

# Technická zpráva pro fotovoltaický střídač EGD2024-Z004

## Solax X3 ULT-30K

Platné pro řadu:

X3-ULT-15KP

X3-ULT-15K

X3-ULT-20KP

X3-ULT-20K

X3-ULT-25K

X3-ULT-30K

**eg·d**

ČLEN SKUPINY E.ON

Typ: Solax X3 ULT-30K  
Verze FW: DSP: 2.03; ARM: 2.07  
Sériové číslo: H3BC30K1532008  
Country setup: Czech 2023  
Technická zpráva: EGD2024-004

## Informace - střídač

Výrobce: Solax

Typ: ULT-30K

Výkon: 30000 VA

Vstupní parametry DC: 160-950 V; 45 A  $I_{mmp}$  (36 A  $I_{sc}$ )

Výstupní parametry AC: 230 V/ 50 Hz; 30000 VA (30000 W)

Účinnost: 0,8<sub>ind</sub> – 0,8<sub>kap</sub>

Fáze: 3f

Hybridní: ANO

Nastavený grid code: Czech 2023

Poznámka:



Datum vydání technické zprávy: 17. 4. 2024

Měření provedl: Ing. Tomáš Valta, [tomas.valta@egd.cz](mailto:tomas.valta@egd.cz)

Odpovědný vedoucí: Ing. Jan Volek, [jan.volek@egd.cz](mailto:jan.volek@egd.cz)

## Seznam provedených testů

	Legislativa		Tech. zpráva	Detail požadavku	Detail měření	Splňuje
	Dokument	čl./kap.				
Frekvenční stabilita	RfG	čl. 13.1 a)	1	Doba provozu $t = 30$ min pro $f 47,5 - 48,5$ Hz	$f 47,6$ Hz 5 min	ANO
	PPDS	9.1.1		Doba provozu $t = 30$ min pro $f 51 - 51,5$ Hz	$f 51,4$ Hz 5 min	
RoCoF	RfG	čl. 13.1 b)	2	RoCoF - 2 Hz/s	Zvládá rampu 2 Hz/s	ANO
	PPDS	9.1.1				
Snížení činného výkonu při nadfrekvenci	RfG	čl. 13.2	3	Statika $s - 5 \%$	100 % $P_n - 4,92 \%$ - OK 50 % $P_n - 4,82 \%$ - 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 – max 5 s	Čas odpojení <5 s	ANO
	PPDS	5.1				
Automatické opětovné připojení VM	RfG	čl. 13.7	6	Gradient $P - \max 10$ %/min	8,6 %/min	ANO
	PPDS	9.5		Čas analýzy – 300 s	311 s	
				Připojení mimo rozsah	NE	
Snížení činného výkonu při nadfrekvenci	PPDS	9.3.1	3	Prahová frekvence pro obnovu činného výkonu 50,05 Hz	ANO	ANO
				Gradient nárůstu činného výkonu	10 %/min	
Ověření jmenovitého výkonu	PPDS	2	7	$P_n (\cos\phi = 1) = 30$ kW	Mimo výkonový limit laboratoře.	
Napěťová stabilita	PPDS	9.1.2	8	Trvalý provoz 0,85 - 1,1 $U_n$	0,86 $U_n$ 10 min	ANO
					1,09 $U_n$ 10 min	
Překlenutí podpětí	PPDS	9.2.2.1	9	Křivka URVT dle PPDS	Překlenul UVRT	ANO
Překlenutí přepětí	PPDS	9.2.2.2	10	Křivka ORVT dle PPDS	Překlenul OVRT	ANO
Funkce P(U)	PPDS	9.3.5	11	Nastaveno dle EG.D	P(U) odpovídá nastavení	ANO
Funkce Q(U)	PPDS	9.4.2	11	Nastaveno dle EG.D	Q(U) odpovídá nastavení	ANO
				Odezva Q na změnu $U$ $\tau = 20$ s	Naměřené $\tau = 20$ s	
Nastavení ochran	SoP		12	Nastaveno dle EG.D		ANO

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

Typ: Solax X3 ULT-30K  
Verze FW: DSP: 2.03; ARM: 2.07  
Sériové číslo: H3BC30K1532008  
Country setup: Czech 2023  
Technická zpráva: EGD2024-004

## Informace - testy

Počet provedených testů	13
Vyhovělo	12
Nevyhovělo	0
Neprovedeno	1
Celkové hodnocení střídač	Vyhovující

# Technická zpráva

## Obsah

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

## Zkratky

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

## Legislativa

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

Interní připojovací podmínky společnosti EG.D

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

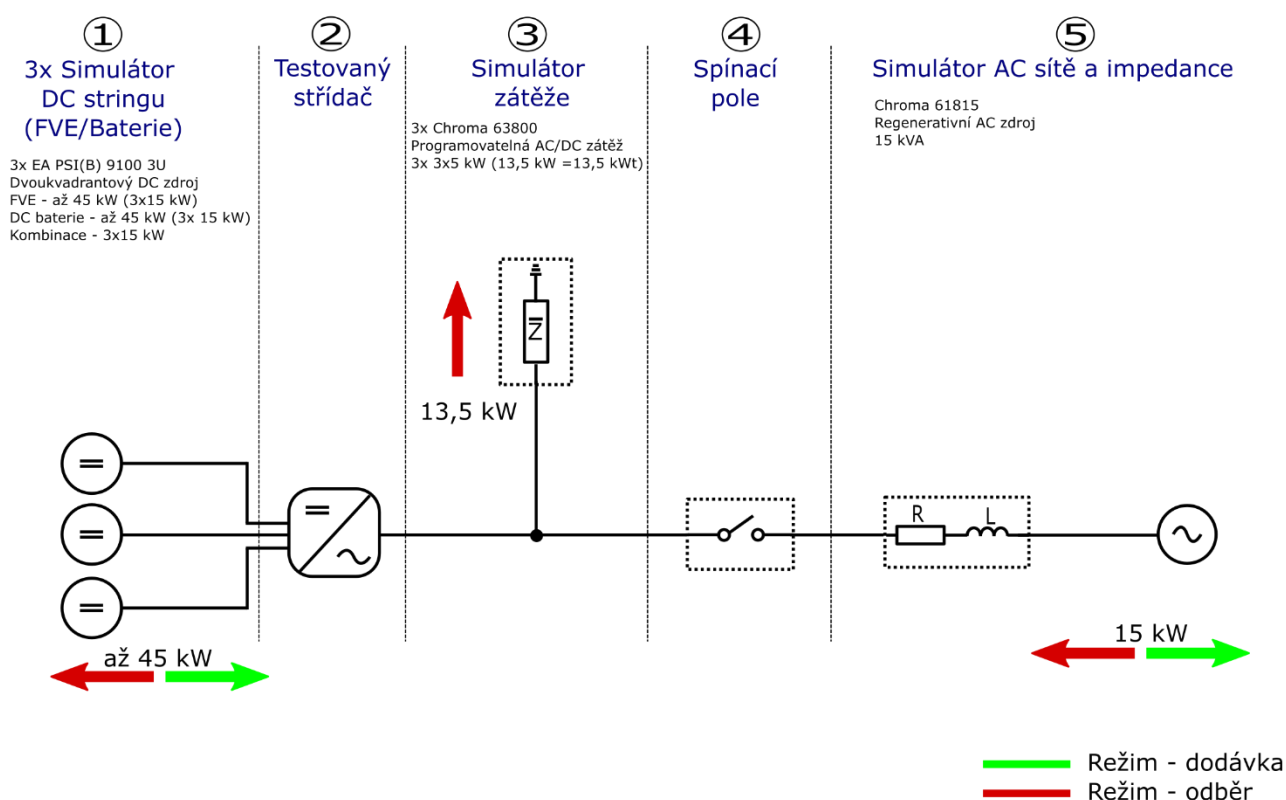
EN 50549 - Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks  
- Part 1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B

## Testovací systém

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

$P_n$  – 30000 W

$Q_n$  – 13076 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

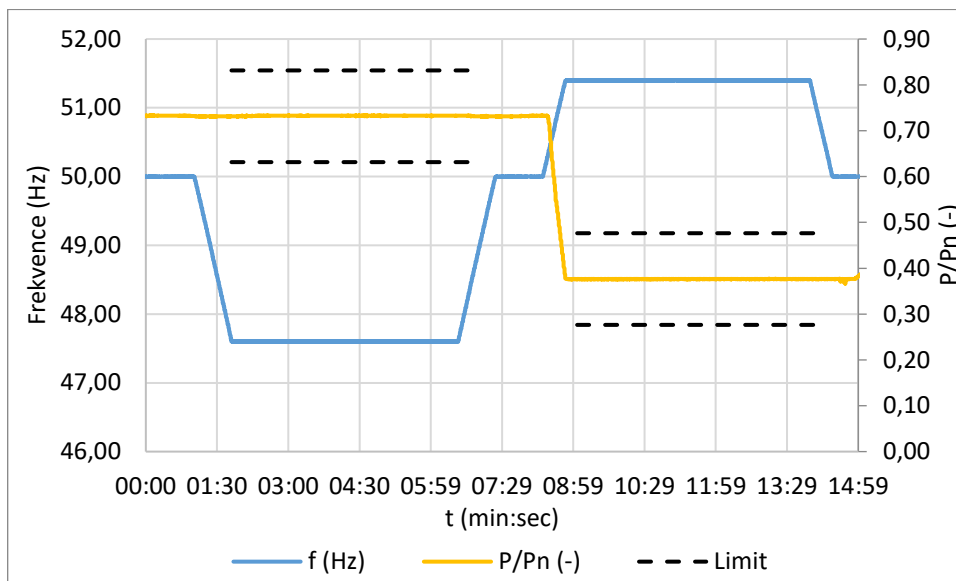
### 1.2. Průběh zkoušky:

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

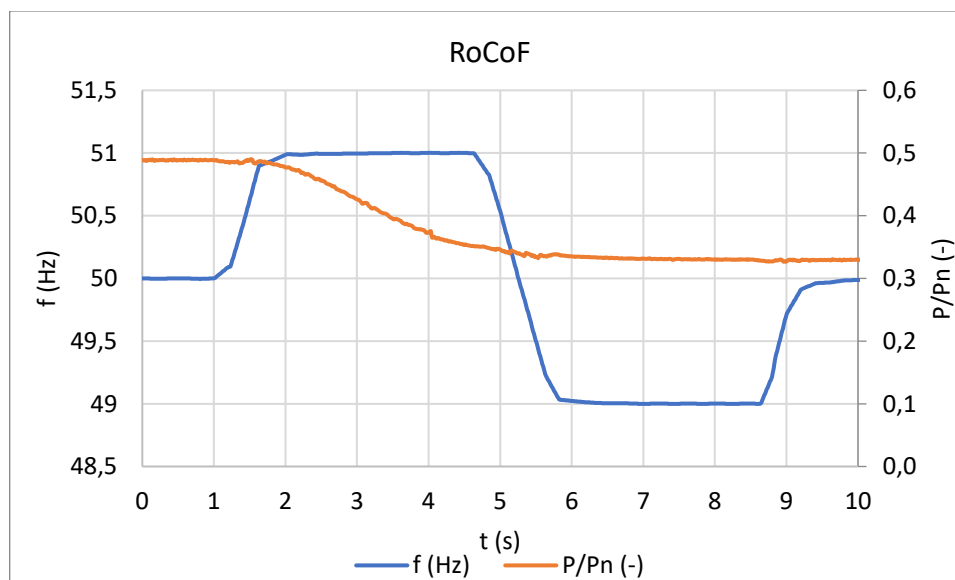
### 2.1. Požadavek:

Nesynchronní VM musí disponovat schopností RoCoF. V případě změny frekvence do  $\pm 2$  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:

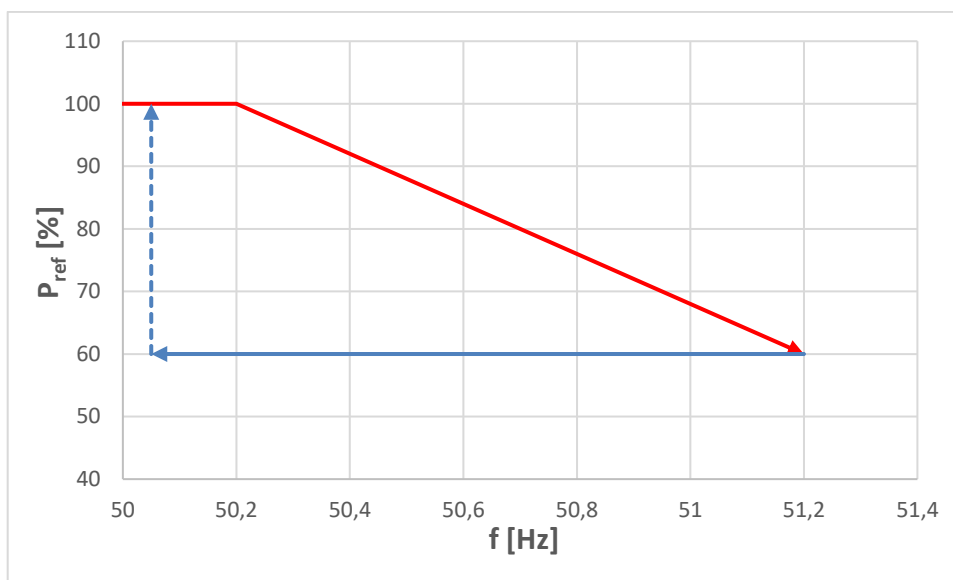
Testovaná změna frekvence	Vyhovující
2 Hz/s	ANO

### 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

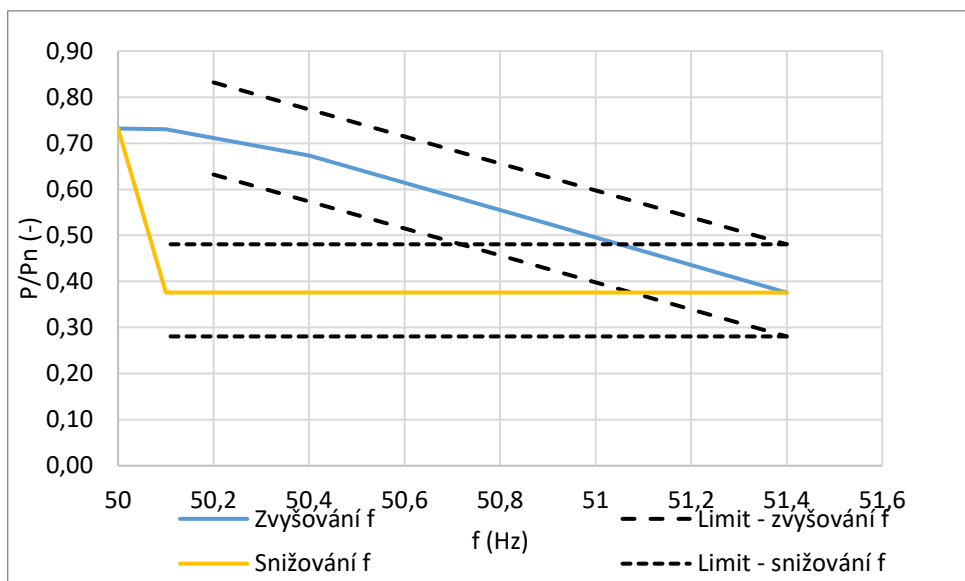
#### 3.2. Průběh zkoušky:

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 %  $P_n$ .

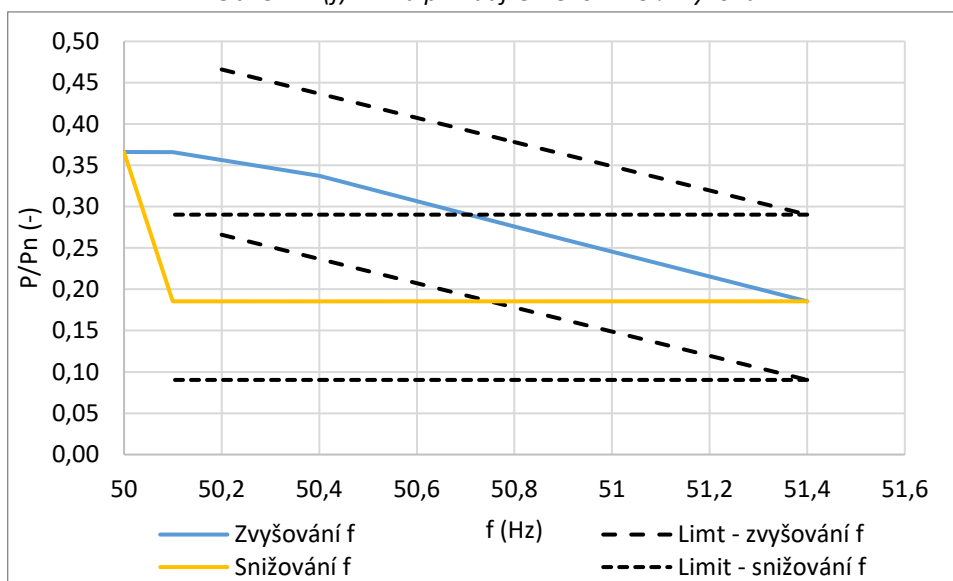
Poslední částí zkoušky (*obr. 3.4*) je zvýšený dostupného výkonu na DC vstupu střídače během doby, kdy došlo k omezení činného výkonu kvůli nárůstu frekvence. Zkouška je prováděna při cca 50 %  $P_n$  a frekvenci 50,8 Hz. Výkon na DC straně střídače je zvýšen o 20 %, přičemž výkon na AC straně se nesmí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

Snížení činného výkonu musí splňovat statiku 5 % s maximální odchylkou  $\pm 10$  % 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.

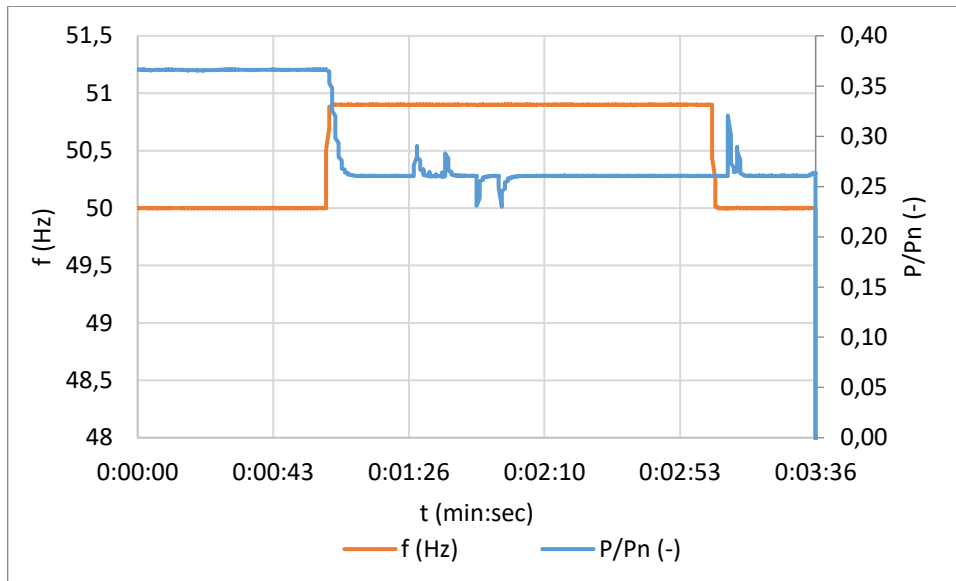
Grafy:



Obr.3.2:  $P(f)$  křivka při nadfrekvenci – 73 % výkonu



Obr.3.3:  $P(f)$  křivka při nadfrekvenci – 37 % výkonu



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

### 3.3. Výsledek:

Výsledná tabulka – 73 %		Vyhovující	Celkové vyhodnocení	
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)			
50	21958.2	-	ANO	
50.1	21915.6			
50.4	20209.4			
50.9	15758.4			
51.4	11274.0			
50.9	11275.1			
50.4	11275.1			
50.1	11276.2			
50	21947.9			
Statika (%)	4.92			ANO
Návratová frekvence	<50,05 Hz	ANO		
Gradient	<10 %/min	ANO		
Výsledná tabulka – 50 %		Vyhovující		
Frekvence (Hz)	Činný výkon (W)			
50	10984.1	-	ANO	
50.1	10982.7			
50.4	10114.9			
50.9	7818.1			
51.4	5562.0			
50.9	5561.3			
50.4	5560.6			
50.1	5560.6			
50	10979.7			
Statika (%)	4.82			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		

Při posledním testu dochází ke zvýšení činného výkonu na AC po zvýšení dostupného výkonu na DC straně, ale toto zvýšení je střídačem doregulováno zpět na původní hodnotu.

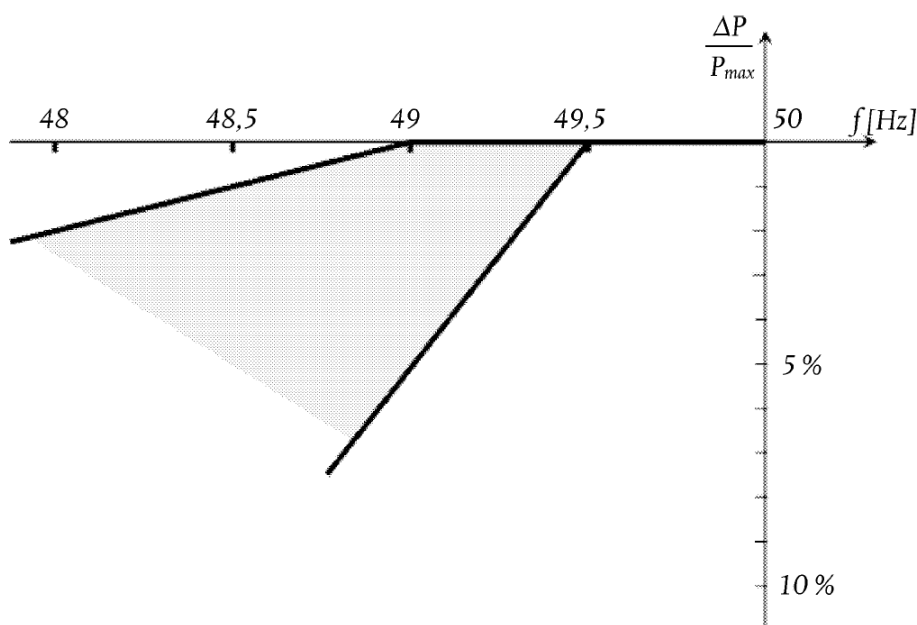


## 4. Snížení činného výkonu při podfrekvenci

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.

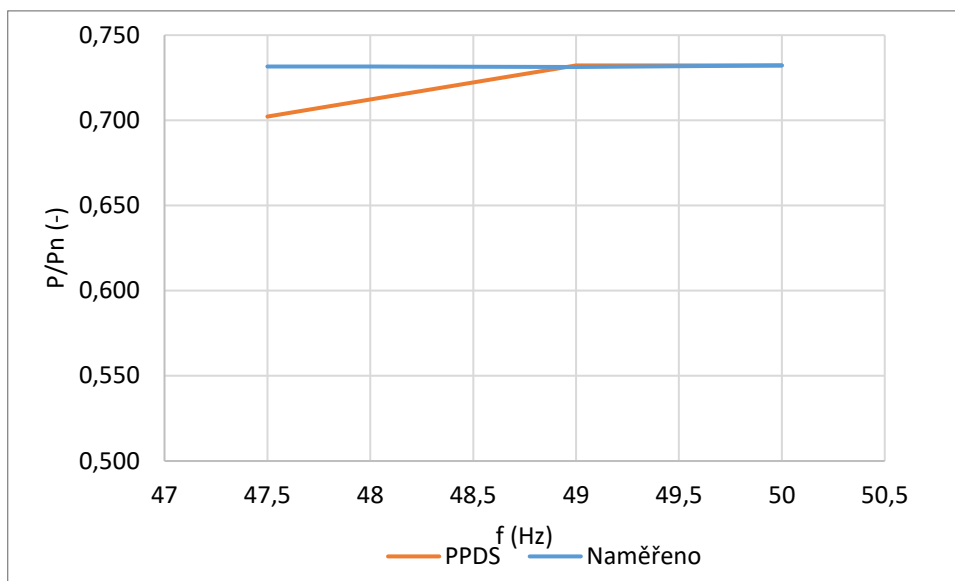


Obr.4.1: Regulační oblast pro snížení činného výkonu při podfrekvenci

### 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:

Dovolенý pokles činného výkonu	Naměřený pokles činného výkonu	Vyhovující
Pod 49 Hz max 2 %/Hz	0 %	ANO

## 5. Logický modul pro přerušení dodávky činného výkonu

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

### 5.1. Požadavek:

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

### 5.2. Průběh zkoušky:

Střídač se po spojení příslušných kontaktů odpojil do 5 sekund.

### 5.3. Výsledek:

Čas odpojení – požadavek	Čas odpojení – měření	Vyhovující
$\leq 5$ s	$\leq 5$ 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

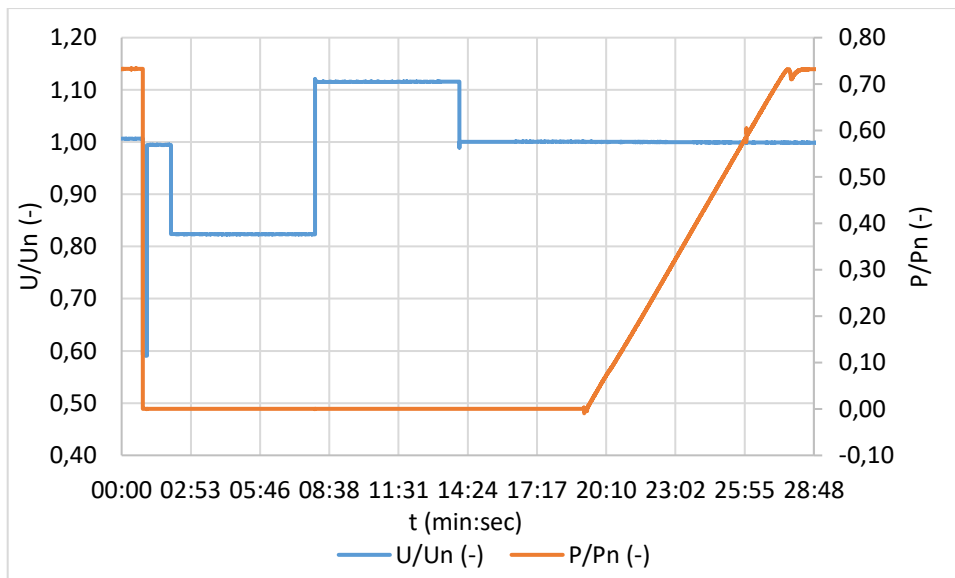
V případě, že není střídač schopen splnit bod 2., může se po předchozí koordinaci s PDS připojit v intervalu 0-20 min.

### 6.2. Průběh zkoušky

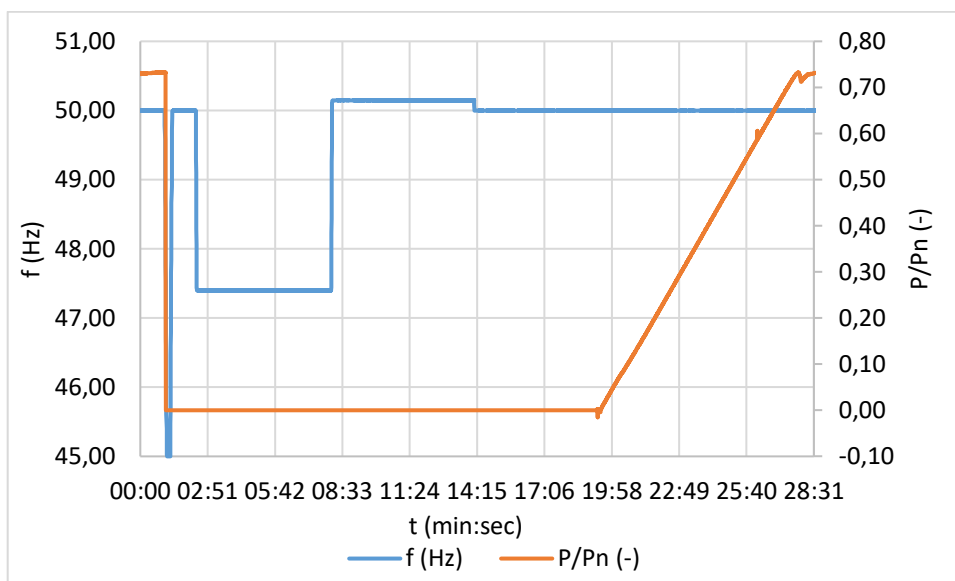
Střídač je uveden do provozu a před spuštěním zkoušecí sekvence je na dobu 60 sekund provozován na jmenovitých parametrech napětí a frekvence. Střídač je od umělé DS odpojen pomocí poruchy napětíového charakteru (*obr.6.1*) tím, že napětí je nastaveno na 0,6  $U_n$  (138 V) po dobu 10 sekund. Poté je 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	311 sekund	ANO	
Gradient činného výkonu	max 10 %/min	8,6 %/min	ANO	
Automatické připojení - frekvence				
	Požadováno	Naměřeno	Vyhovující	
Připojení mimo rozsah	Nepřipojení	Nepřipojení	ANO	
Doba analýzy sítě	min 300 sekund	311 sekund	ANO	
Gradient činného výkonu	max 10 %/min	8,6 %/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: 8 kW (při  $\cos\phi=1$ )

Naměřený maximální výkon: 8 kW

Vyhovuje: ANO

## 8. Napěťová stabilita

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

### 8.1. Požadavek:

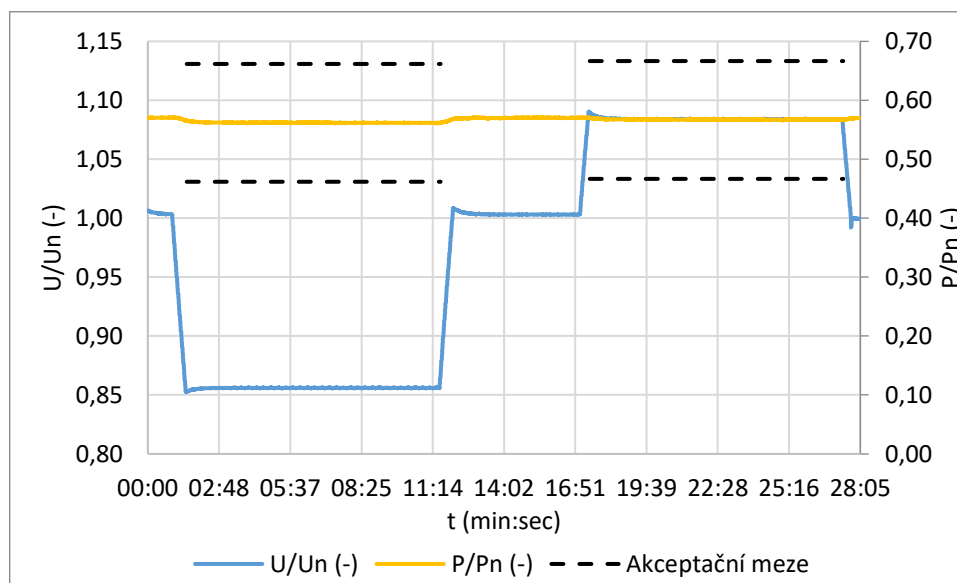
Střídač musí být schopen trvalého v provozu v napěťovém rozsahu  $0,85 - 1,1 U_n$ .

### 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 setrvává 10 minut, po kterých střídač pracuje stabilně. Po 10 minutách je test přerušeno a napětí vráceno na jmenovitou hodnotu  $1,0 U_n$  (230 V) během 32 sekund a zde je střídač ponechán po dobu 5 minut.

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

Grafy:



Obr.8.1: Napěťová stabilita

### 8.3. Výsledek:

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

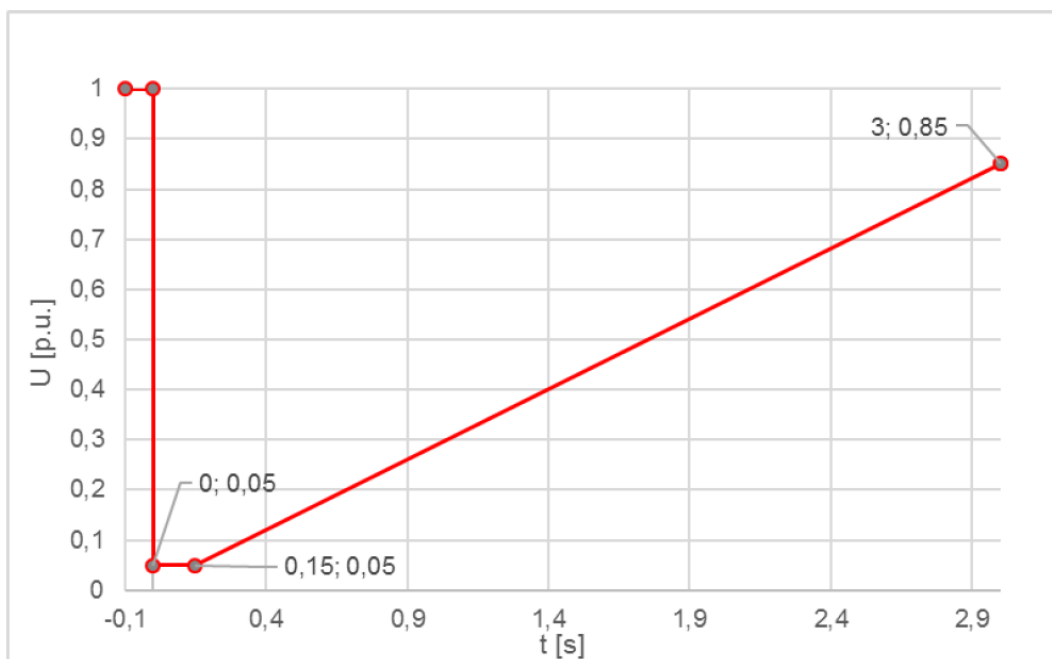


## 9. Překlenutí podpětí – křivka UVRT

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

### 9.1. Požadavek

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



Obr.9.1: Křivka UVRT

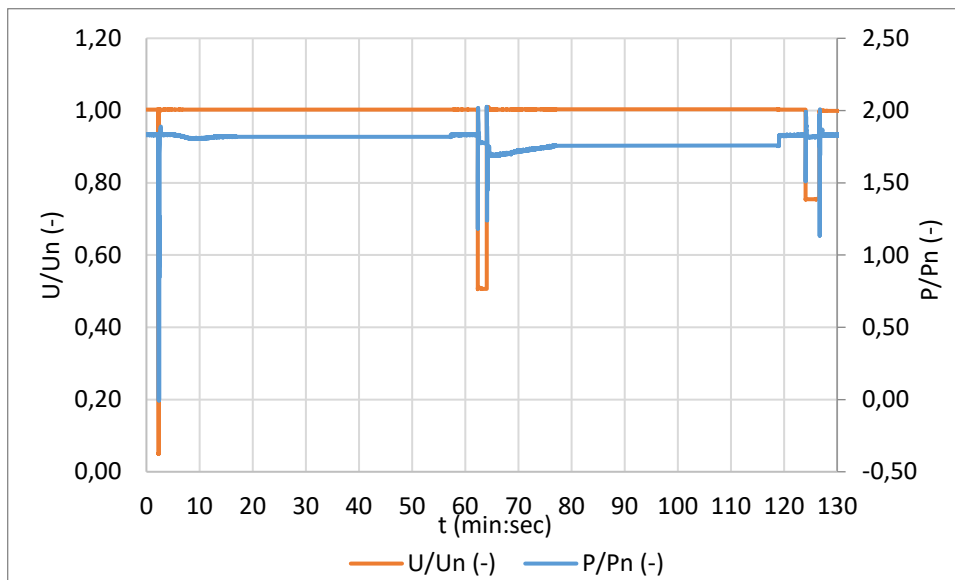
### 9.2. Průběh zkoušky:

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

Tab.9.1: Testovací sekvence UVRT

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

Grafy:



Obr.9.2: Křivka URVT – naměřeno

### 9.3. Výsledek:

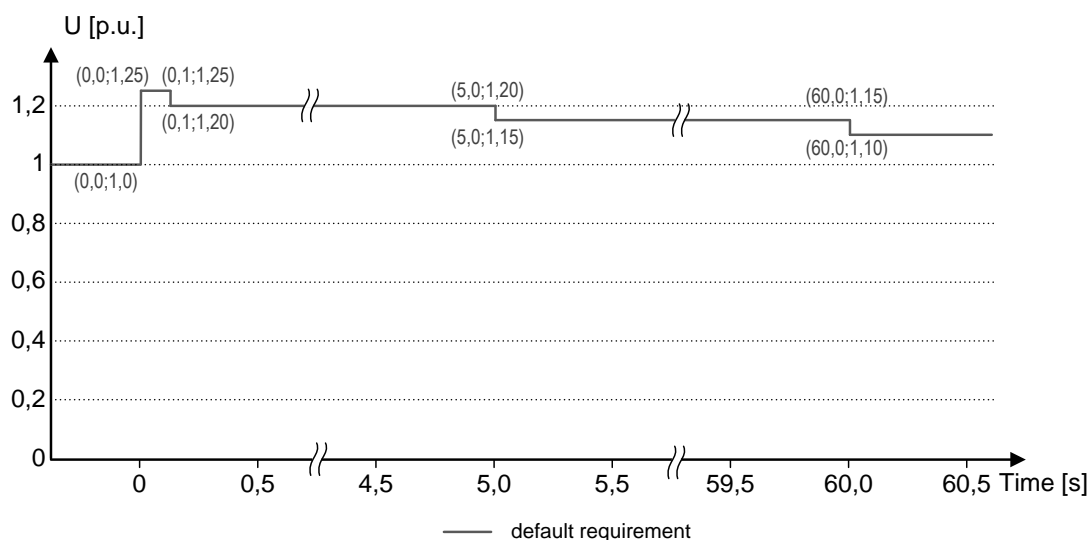
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
P.1	ANO	ANO
P.2	ANO	
P.3	ANO	

## 10. Překlenutí přepětí – křivka OVRT

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

### 10.1. Požadavek:

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



Obr.10.1: Křivka ORVT

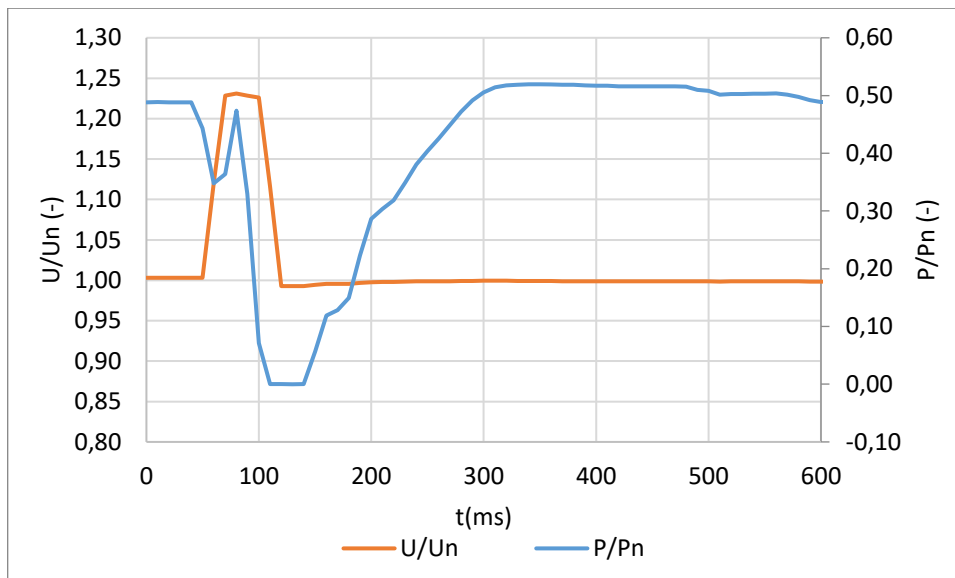
### 10.2. Průběh zkoušky:

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

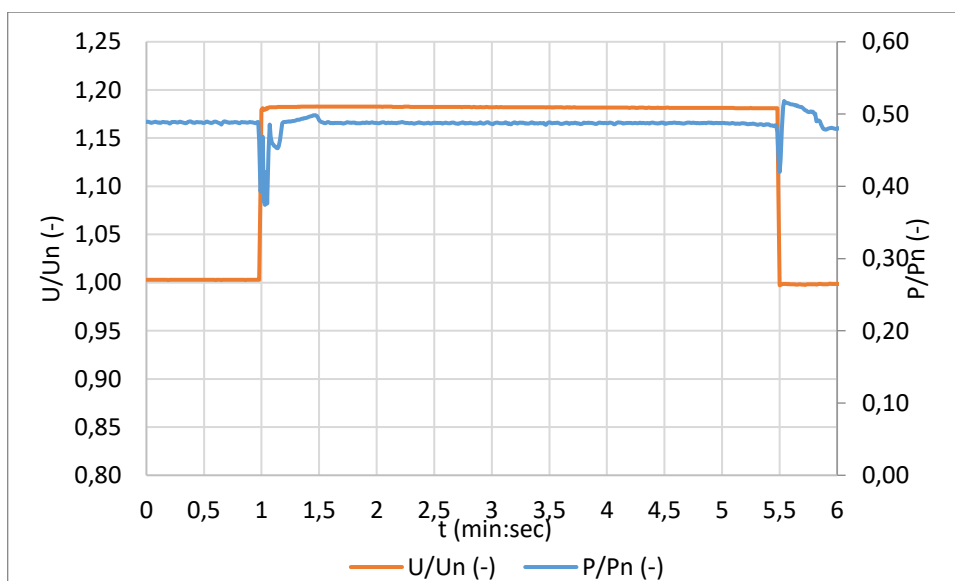
Tab.10.1: Testovací sekvence UVRT

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

Grafy:



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



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

### 10.3. Výsledek:

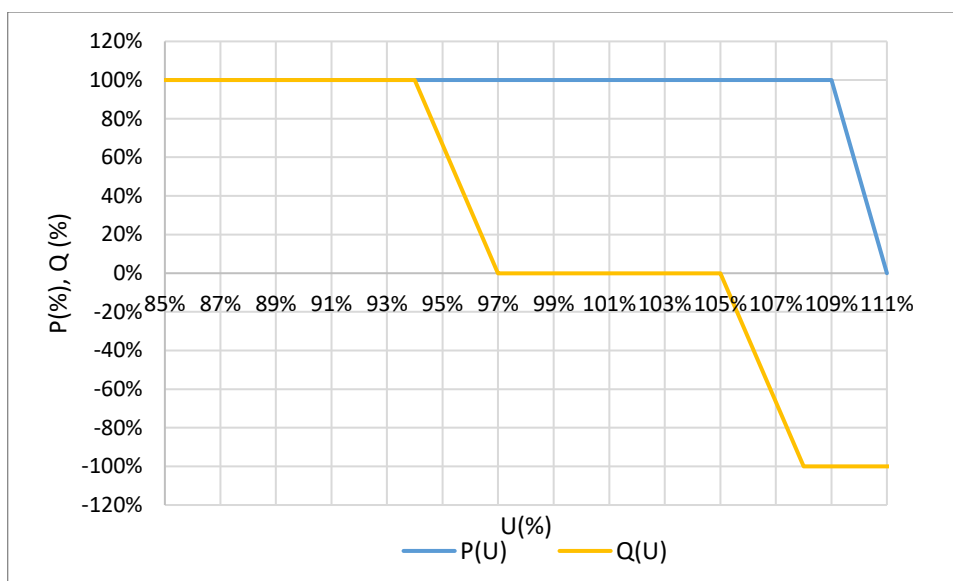
Pokles	Vyhovující	Celkové hodnocení
N.1	ANO	ANO
N.2	ANO	
N.3	ANO	

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

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

### 11.1. Požadavek

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

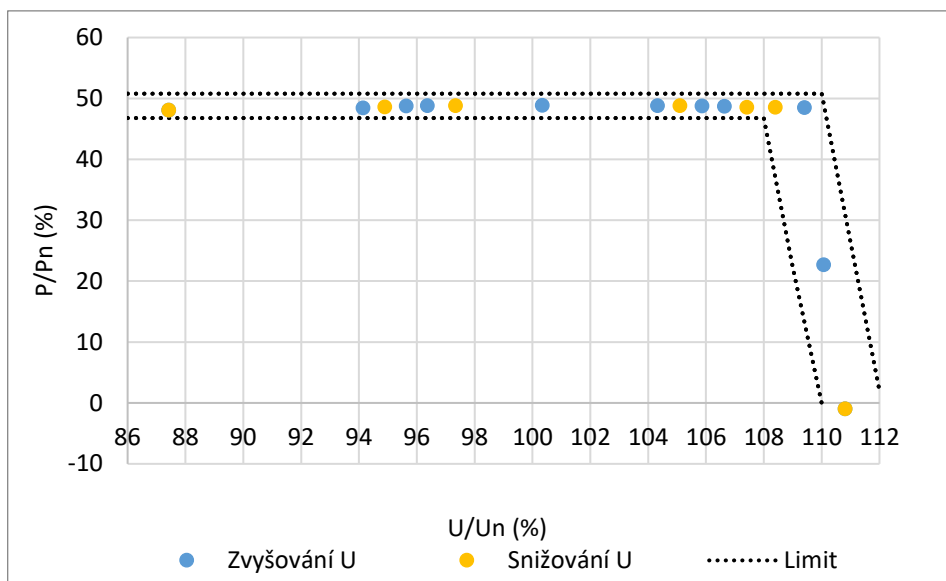
### 11.2. Průběh zkoušky:

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

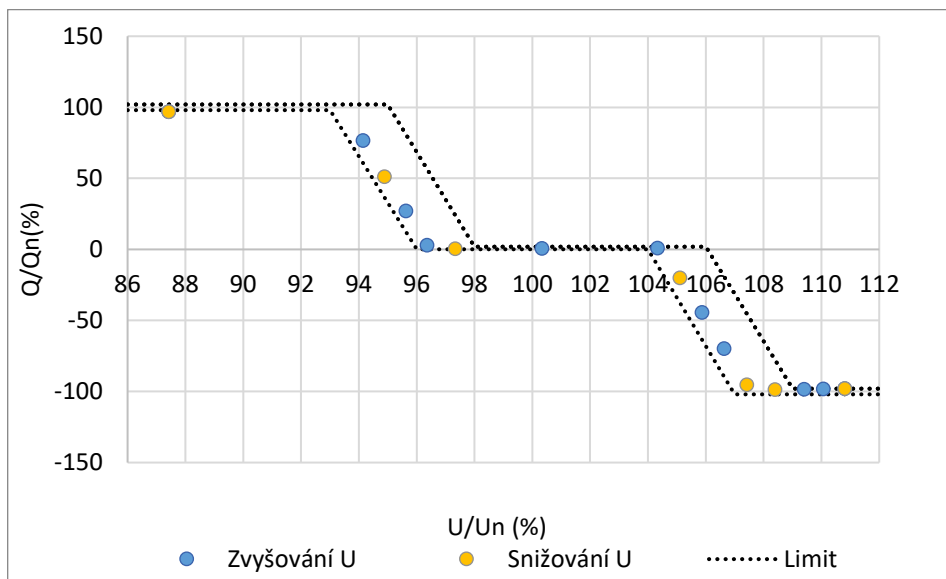
Křivka P(U) (*obr.11.2*) a křivka Q(U) (*obr.11.3*) jsou ověřovány postupným zvyšováním napětí z hodnoty 86 % Un na 112 % Un a zpět.

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

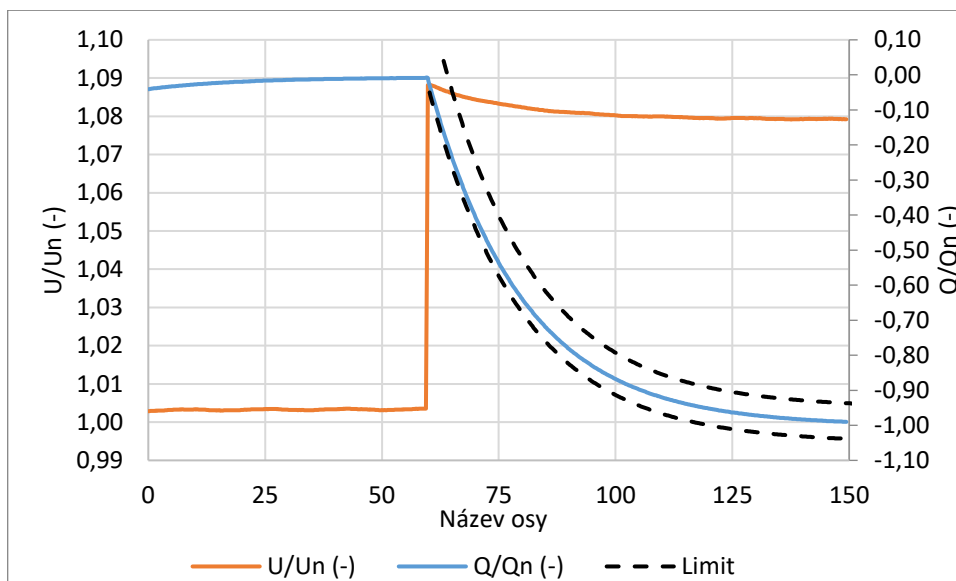
Grafy:



Obr.11.2: P(U) – vyhodnocení



Obr.11.3: Q(U) – vyhodnocení



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

### 11.3. Výsledek:

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

## 12. Ochrany

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

### 12.1. Požadavek:

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

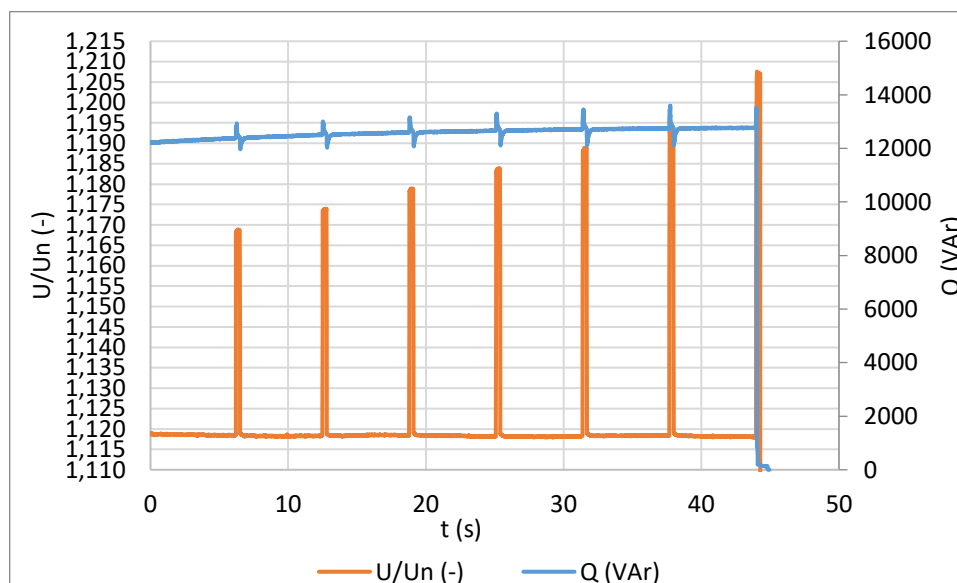
Tab.12.1: Nastavení ochran

Funkce		Nastavení pro vypnutí	Zpoždění [s]
Nadpětí 3. stupeň	U >>>	1,2 Un	0,1
Nadpětí 2. stupeň	U >>	1,15 Un	5
Nadpětí 1. stupeň <sup>(1)</sup>	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

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

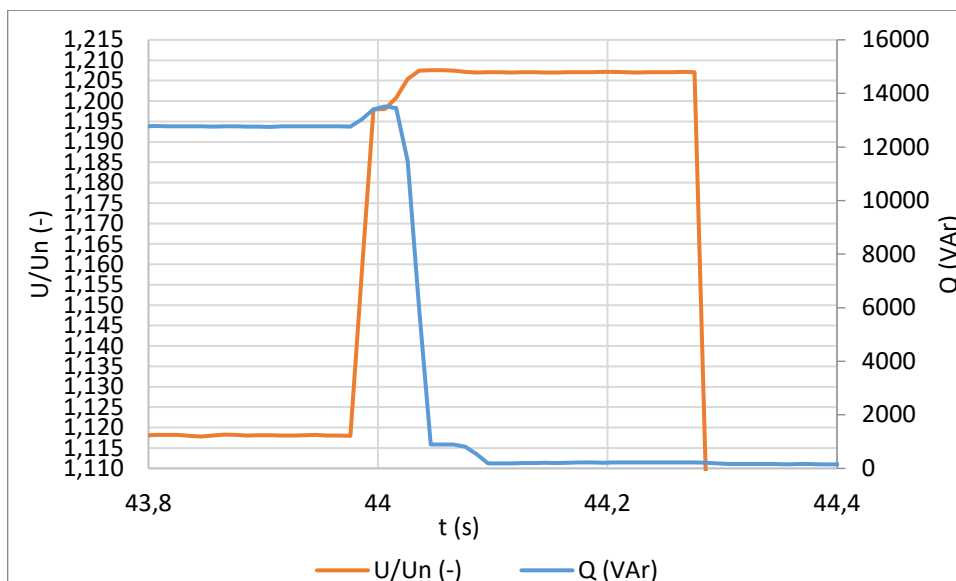
### 12.2. 3° nadpětí ochrany

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



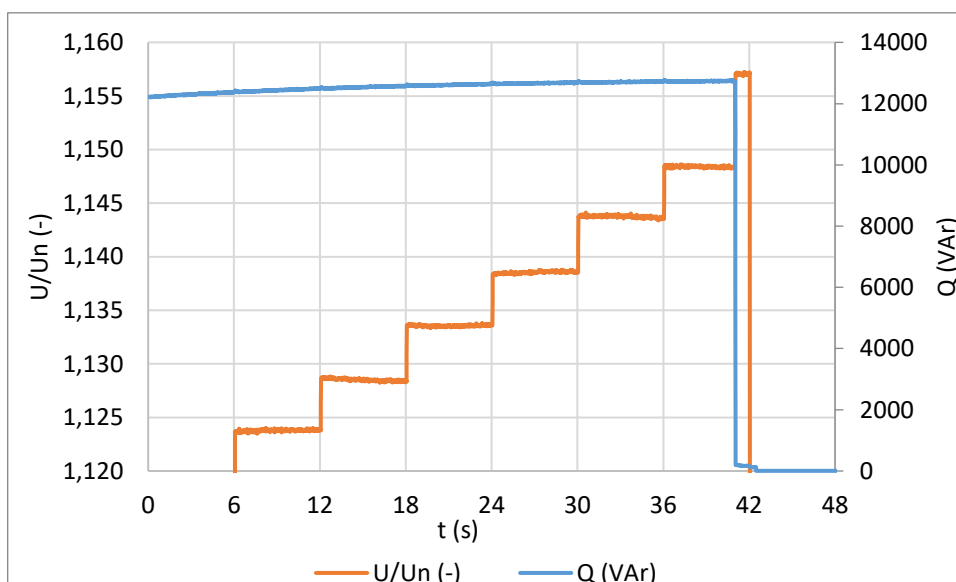


Obr.12.2: 3. stupeň nadpětové ochrany – detail

### 12.3. 2° nadpětové ochrany

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

Grafy:

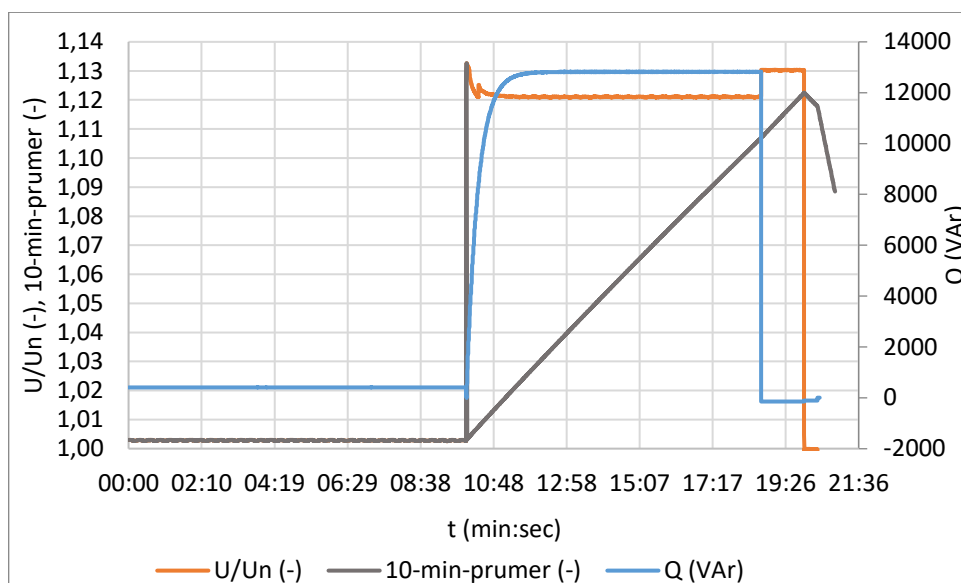


Obr.12.3: 2. stupeň nadpětové ochrany – schodová rampa

#### 12.4. 1° nadpět'ové ochrany – 10 – min ochrana

1° stupněm nadpět'ové 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 1,107 Un. Nejistota může být ±46,5 sekundy, v tomto případě je nejistota měření 13 sekund. Toto zafungování je vyhovující. U této zkoušky je zároveň otestován 3 stupeň křivky OVRT, který je vyhovující.

Grafy:

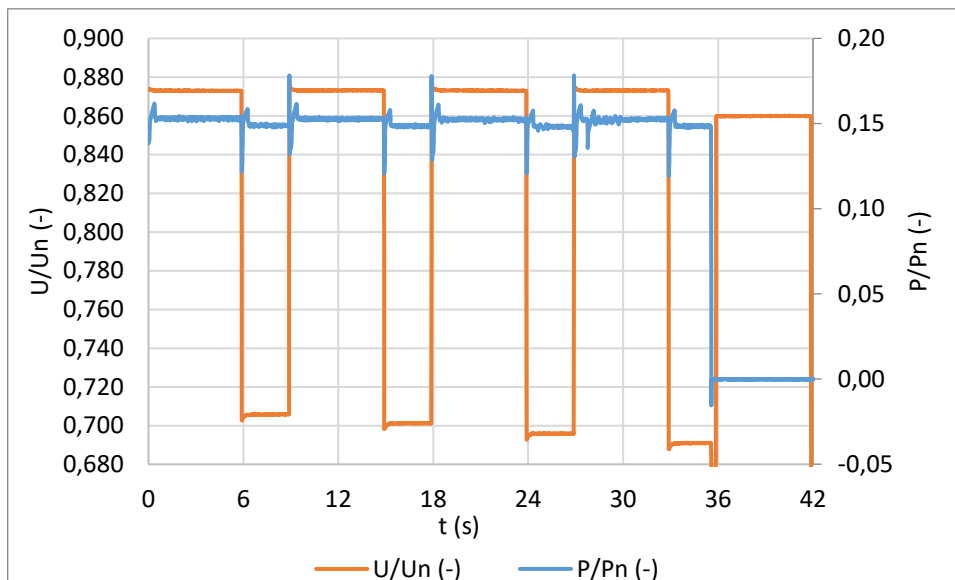


Obr.12.4: 10 min ochrana

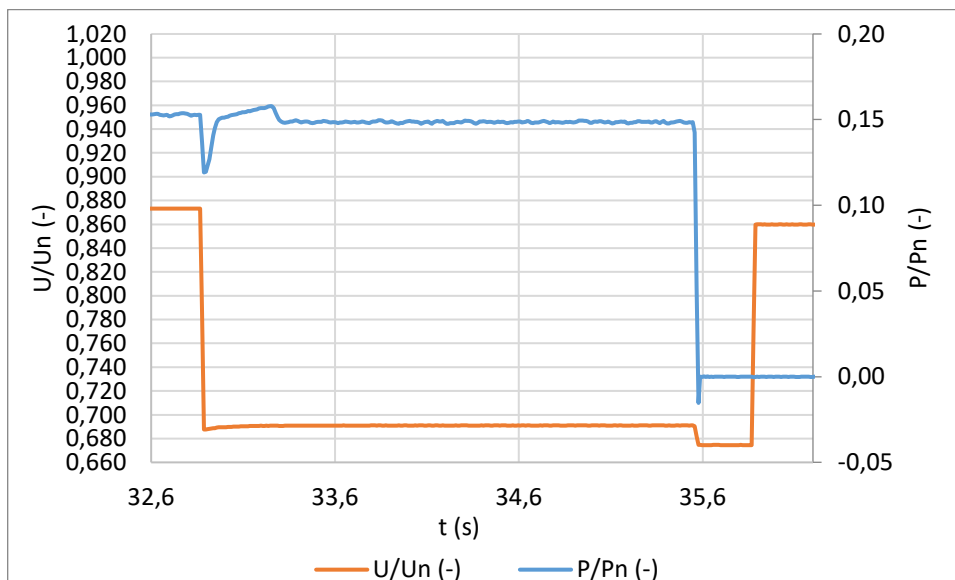
## 12.5. 1° podpěťové ochrany

1° podpěťová 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

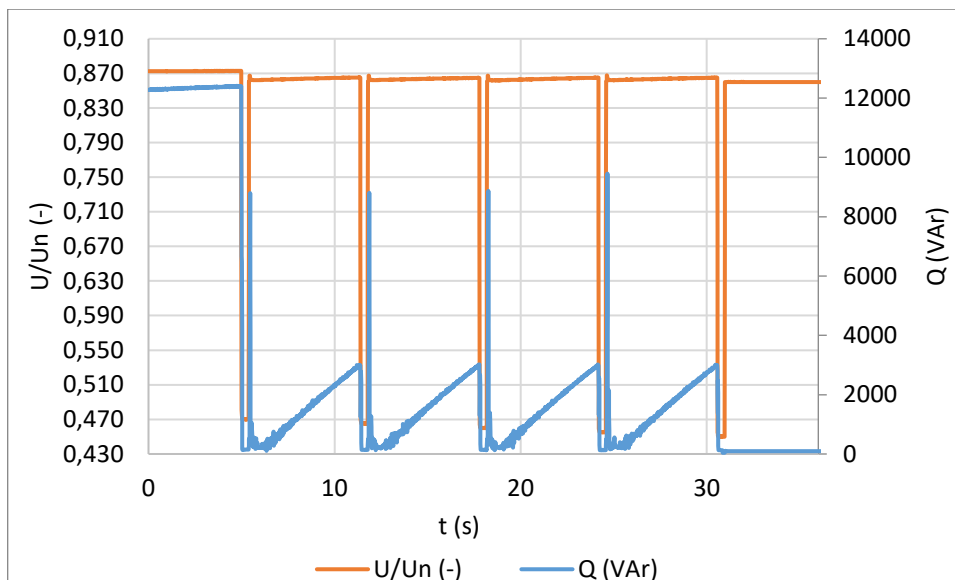


Obr.12.6: Podpěťová ochrana 1. stupeň – detail

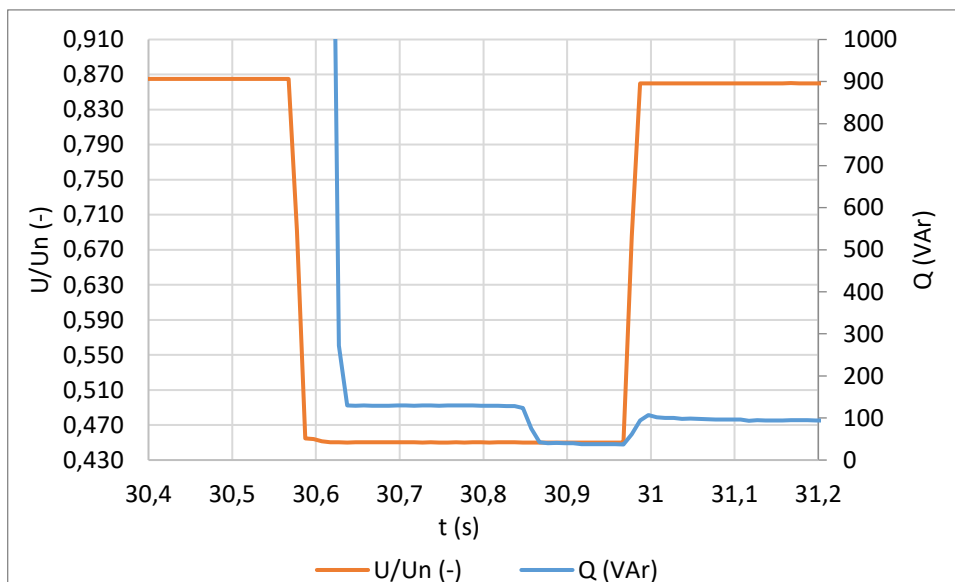
## 12.6. 2° podpětové ochrany

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

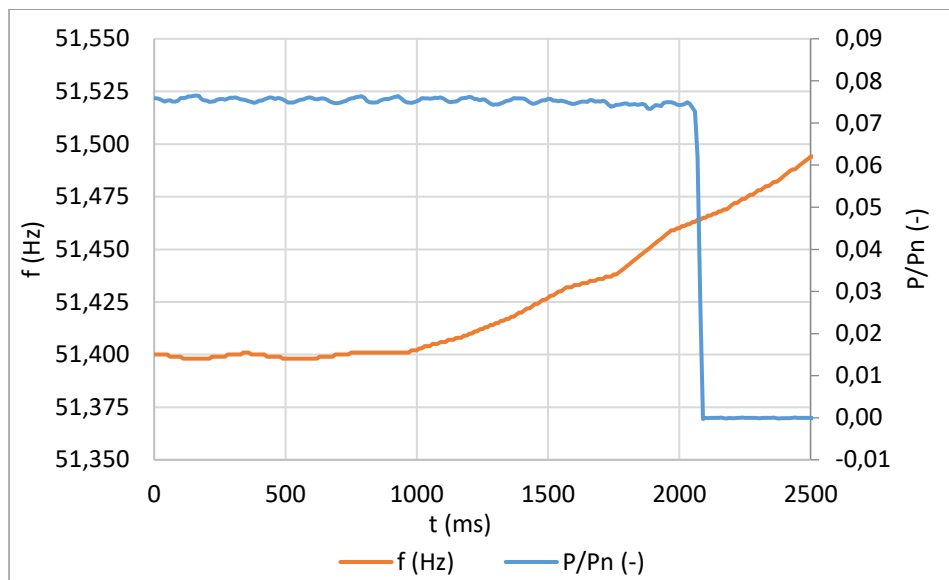


Obr.12.8: Podpětová ochrana 2.stupeň – detail

## 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:

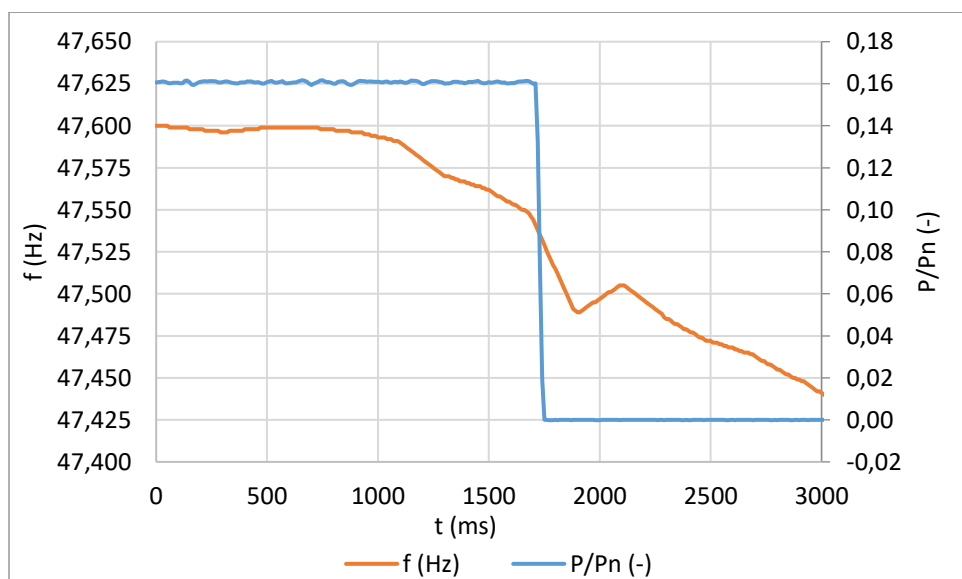


Obr.12.9: Nadfrekvenční ochrana

## 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	1,20 Un	0,1 s	0,1 s	+ 0,2 s	ANO
2° nadpětová	1,15 Un	1,148 Un	5 s	4,99 s	+ 0,2 s	ANO
10min ochrana	1,11 Un	1,107 Un	10 min průměr	13 s	± 46,5 s	ANO
1° podpětová	0,7 Un	0,691 Un	2,7 s	2,7 s	+ 0,2 s	ANO
2° podpětová	0,45 Un	0,45 Un	0,2 s	0,25 s	+ 0,2 s	ANO
Nadfrekvenční	51,5 Hz	51,45 Hz	0,1 s	0,21 s	+ 0,2 s	ANO
Podfrekvenční	47,5 Hz	47,55Hz	0,1 s	0,1 s	+ 0,2 s	ANO

## Závěr

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

Střídač je z pohledu testování vyhovující.

U třetí části testování P(f) křivky došlo při zvýšení dostupného výkonu na DC straně ke zvýšení výkonu na AC straně. Střídačem bylo toto zvýšení výkonu ihned doregulováno na žádanou hodnotu.

Typ: Solax X3 ULT-30K  
Verze FW: DSP: 2.03; ARM: 2.07  
Sériové číslo: H3BC30K1532008  
Country setup: Czech 2023  
Technická zpráva: EGD2024-004

# Příloha





## Příloha č.1 – Nastavení střídače

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