

Laboratorní zkoušky souladu komponent

1. Zkoušky souladu dle RfG⁽¹⁾ (-> PPDS: P4⁽²⁾ a SoP⁽³⁾)
2. Zkoušky souladu – obecně
3. Metody laboratorních zkoušek souladu
4. Zkušební postup a rozsah zkoušek pro laboratorní zkoušky souladu střídačů pro výr. moduly kat. A1 (ČR)
5. Zkušebna VUT – výsledky zkoušek.
6. Zkušební pracoviště EG.D – testované střídače

⁽¹⁾ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2016/631 ze dne 14. dubna 2016, kterým se stanoví kodex sítě pro požadavky na připojení výroben k elektrizační soustavě

⁽²⁾ PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV, Příloha 4: PRAVIDLA PRO PARALELNÍ PROVOZ VÝROBEN A AKUMULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ SE SÍTÍ PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY, 2022

⁽³⁾ Smlouva o připojení

■ „**Příslušný provozovatel soustavy zveřejní rozdělení odpovědností mezi vlastníka výroby elektřiny a provozovatele soustavy při zkouškách, simulacích a sledování souladu.**“

■ „**Příslušný provozovatel soustavy může sledováním souladu zcela nebo zčásti pověřit třetí osoby.** V takových případech příslušný provozovatel soustavy i nadále zajišťuje soulad s článkem 12, včetně uzavírání závazků mlčenlivosti s pověřenými subjekty.“

■ „**Vlastník výroby elektřiny je odpovědný za provedení zkoušek...**“

■ Zkoušky souladu s požadavky PPDS: P4 a SoP pro konkrétní kat. VM místo v DS

Zkoušky souladu – rozdělení řešení

A. Zkoušky s výkonovým stupněm s:

1. simulovaným výkonovým buzením (power excitation, PE), (**T1**)
2. přirozeným výkonovým buzením PE:
 - a. se simulovaným signálovým buzením SE a řízením SC, (**T2 a T3**)
 - b. s přirozeným signálovým buzením SE a řízením SC. (**T4**)

B. Zkoušky bez výkonového stupně:

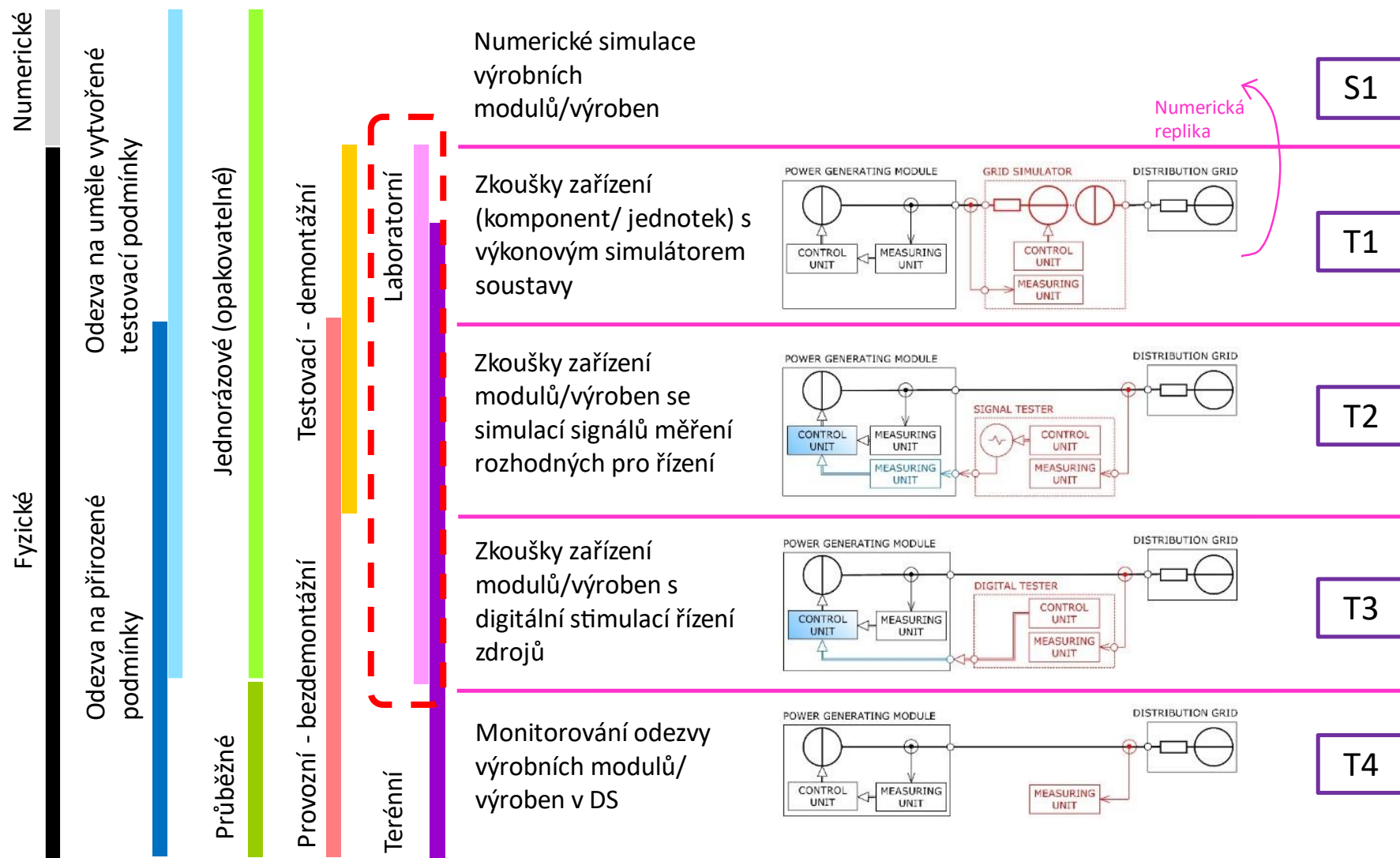
1. se simulovaným signálovým buzením (signal excitation, SE),
2. se simulovaným signálovým řízením (signal control, SC).

- A.1 a A.2 je možné kombinovat tak, že některé simulované signály jsou dodány s využitím pracovních signálových analogových vstupů, zatímco další data jsou do ZZ dodána s využitím datových sběrnic. (odpovídá **T2 a T3**)

Všechny typy/způsoby zkoušek je možné provést v laboratorním prostředí, nebo v terénu, ale konkrétní využitelnost typů zkoušek se liší v závislosti na ověřovaném požadavku, výkonu zkoušeného zařízení (ZZ), apod.

Zkoušky souladu obecně – technické provedení

Zkoušky souladu - rozdělení řešení, klíčové vlastnosti



Metody laboratorních zkoušek souladu

A. Zkoušky zařízení (komponent, VJ) s výkonovým stupněm :

1. s odezvou na přirozenou výkonovou excitaci,
2. **s odezvou na simulovanou výkonovou excitaci,**
3. s odezvou na simulované budící signály,
4. s odezvou na simulované řídicí signály;

B. Zkoušky bez výkonového stupně, pouze řídicích komponent:

1. s odezvou na simulované budící signály,
2. s odezvou na simulované řídicí signály.

100



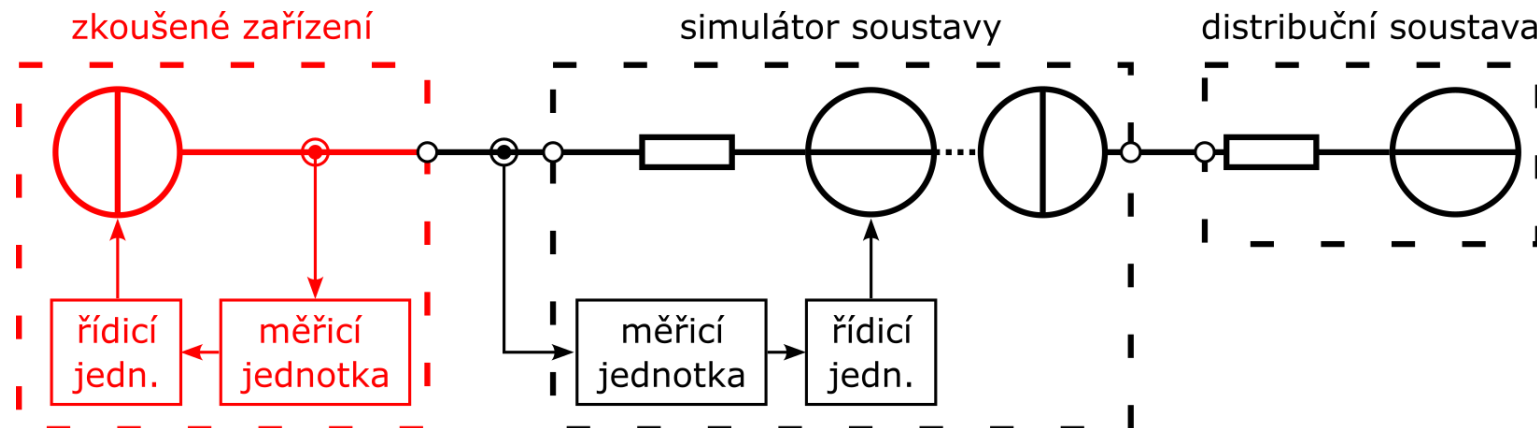
Laboratorní zkouška s odezvou na simulovanou výkonovou excitaci

Odezva na simulovanou výkonovou excitaci

Využití simulátoru soustavy, popř. s implementací *hardware-in-the-loop* simulace pro simulaci reálné odezvy soustavy

Výhoda: vhodné pro ověření všech parametrů, komplexní obraz z důvodu zařazení výkonového stupně

Nevýhoda: nákladnost pořízení i provozu simulátoru, výkonové omezení

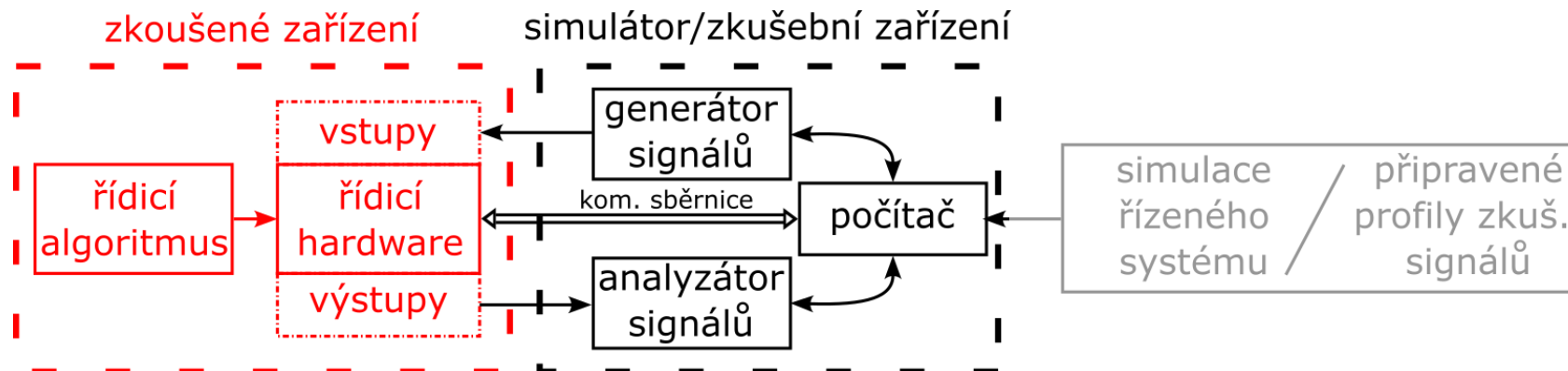


Laboratorní zkouška řídicích zařízení

Zkoušky odezvy řídicích komponent (řídící jednotka, ochrana...) s využitím generátoru signálů, popř. s využitím real-time simulátoru pro podrobnější zkoušku v realistické situaci s realistickou odezvou.

Výhoda: méně nákladné, ale komplexní ověření odezvy dané komponenty

Nevýhoda: bez interakce s výkonovým stupněm není možné získat komplexní obraz; při použití RT simulátoru - věrohodnost odezvy závisí na numerickém modelu řízeného systému



Shrnutí zkušebních metod v laboratoři

	VM/VE* (kat.)	Priorita/ Spolehlivost	Využití	Nasa- zení	Použití
Zkoušky zařízení (komponent/ jednotek) s výkonovým simulátorem soustavy	A, (B)	1/1	<ul style="list-style-type: none"> komplexní obraz zařízení limitováno obecnou dostupností a simulátoru 	T/K V/I	Provozní rozsahy Provozní režimy Statická podpora – $Q(U)$, $P(U)$, $P(f)$... Dynamická podpora – $I_Q(U)$, $P(f)$ Dynamická odezva – P_{set} , Q_{set} ... Ochrany – U , f , detekce ostrovu Odolnost – FRT, f , U Povely Zajištění proti manipulaci
Zkoušky odezvy řídících komponent - simulované buzení/řízení	A, B, C a D	2/1	<ul style="list-style-type: none"> ověření správné dynamické i statické odezvy při daném nastavení 	T/K P(V-I)	Statická podpora – $Q(U)$, $P(U)$, $P(f)$... Dynamická podpora – $I_Q(U)$, $P(f)$ Dynamická odezva – P_{set} , Q_{set} ... Ochrany – U , f , detekce ostrovu Odolnost – FRT, f , U Povely Zajištění proti manipulaci

* VM/VE – Výrobní modul/výrobní | T -typové, K -kusové; V -výchozí, I –kontrolní/opakované, P -předběžné

Zkušební postup pro laboratorní zkoušky souladu střídačů pro výr. moduly kat. A1 (ČR)

- Sjednocený zkušební postup pro všechny laboratoře (VUT, EG.D a ČEZ Distribuce).
- Zkušební postup vychází z EN 50549-10, navržený pro základní ověření požadovaných vlastností.
- Parametry zkoušek odpovídají požadavkům připravované nové verze PPDS P4.

Rozsah laboratorních zkoušek souladu střídačů pro výr. moduly kat. A1 (ČR)

Automatické připojení	Odolnost	Statická podpora	Ochrany	Dynamická odezva
Automatické připojení za normálních provozních podmínek	Odolnost vůči rychlým změnám frekvence	Odezva výkonu na nadfrekvenci - $P(f)$	Podpěťová ochrana	Dynamické chování - $Q(U)$
Automatické připojení po poruše	Odolnost vůči poklesům napětí - UVRT	Napěťově závislý režim řízení - $Q(U)$	Nadpěťová ochrana	Dynamické chování - $P(U)$
Provozní rozsahy				Řízení
Schopnost provozu v rámci normálního provozního rozsahu frekvence	Odolnost vůči zvýšení napětí - OVRT	Napěťově závislé omezení činného výkonu - $P(U)$	Nadpěťová ochrana - 10 minutová střední hodnota	Logické rozhraní pro přerušení dodávky činného výkonu
Schopnost provozu v rámci normálního provozního rozsahu napětí	Dovolené snížení činného výkonu při poklesu frekvence		Podfrekvenční ochrana Nadfrekvenční ochrana	

Zkoušené požadavky

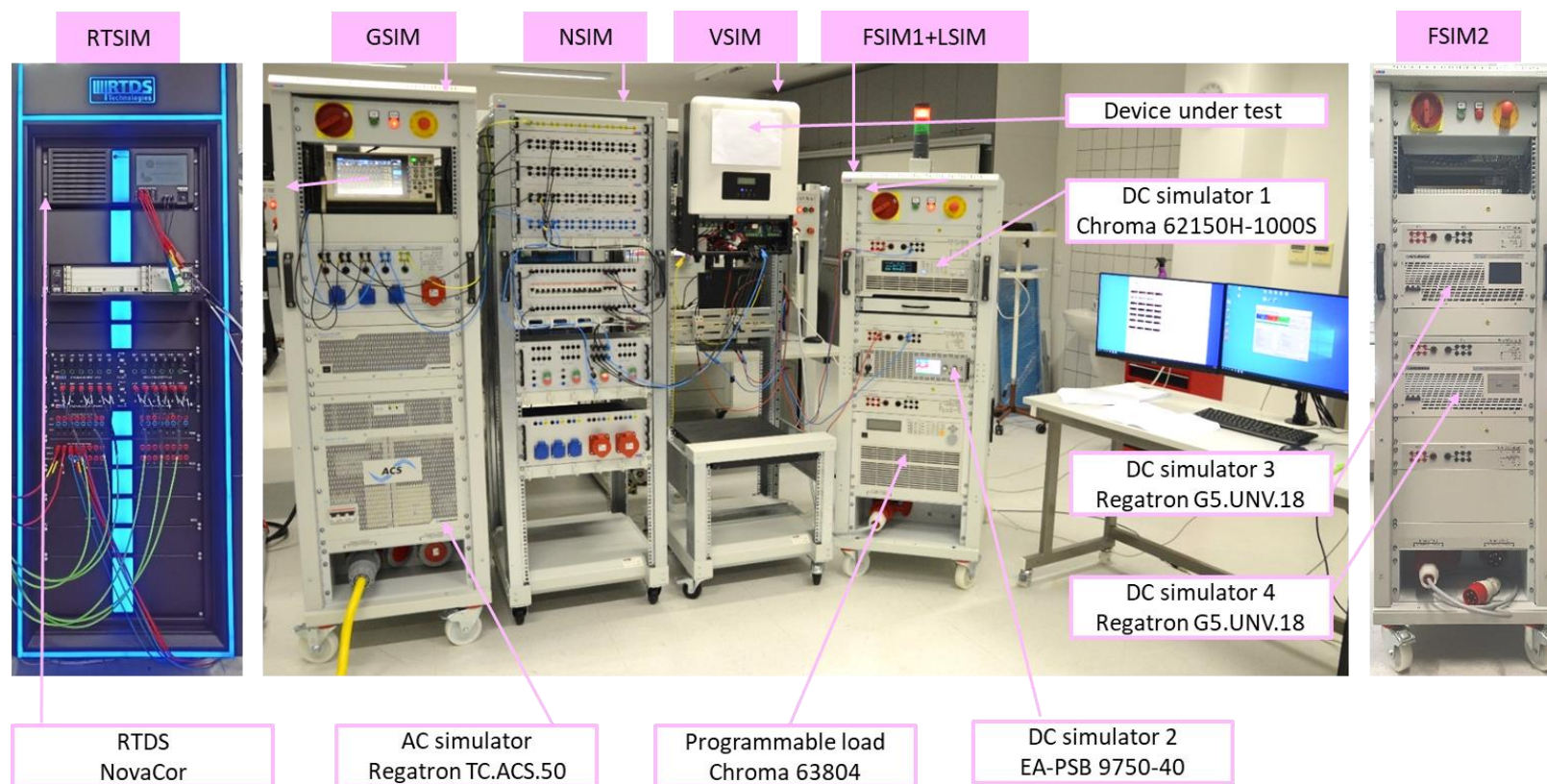
Třída VM	A1		
Výkonový rozsah	800 W ≤ A1 ≤ 11 kW		
	RfG	PPDS: P4	EN 50549-1
Trvalý provozní rozsah frekvence	čl. 13.1 a)	kap. 9.1.1.	kap. 4.4.2
Trvalý provozní rozsah napětí	-	kap. 9.1.2.1	kap. 4.4.4
Odolnost vůči rychlým změnám frekvence (ROCOF)	čl. 13.1 b)	kap. 9.1.1.	kap. 4.5.2
Frekvenčně závislý režim při nadfrekvenci – P(f)	čl. 13.2	kap. 9.3.1	kap. 4.6.1
Dovolené snížení činného výkonu při poklesu frekvence	čl. 13.4 a 13.5	kap. 9.3.2	kap. 4.4.3
Logické rozhraní pro přerušení dodávky P	čl. 13.6	kap. 5.1	kap. 4.11.1
Automatické připojení k soustavě	čl. 13.7	kap. 9.5	kap. 4.10.2
Překlenutí poklesu napětí – UVRT	-	kap. 9.2.2.1	kap. 4.5.3
Překlenutí přepětí – OVRT	-	kap. 9.2.2.2	kap. 4.5.4
Opětovné připojení po poruše	-	kap. 9.5	kap. 4.10.2
Dodávka jalového výkonu – pracovní rozsah	-	kap. 9.2.1.1	kap. 4.7.2.2
Režimy regulace jalového výkonu – $\cos\varphi_{fix}$, Q(U)	-	kap. 9.4	kap. 4.7.2.3
Snížení činného výkonu závislé na napětí P(U)	-	kap. 9.3.5	kap. 4.7.3
Nastavení ochran	-	kap. 8.1	kap. 4.9

Testovací systém pro ověřování komponent / výrobních jednotek (střídačů (PV/BESS), řídicích jednotek, ochran a dalších komponent)

Aktuálně do 50 kVA

Otestovány desítky

- střídačů
- bateriových měničů
- hybridních měničů
- měničů pro zátěže
- řídicích jednotek pro energetický management



Příprava akreditace laboratorních zkoušek souladu komponent pro VM kat. A1 (do 11 kW, max 50 kW) podle „schváleného“ zkušebního postupu; VUT+SZÚ

Výsledky zkoušek souladu střídačů do 11 kW (A1)

- VUT

Typ (anonymně)	verze FW	Počet fází	Trvalý provozní rozsah frekvence	Trvalý provozní rozsah napětí	Odolnost vůči rychlým změnám frekvence	Odezva výkonu na nadfrekvenci - P(f)	Logické rozhraní pro přerušení dodávky činného výkonu	Odolnost vůči podpětí - UVRT	Odolnost vůči nadpětí - OVRT	Automatické připojení po poruše	Napětově závislý režim řízení - Q(U)	Napětově závislé omezení činného výkonu - P(U)	Dynamické chování - Q(U)	Dynamické chování - P(U)	Podpětová ochrana [27]	Nadpětová ochrana [59]	Nadpětová ochrana - 10 minutová střední hodnota	Podfrekvenční ochrana [81<]	Nadfrekvenční ochrana [81>]
1	a	3	Ne	Ne	Vyhověl	Ne	-	Ne	Ne	Vyhověl	Ne	Ne	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Ne	Vyhověl	Vyhověl
	b		Vyhověl	Ne	Vyhověl	Vyhověl	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
2	a	3	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Ne	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
3	a	3	Vyhověl	Ne	Vyhověl	Ne	-	Ne	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Ne	Ne	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
4	a	3	-	-	Vyhověl	Ne	-	-	-	Ne	Ne	Ne	-	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
5	a	3	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Ne	-	Ne	Ne	Ne	Ne	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Ne	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
	b		Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Ne	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
6	a	3	-	-	-	Vyhověl	-	-	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
7	a	3	-	-	Vyhověl	Vyhověl	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	-	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
8	a	3	-	-	Vyhověl	Ne	-	-	-	Ne	Vyhověl	Ne	-	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
9	a	1	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	-	-	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
10	a	3	Vyhověl	Vyhověl	-	Vyhověl	-	-	-	Ne	Ne	Vyhověl	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Ne	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
11	a	3	Vyhověl	Vyhověl	-	Ne	-	-	-	Ne	Ne	Ne	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl
12	a	1	Vyhověl	Vyhověl	-	Ne	-	-	-	Vyhověl	Ne	Ne	Vyhod.	Vyhod.	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl	Vyhověl

Zkušební pracoviště EG.D

1. skříň

- 3x 15 kW DC zdrojů (FVE string nebo baterie)
- 1000 V, 40 A

2. skříň

- držák na měniče a další komponenty

3. skříň

- pole měření, jističů, stykačů a zásuvek (230 a 400 V)

4. skříň

- 3x 4,5 kWt zátěže (RLC; P, Q; ...)

5. skříň

- 15 kW umělá síť
- 350 V, 100 Hz
- do 16 A referenční impedance 0,47 Ω



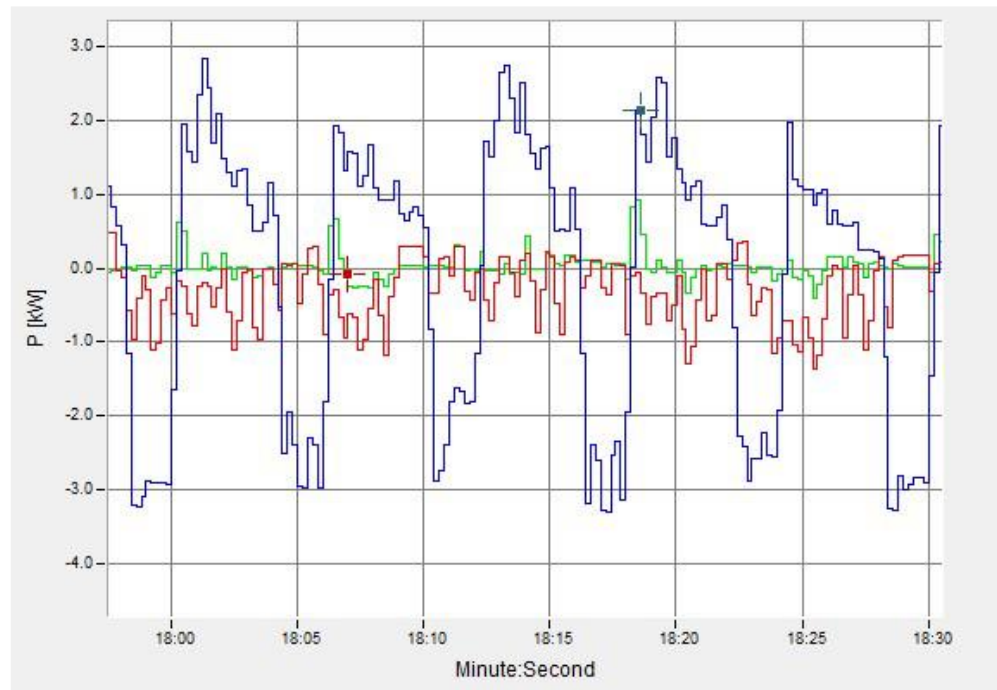
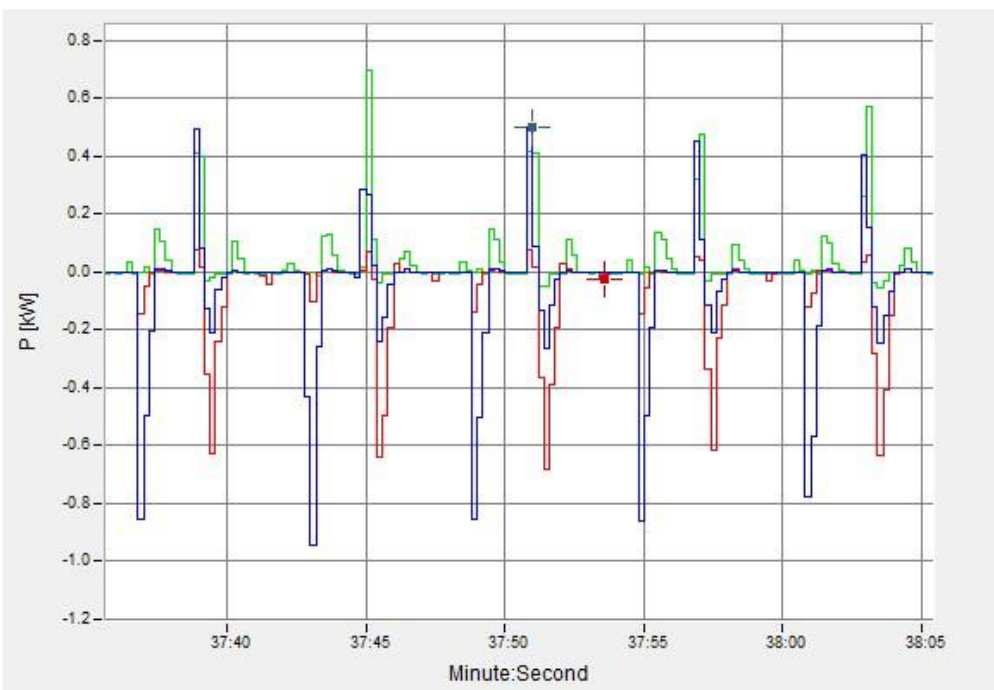
Testované střídače EG.D

Fáze	Název	Typ	Frekvenční stabilita	RoCoF	P(f)-nadfrekvence	P(f)-podfrekvence	Logický modul	Automatické připojení k DS	Napěťová stabilita	UVRT	OVRT	Q(U)	P(U)	Ochrany	CZ grid code	Vyhovující dle interní metodiky EG.D
1	Victron	Multiplus II 3000	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	UPS	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	Vyhovující
3	GoodWe	EKT-10 Plus+	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	ANO	Nevyhovující
3	Growatt	SPH10000TL3 BH-UP	NE	ANO	NE	ANO		ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
3	Growatt	MID	ANO	ANO	NE	ANO		ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
1	Victron	Quattro 8000/48	ANO		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	UPS	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	Vyhovující
3	Solax	X3 G4	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	Nevyhovující
3	SofarSolar	HYD 10KTL-3PH	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
1	Fronius	Primo 6.0	ANO	ANO	ANO	ANO		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	Vyhovující
3	Kostal	Plenticore	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	Vyhovující
3	Foxess	H3-10.0-E	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
3	Foxess	AIO-H3-5.0	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
3	Sunways	STH-10KTL-HT	NE	ANO	ANO			NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
1	Huawei	SUN2000-3KTL-L1	ANO	ANO	NE	ANO		ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	NE	ANO	Nevyhovující
3	Huawei	SUN2000-8KTL-M1	ANO	ANO	NE	ANO		ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	Nevyhovující
3	Huawei	SUN2000-15KTL-M	NE	ANO	NE	ANO		ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující
3	Huawei	SUN2000-15KTL-M	NE	ANO	NE			ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO	Nevyhovující

Bezpřetokový režim ($R_v = 0$)

spínaná zátěž 3,5 kW (4 vteřiny ON, 2 vteřiny OFF) – pro Victron jen 2,3 kW (jmenovitý výkon)

Regulace	Přetok prvních 15 minut	Přetok druhých 15 minut
Victron Multiplus (2,3 kW)	50 W	60 W
Solax – CT	220 W	210 W
GoodWe - GoodWe	640 W	650 W
Solax – Chint	1040 W	1060 W



Děkuji za pozornost

Jiří Drápela

Brno University of Technology
Faculty of Elec. Eng. and Comm.
Dept. of Electrical Power Engineering
Technická 3082/12
61600 Brno
Czech Republic
[www: vutbr.cz/en/people/jiri-drapela-2924](http://www.vutbr.cz/en/people/jiri-drapela-2924)
email: drapela@vut.cz, drapela@ieee.org
tel.: +420 54114 6211
cell ph.: +420 777807791

Martin Kurfiřt

Kvalita dodávky energií/Power Quality
EG.D, a.s.
F. A. Gerstnera 2151/6
370 01 České Budějovice

[www: www.egd.cz/laborator](http://www.egd.cz/laborator)
E: martin.kurfirt@egd.cz
M: +420 733 670 578