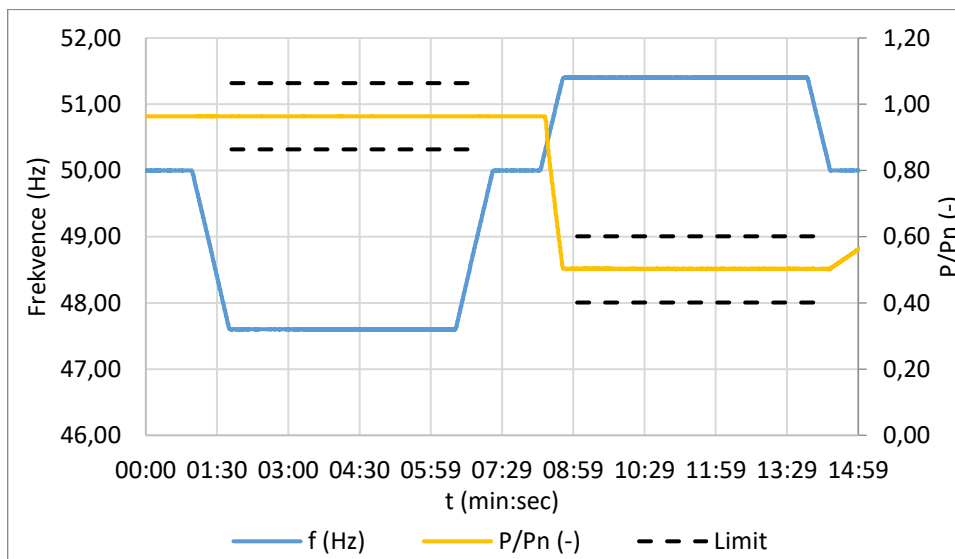
1.2. Průběh zkoušky:

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 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.

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

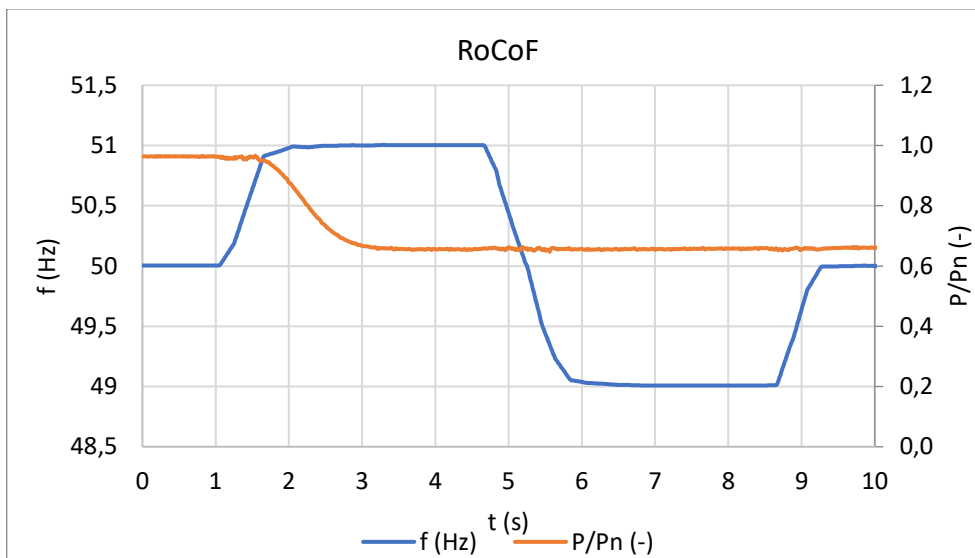
2.1. Požadavek:

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:

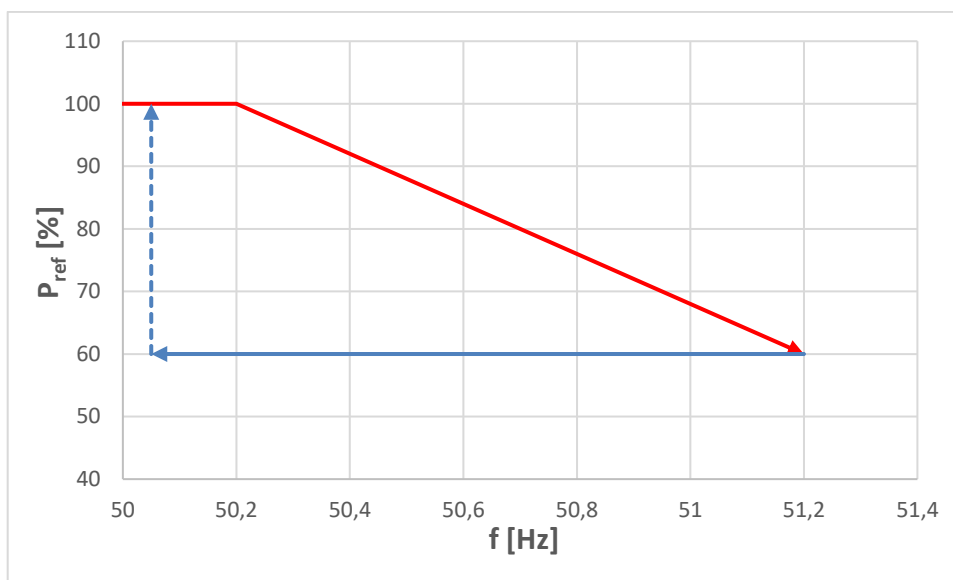
Testovaná změna frekvence	Vyhovující
2 Hz/s	ANO

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

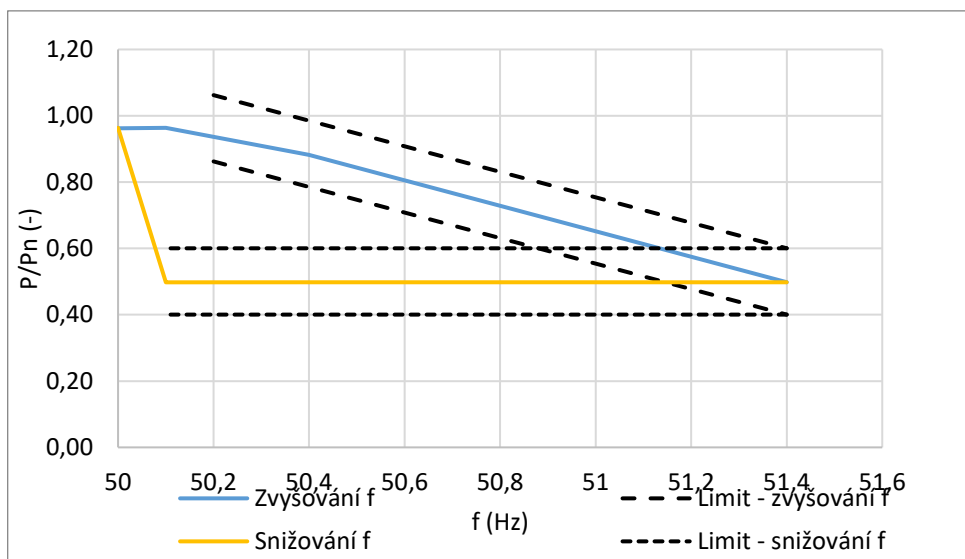
3.2. Průběh zkoušky:

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 % P_n .

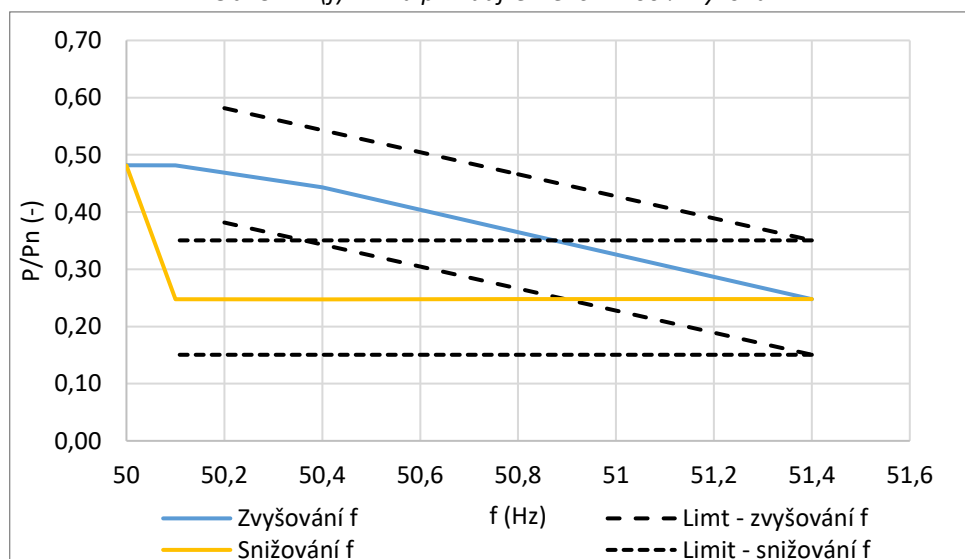
Poslední částí zkoušky (*obr. 3.4*) je zvýšený dostupného výkonu na DC vstupu střídače během doby, kdy došlo k omezení činného výkonu kvůli nárůstu frekvence. Zkouška je prováděna při cca 50 % P_n a frekvenci 50,8 Hz. Výkon na DC straně střídače je zvýšen o 20 %, přičemž výkon na AC straně se nesmí zvýšit.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

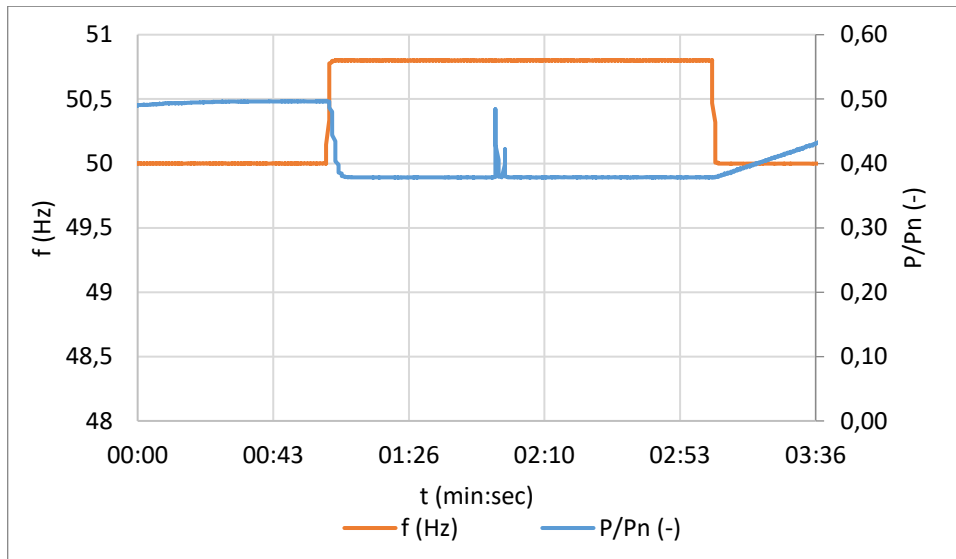
Grafy:



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

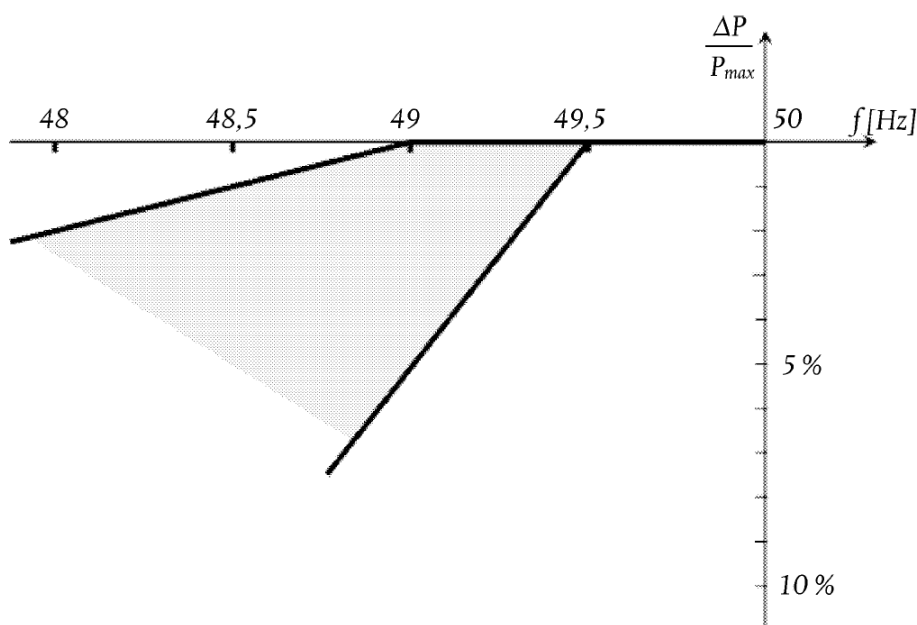
Výsledná tabulka – 100 %		Vyhovující	Celkové vyhodnocení
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)		
50	14437,0	-	
50.1	14454,7		
50.4	13232,0		
50.9	10935,1		
51.4	7471,2		
50.9	7468,1		
50.4	7467,4		
50.1	7466,9		
50	14453,4		
Statika (%)	5,01		
Návratová frekvence	<50,05 Hz	ANO	
Gradient	<10 %/min	ANO	
Výsledná tabulka – 50 %		Vyhovující	
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)		
50	7223,9	-	
50.1	7224,1		
50.4	6644,0		
50.9	5473,7		
51.4	3714,7		
50.9	3714,0		
50.4	3713,7		
50.1	3713,5		
50	7220,8		
Statika (%)	4,93		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.

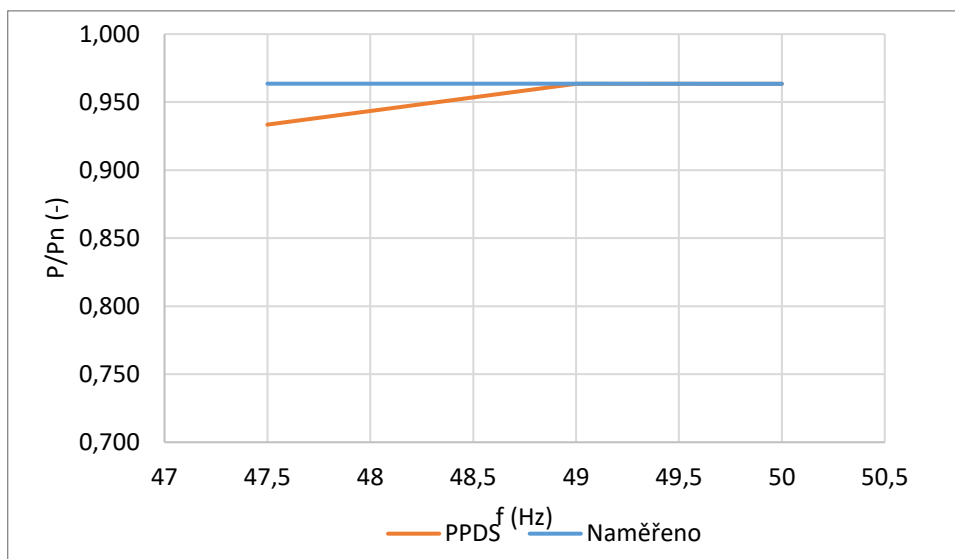


Obr.4.1: Regulační oblast pro snížení činného výkonu při podfrekvenci

4.2. Průběh zkoušky:

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

5.2. Průběh zkoušky:

Pro otestování byly spojeny příslušné kontakty (DI/DO pin 4 a 5), kdy po spojení došlo do 5 sekund k přerušení dodávky činného výkonu do sítě.

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

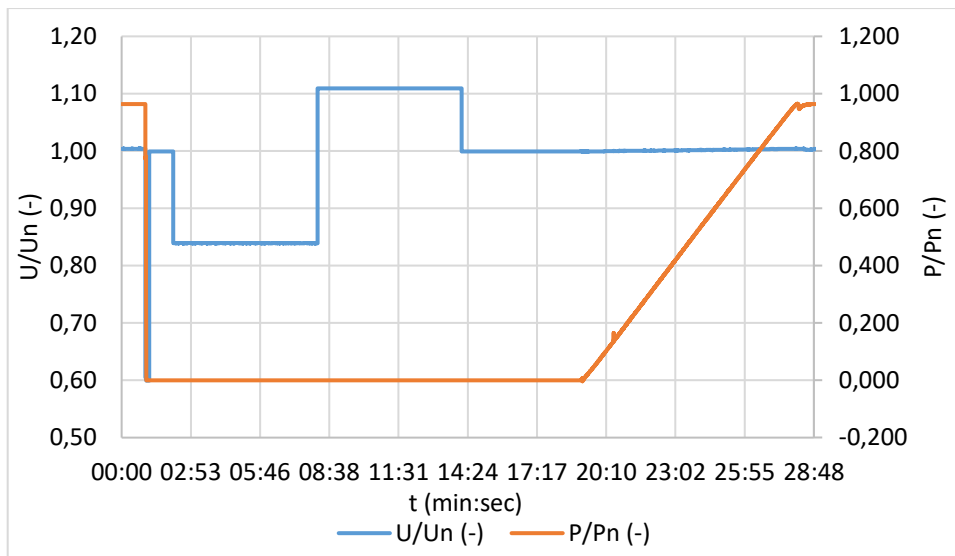
V případě, že není střídač schopen splnit bod 2., může se po předchozí koordinaci s PDS připojit v intervalu 0-20 min.

6.2. Průběh zkoušky

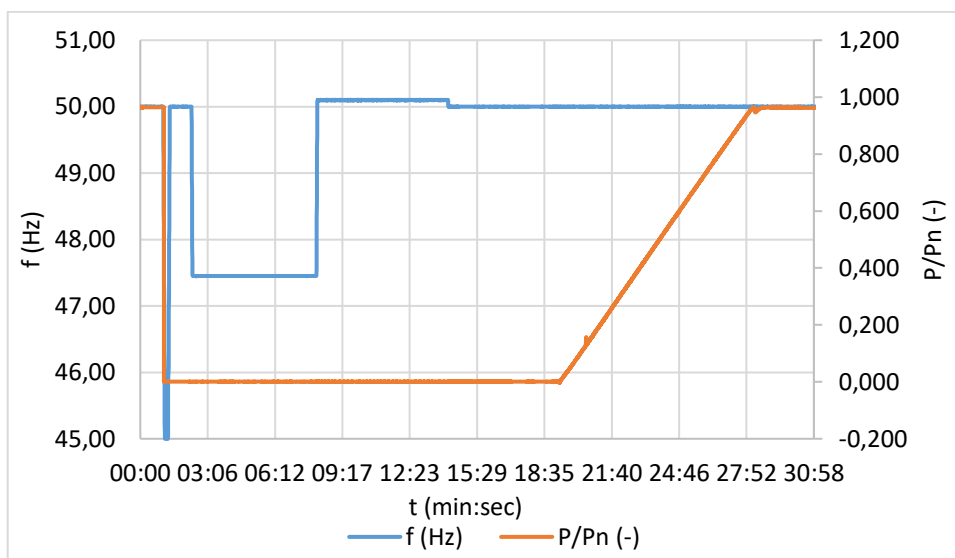
Střídač je uveden do provozu a před spuštěním zkoušecí sekvence je na dobu 60 sekund provozován na jmenovitých parametrech napětí a frekvence. Střídač je od umělé DS odpojen pomocí poruchy napětíového charakteru (*obr.6.1*) tím, že napětí je nastaveno na 0,6 U_n (138 V) po dobu 10 sekund. Poté je napětí 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	301 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	303 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 ($U_N = 230 \text{ V}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$). Na DC simulátoru je nastaven výkon $1,2 P_{NAC}$.

7.3. Výsledek:

Očekávaný maximální výkon: 15 kW (při $\cos\phi=1$)

Naměřený maximální výkon: 15 kW

Vyhovuje: ANO

8. Napěťová stabilita

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

8.1. Požadavek:

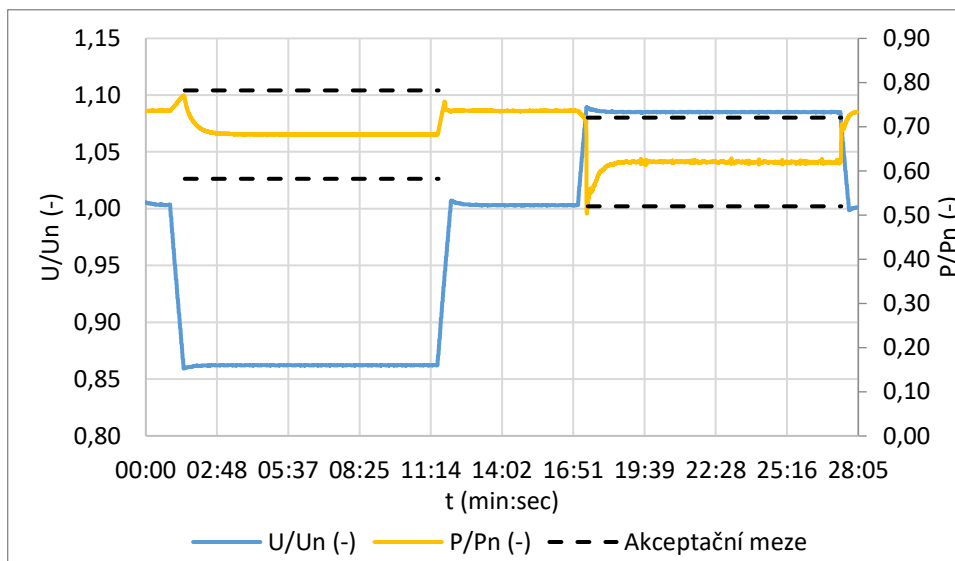
Střídač musí být schopen trvalého v provozu v napěťovém rozsahu 0,85 – 1,1 U_n .

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 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:

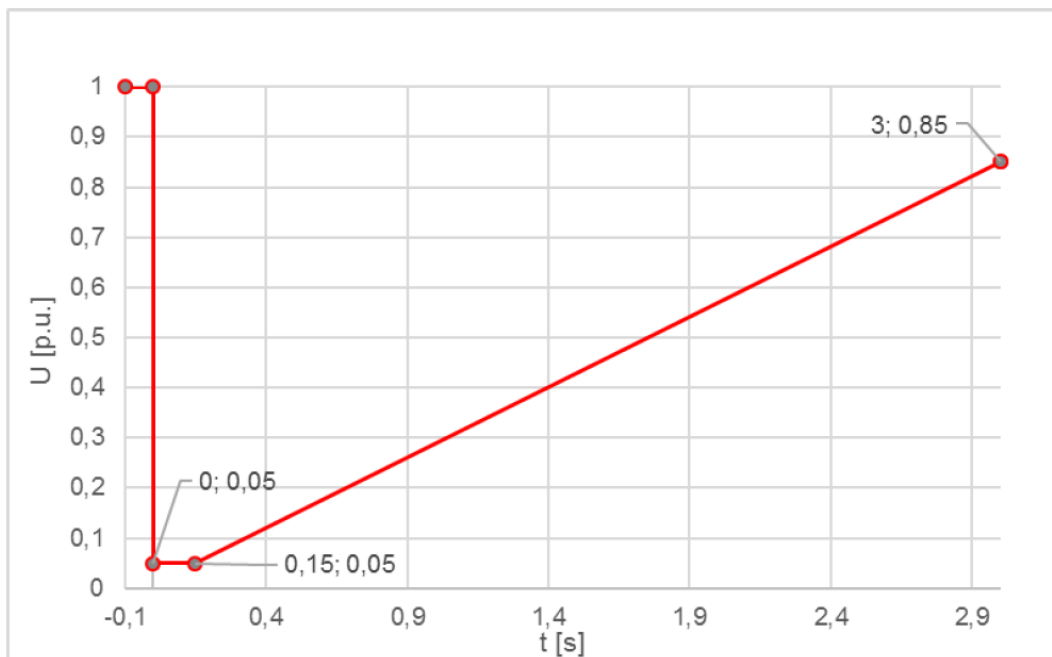
Testovaný rozsah	Čas testu	Vyhovující	Celkové vyhodnocení
0,86 U_n	10 min	ANO	ANO
1,09 U_n	10 min	ANO	

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

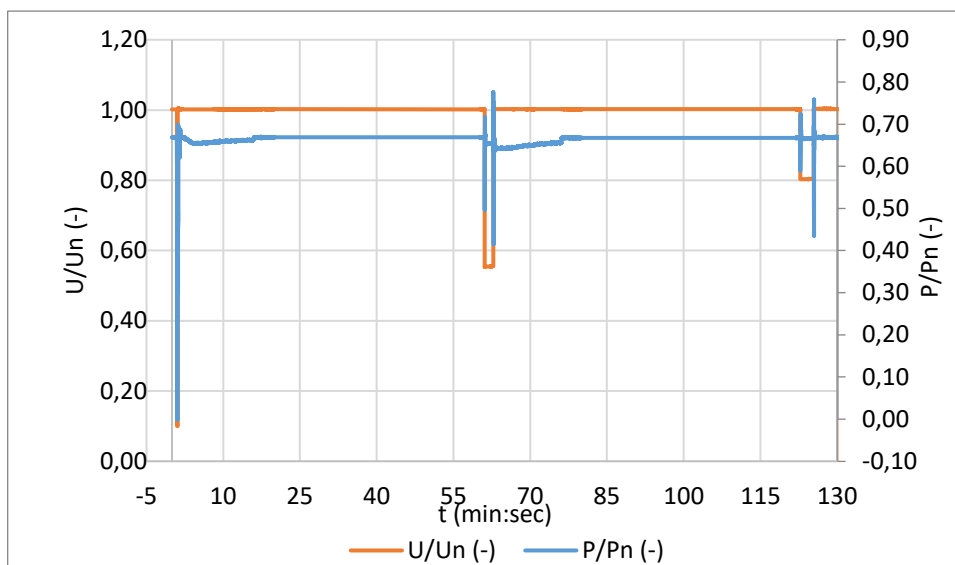
9.2. Průběh zkoušky:

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 U_n (11,5 V)	0,15 s
P.2	0,5 U_n (115 V)	1,7 s
P.3	0,75 U_n (172,5 V)	2,6 s

Grafy:



Obr.9.2: Křivka URVT – naměřeno

9.3. Výsledek:

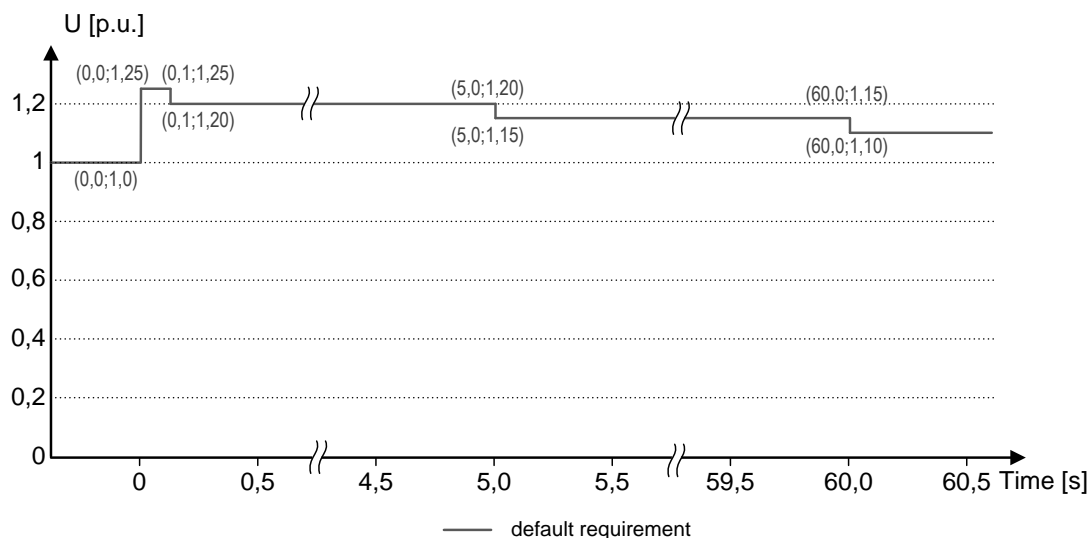
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
P.1	ANO	ANO
P.2	ANO	
P.3	ANO	

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 výroby, které by mohly způsobit odpojení.



Obr.10.1: Křivka ORVT

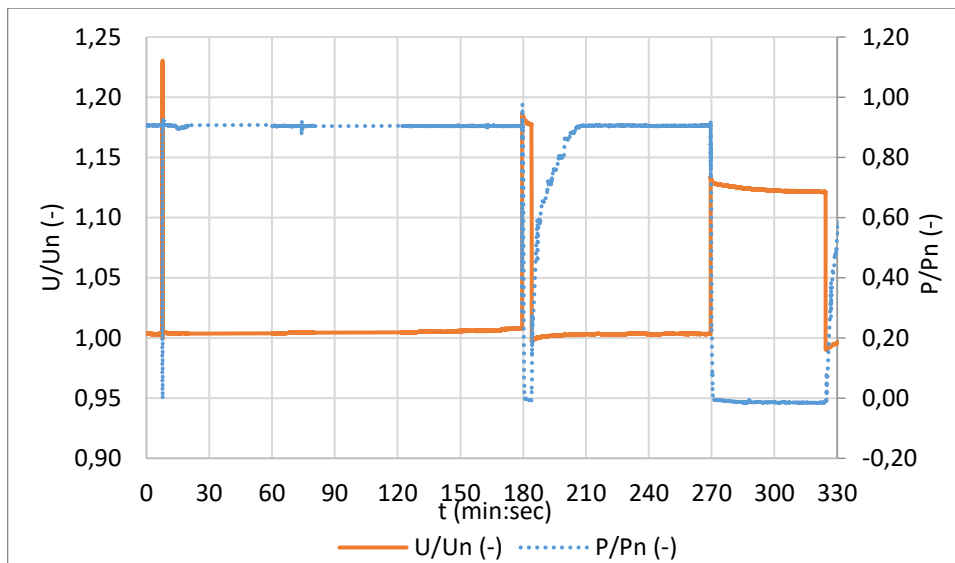
10.2. Průběh zkoušky:

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 U_n (282,9V)	50 ms
N.2	1,18 U_n (271,4 V)	4,5 s
N.3	1,13 U_n (264,5 V)	55 s

Grafy:



Obr.10.2: Křivka ORVT

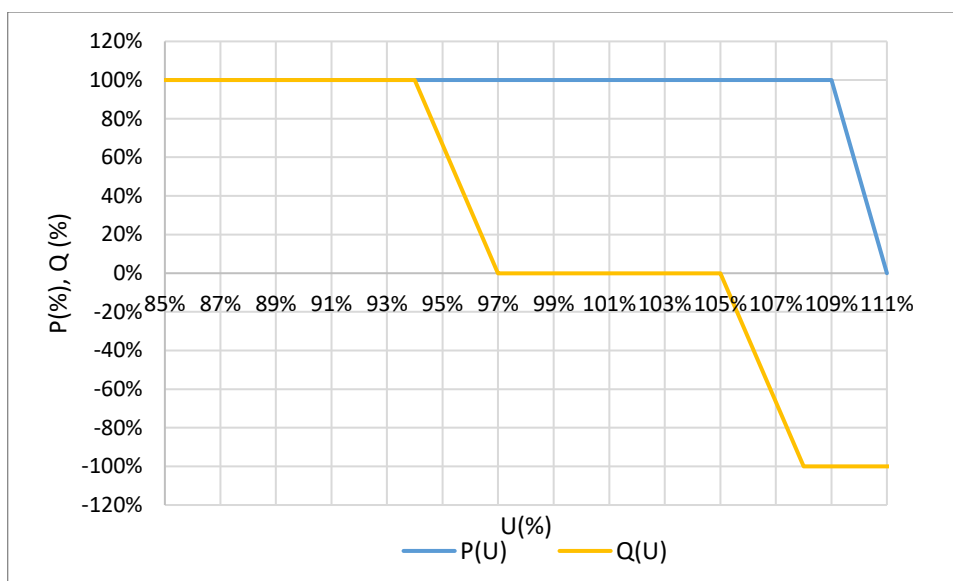
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
N.1	ANO	ANO
N.2	ANO	
N.3	ANO	

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

Výrobní 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 výrobní 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:

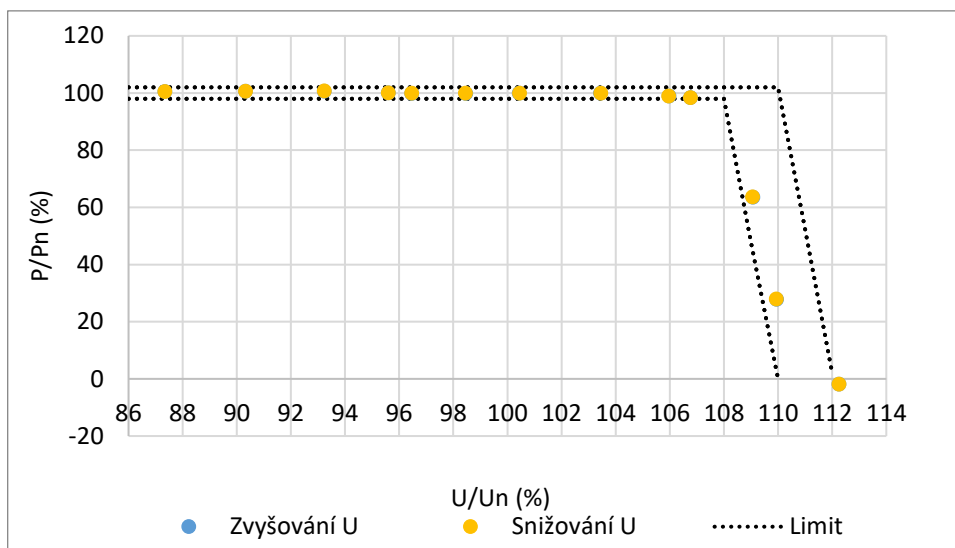
Defaultní nastavení Q(U) křivky PPDS nenařizuje, ale umožňuje plné nastavení dle požadavků jednotlivého provozovatele DS.

Křivka P(U) (*obr.11.2*) a křivka Q(U) (*obr.11.4*) jsou ověřovány postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % Un na 112 % Un a zpět.

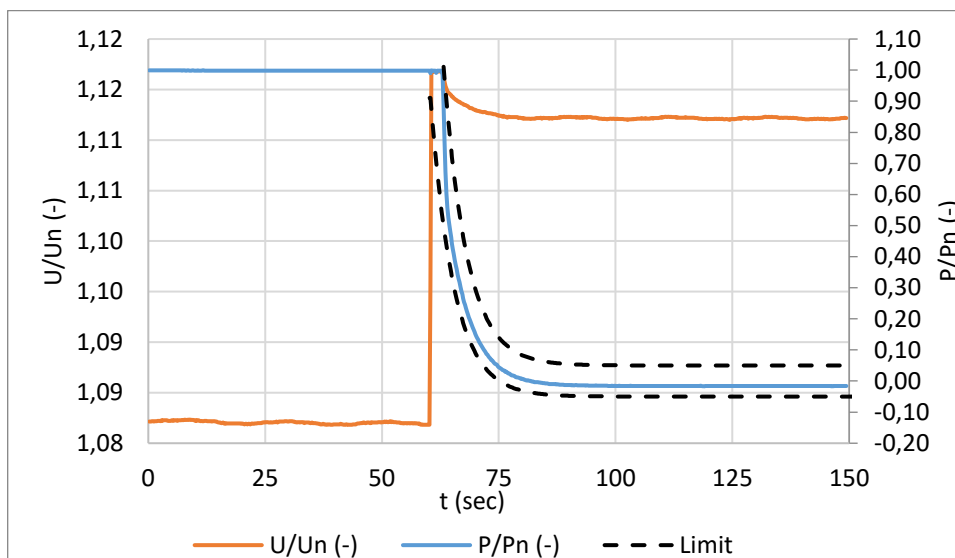
Na *obr.11.3* je zkoušeno dynamické chování činného výkonu P při skokové změně napětí U. Činný výkon P se snižuje s exponenciálním průběhem s časovou konstantou $\tau = 5$ sekundám.

Na *obr.11.5* 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.

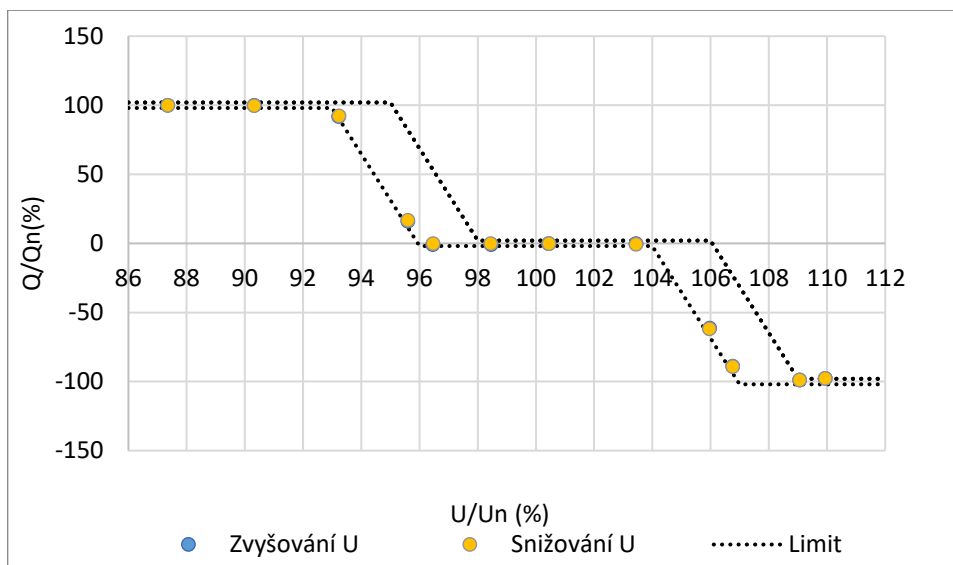
Grafy:



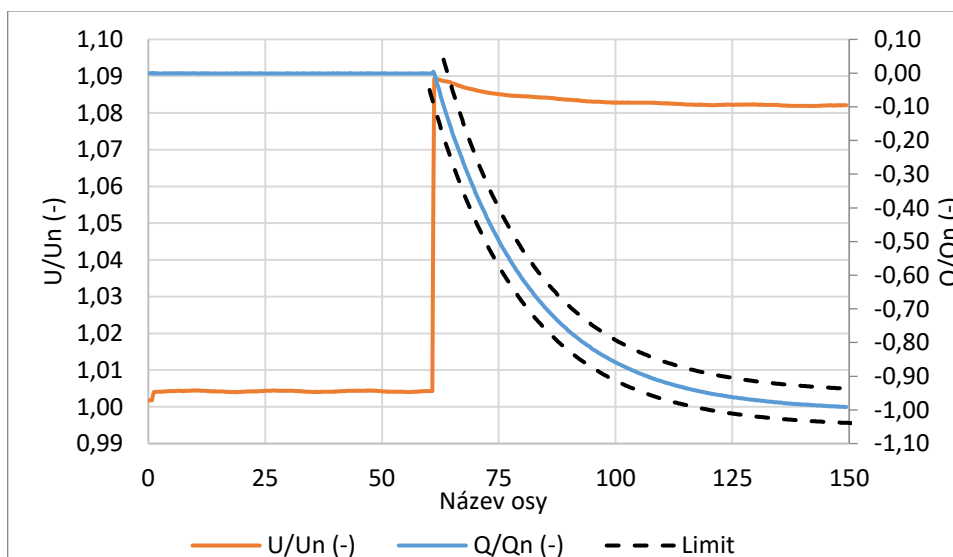
Obr.11.2: P(U) – vyhodnocení



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	

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)

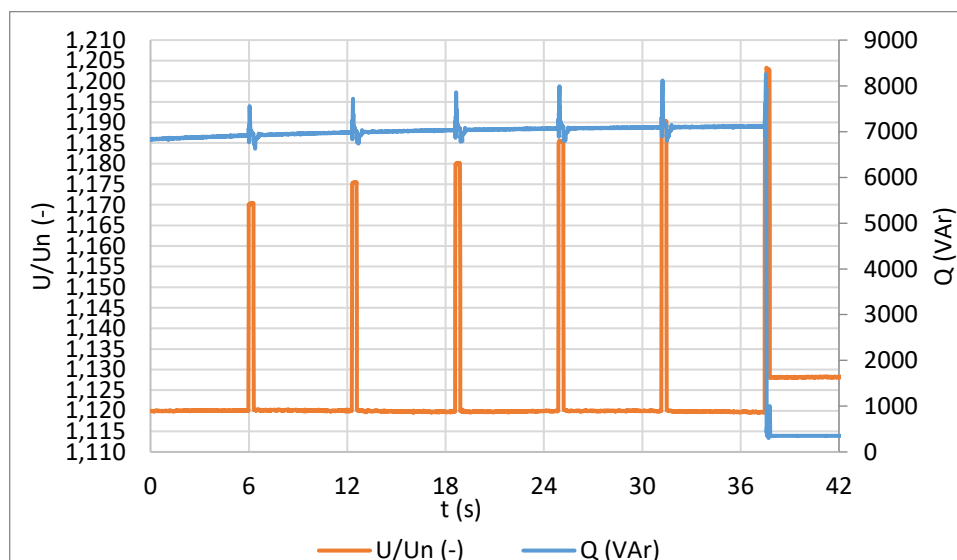
Tab.12.1: Nastavení ochran

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

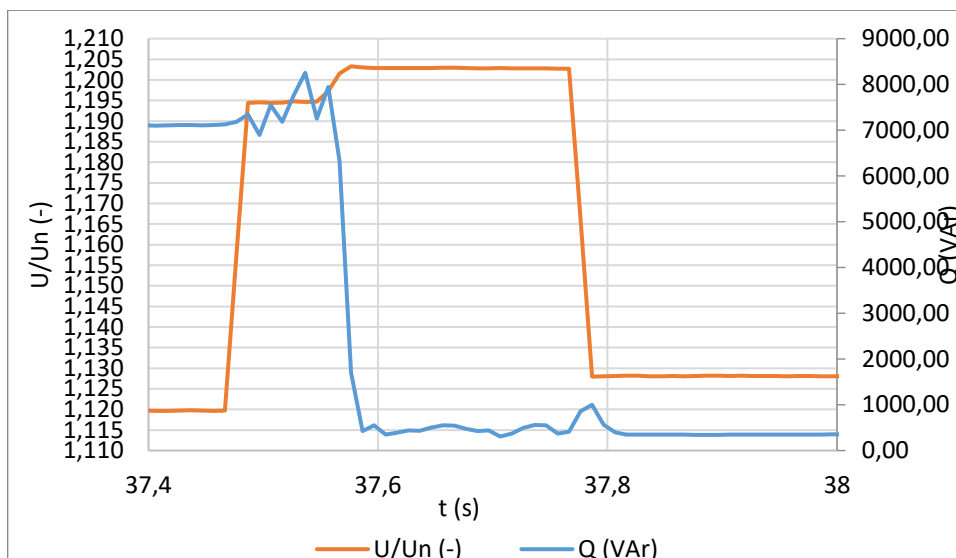
⁽¹⁾ Pokud nelze nastavit 1. nadpětí ochrana na desetiminutový průměr, tak je nastavena na 1,11 Un se zpožděním 60 s.

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

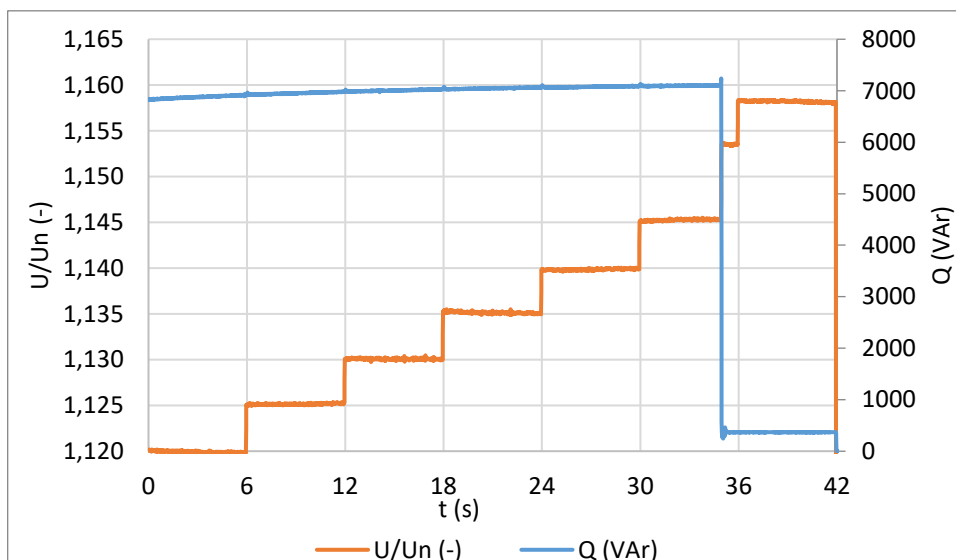


Obr.12.2: 3. stupeň nadpětové ochrany – detail

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:

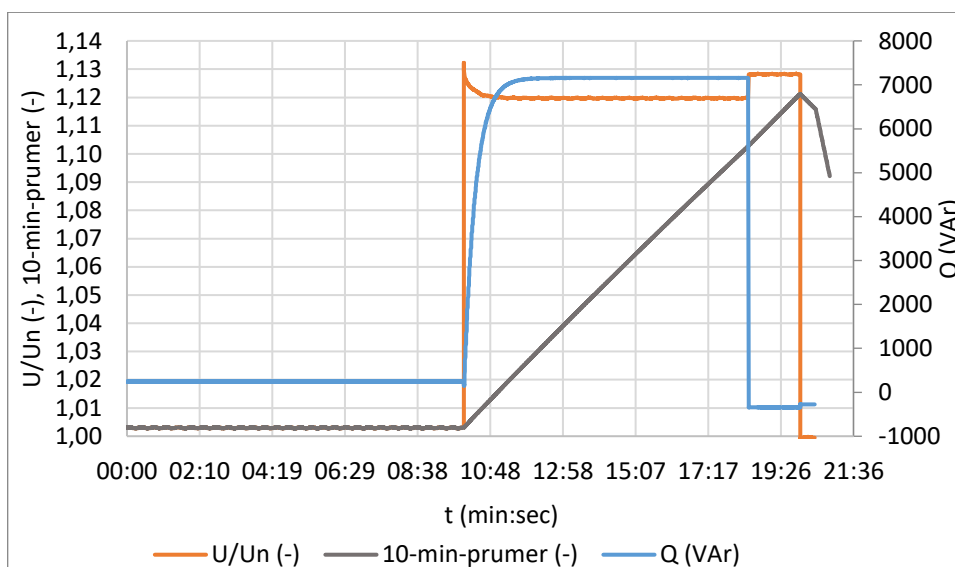


Obr.12.3: 2. stupeň nadpětové ochrany – schodová rampa

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 1,103 Un. Nejistota může být ±46,5 sekundy, v tomto případě je nejistota měření -33 sekund. Toto zafungování je vyhovující. U této zkoušky je zároveň otestován 3 stupeň křivky OVRT, který je vyhovující.

Grafy:

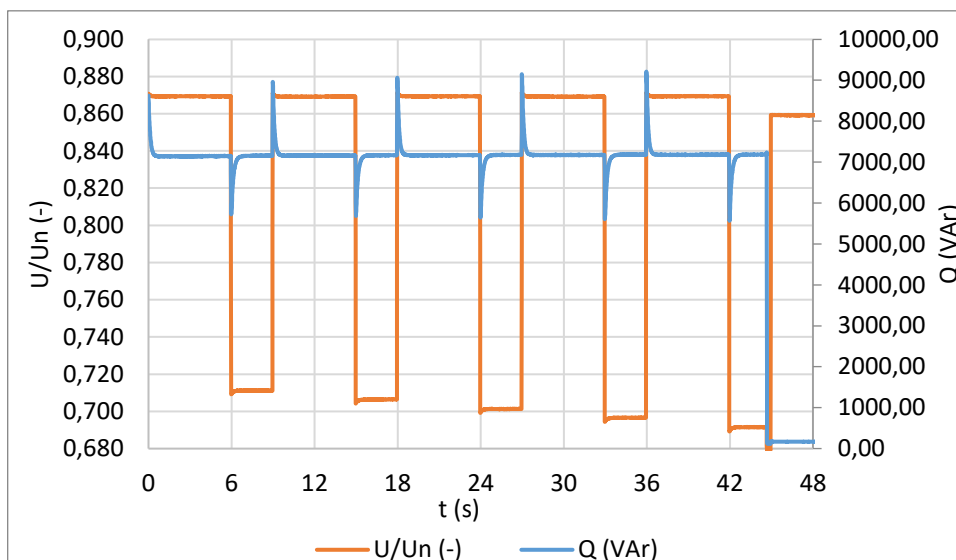


Obr.12.4: 10 min ochrana

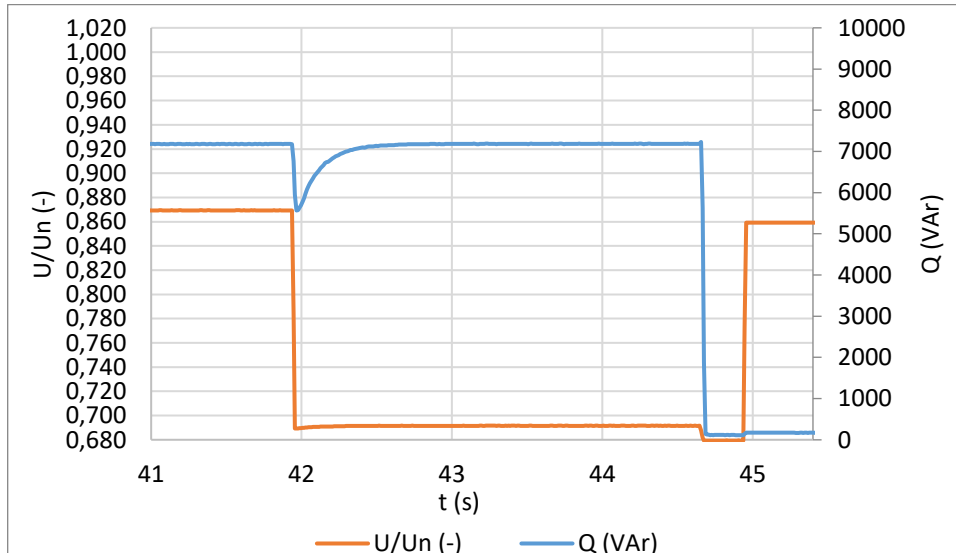
12.5. 1° podpětové ochrany

1° podpětové 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

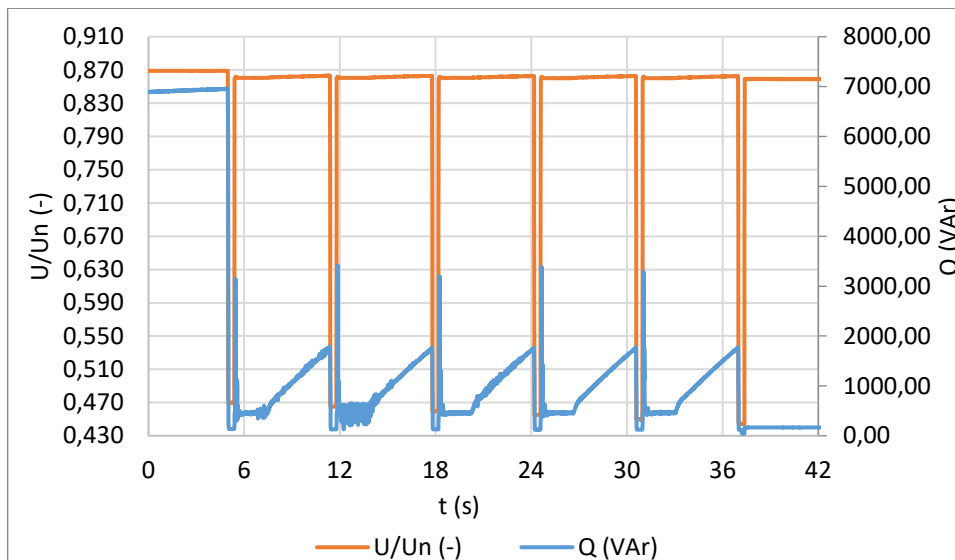


Obr.12.6: Podpětová ochrana 1. stupeň – detail

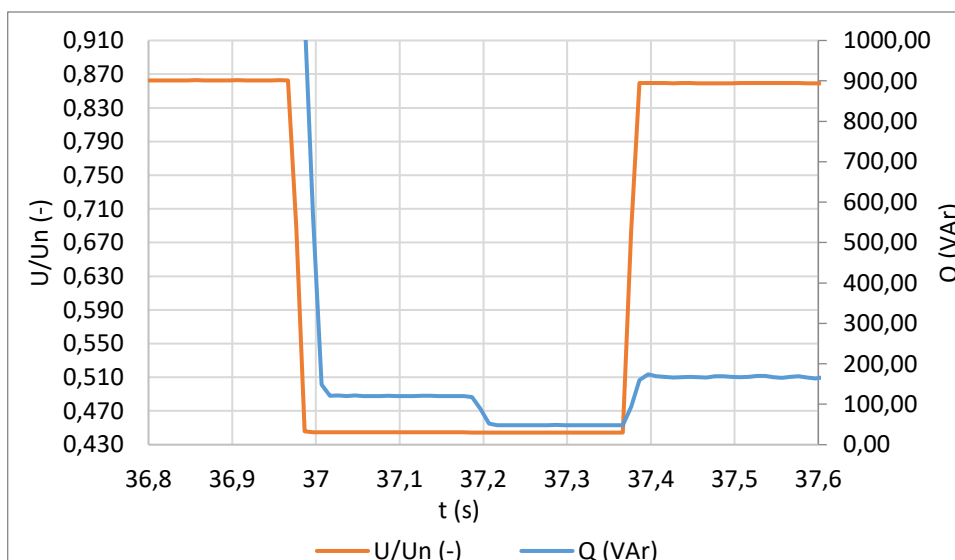
12.6. 2° podpětové ochrany

2° podpětová 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

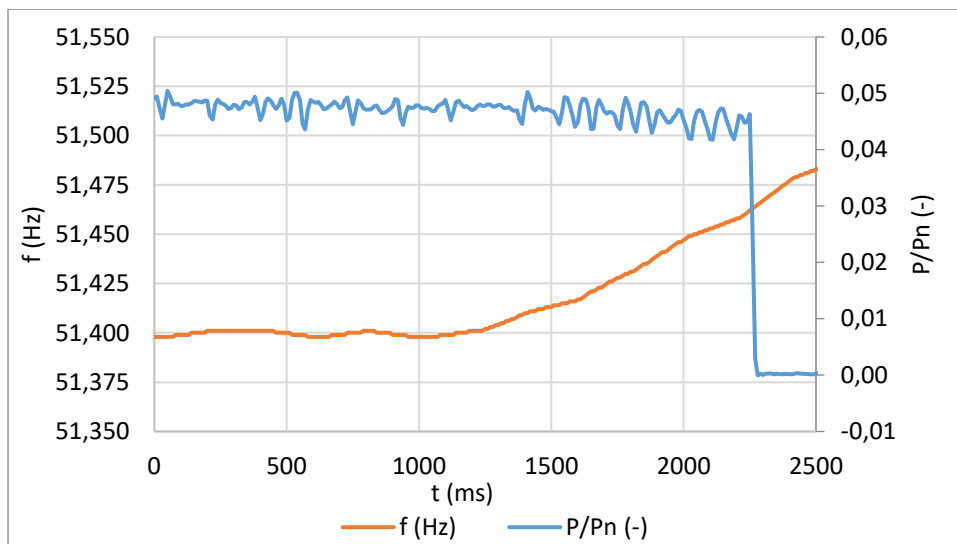


Obr.12.8: Podpětová ochrana 2.stupeň – detail

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:

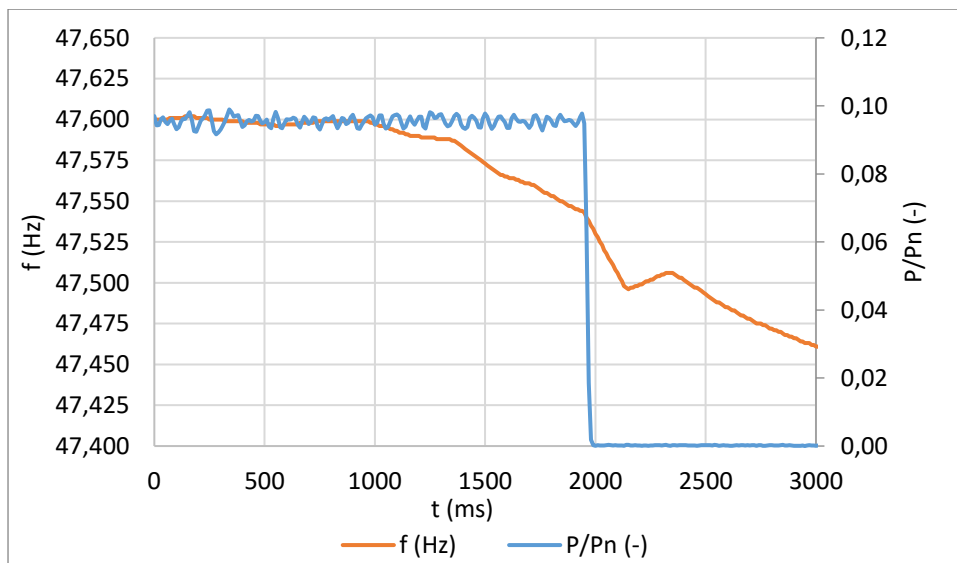


Obr.12.9: Nadfrekvenční ochrana

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	1,195 Un	0,1 s	0,1 s	+ 0,2 s	ANO
2° nadpětová	1,15 Un	1,145 Un	5 s	5,01 s	+ 0,2 s	ANO
10min ochrana	1,11 Un	1,103 Un	10 min průměr	-33 s	± 46,5 s	ANO
1° podpětová	0,7 Un	0,692 Un	2,7 s	2,73 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	51,450 Hz	0,1 s	0,22 s	+ 0,2 s	ANO
Podfrekvenční	47,5 Hz	47,550 Hz	0,1 s	0,15 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 –

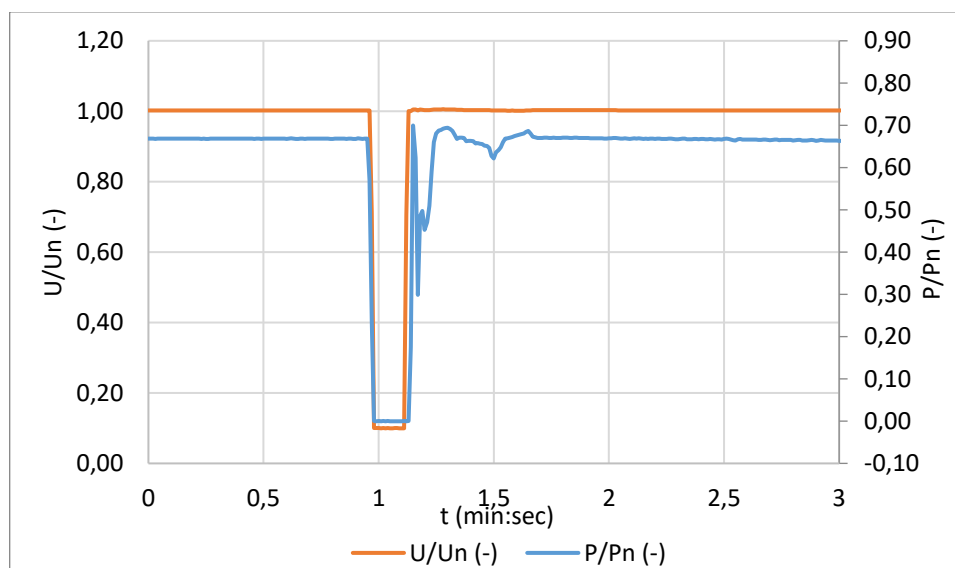
13.1. Požadavek

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:

Zkouška je vyhodnocena na základě provedení testu UVRT viz. kapitola 9 této TZ.

Grafy:



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	0,13	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 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)	$\frac{s}{\% / \text{min}}$
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



Three-Phase Hybrid Inverter

X3-HYB-G4 PRO

4kW / 5kW / 6kW / 8kW
10kW / 12kW / 15kW

 **Flexible Expansion**

- Dual Independent battery ports and 2-In-1 function for effortless expansion
- Additional ports for simplified wiring and installation
- Functional and stylish wiring cover
- Microgrid and generator modes for versatile operations

 **Smart Energy**

- V2X ready for smart home energy integration
- Intuitive management with Smart Schedule, Scene, and TOU
- VPP ready, supporting FCAS, 2030.5, and OpenADR
- Wireless meter compatible for convenient setup

 **Safe and Reliable**

- 10s 200% EPS output with <10ms UPS level switch time
- Rapid shutdown function compatible
- SPD- II protection on both DC/AC sides, AFCI optional

 **Economically Efficient**

- 20A DC Input per MPPT with 3 trackers
- 200% PV oversizing and 110% AC overloading
- Ultra-wide MPPT range of 110-950V

 [solaxpower](https://www.solaxpower.com)  www.solaxpower.com  info@solaxpower.com  +86 571-56260008



	X3-HYB-4.0-P	X3-HYB-5.0-P	X3-HYB-6.0-P	X3-HYB-8.0-P	X3-HYB-10.0-P	X3-HYB-12.0-P	X3-HYB-15.0-P
INPUT PV							
Max. recommended PV array power [Wp]	8000	10000	12000	16000	20000	24000	30000
Max. input voltage [V]①	1000						
Nominal DC operating voltage [V]	650						
No. of MPP trackers / Strings per MPP tracker	2 (1 / 1)			3 (1 / 1 / 1)			
Max. input current (input 1 / input 2 / input 3) [A]	PV1:20 / PV2:20			PV1:20 / PV2:20 / PV3:20			
Max. short circuit current (input 1 / input 2 / input 3) [A]	PV1:25 / PV2:25			PV1:25 / PV2:25 / PV3:25			
MPPT operating voltage range [V]②	110-950						
Start output voltage [V]	140						
OUTPUT AC (On-Grid)							
Nominal AC power [VA]	4000	5000(A5 4777 4999)	6000	8000	10000(A5 4777 9999)	12000	15000(A5 4777 14999)
Max. apparent AC power [VA]	4400	5500(A5 4777 4999)	6600	8800	11000(A5 4777 9999)	13200	16500(A5 4777 14999)
Rated grid voltage(AC voltage range) [V]	3P4W, 400 / 380						
Rated grid frequency [Hz]	50 / 60						
Nominal AC current [A] (at 230V)	5.8	7.2	8.7	11.6	14.5	17.5	21.8
Max. AC current [A]	6.7	8.4	10.0	13.4	16.7	20.0	25.0
Displacement power factor	~1 (Adjustable from 0.8 leading to 0.8 lagging)						
Total harmonic distortion (THDI, rated power) [%]	<3						
INPUT AC							
Nominal AC power [VA]	8000	10000	12000	16000	20000		
Nominal AC current [A]	11.6	14.5	17.4	23.2	29.0		
Max. AC current [A]	12.2	15.2	18.2	24.3	30.4		
Rated grid voltage (AC voltage range) [V]	3P4W, 400 / 380						
Rated grid frequency [Hz]	50 / 60						
Power factor	~1 (Adjustable from 0.8 leading to 0.8 lagging)						
BATTERY							
Battery voltage range [V]	130 ~ 800						
Recommended battery voltage [V]	400						
Max. charge / discharge current [A]③	50 (25 x 2)						
Communication interfaces	CAN / RS485						
EPS OUTPUT (WITH BATTERY)							
EPS peak power [W]	≤1.1Pn continuous operation; 1.1Pn-2Pn 10s; >2Pn report error immediately						
EPS rated power [VA]	4000	5000	6000	8000	10000	12000	15000
EPS rated voltage [V], Frequency [Hz]	400 / 230, 50 / 60						
EPS rated current [A]	5.8	7.2	8.7	11.6	14.5	17.5	21.8
Switchover time [ms]	<10						
Total harmonic distortion (THDv, linear load) [%]	<3						
EFFICIENCY							
MPPT efficiency [%]	99.9						
Euro-efficiency [%]	97.7						
Max. efficiency [%]	98						
Rated battery charge efficiency [%]	98.5						
Rated battery discharge efficiency [%]	97						
POWER CONSUMPTION							
Internal consumption (night) [W]	<5						
STANDARD							
Safety	IEC62109-1 / IEC62109-2						
EMC	EN 61000-6-1 / EN 61000-6-2 / EN 61000-6-3						
Certification	VDE 0126-1-1 A1:2012 / VDE-AR-N 4105 / GB98/G99 / AS4777 / EN50549 / CEI 0-21						
GENERAL DATA							
Protection class	IP66						
Operating temperature range [°C]	-35 ~ 60 (derating at +45°C)						
Relative humidity [%]	0 ~ 100 (condensing)						
Altitude [m]	≤3000						
Storage temperature [°C]	-40 ~ +65						
Noise emission (typical) [dBA]	<35				<45		
Over voltage category	II (electric supply side), II (PV side)						
Cooling concept	Natural convection					Fan	
Weight [kg]	38						
Topology	Non-Isolated						
Communication	COM1 (Parallel 1, Parallel 2, BMS 1, BMS 2, RS485, Meter/CT); COM2 (DI/DO, EVC, DATAHUB, DRM, V2X, Heatpump)						

①The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter

②Input voltage exceeding the operating voltage range may trigger inverter protection

③If each of the two battery ports is connected to a separate battery, it's 25A per port. If one port is connected to a single battery, it's 30A. If both ports are connected to a single battery using a 2-in-1 splitter cable(sold separately), it's 50A

*V1.0. Information may be subject to modify without notice.