

Vysoké učení technické v Brně
Antonínská 458/1, 60190 Brno; Czech Republic
VAT CZ00261305
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky
Technická 3058/10, 616 00 Brno; Czech Republic
Tel.: +42054114 6220, e-mail: fekt-ueen@vut.cz, <http://www.ueen.fekt.vut.cz>

SW pro TestBench manuál v1.0

Název výsledku

**SW pro ovládání provozu simulátorů komplexních energetických systémů v
laboratorních podmínkách**

Projekt

**Výzkum a vývoj pokročilého energetického managementu HW a SW na bázi umělé
inteligence pro lepší penetraci OZE v rámci dynamických cen elektřiny (project č.
CZ.01.1.02/0.0/0.0/21_374/0027235)**

Version: v1.0 (31.3.2023),

Elaborated by: Klusáček, Michal Vrána, Martin Vojtek, Michal Ptáček, Petr Baxant, Martin Paar, Filip Koval,
Branislav Bátora

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Technická 3082/12

616 00 Brno, Czech Republic

tel. +420 739 824 950

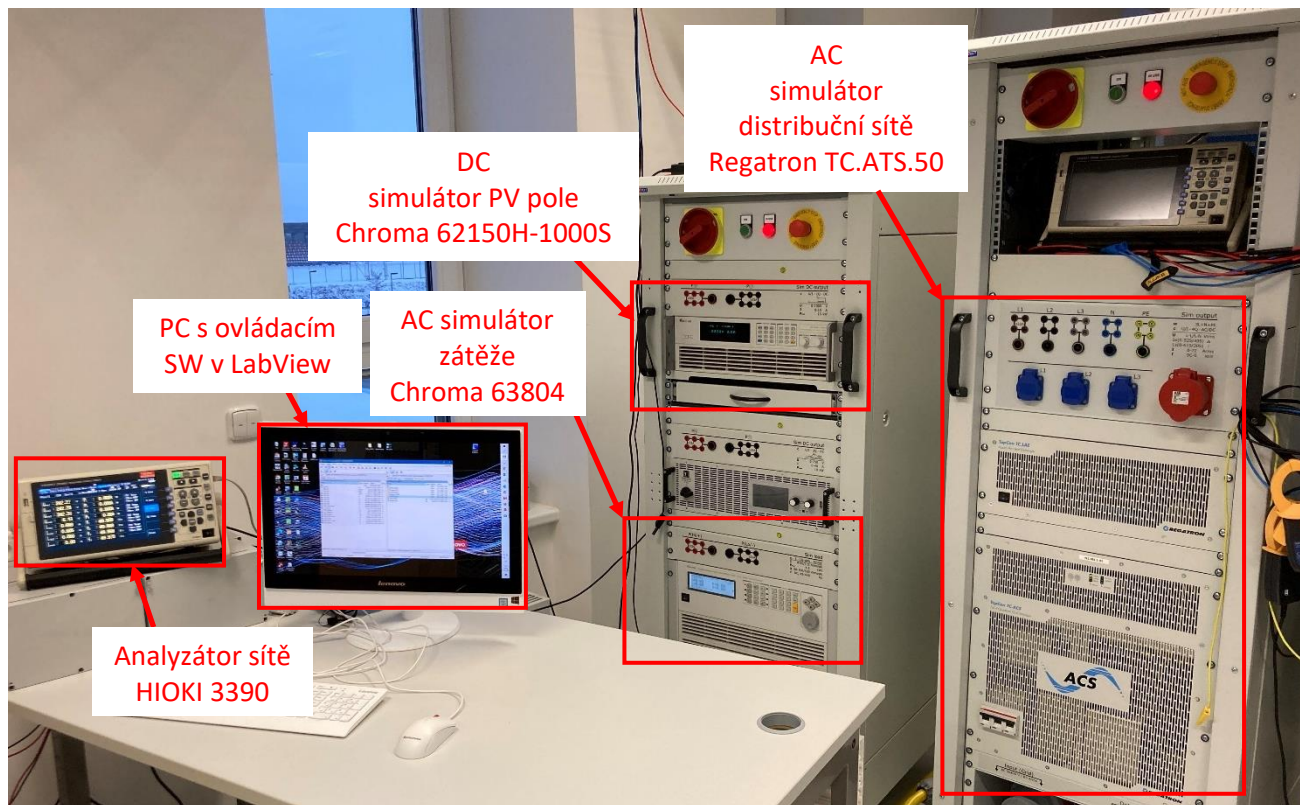
email: klusaceki@vut.cz

Content

1	Obecný popis SW	3
2	Ovládání SW	4
2.1	Záložka „Settings“	4
	2.1.1 DC simulátor PV pole: Chroma 62150H-1000S.....	5
	2.1.2 Simulátor AC zátěže: Chroma 63804	5
	2.1.3 Simulátor AC sítě Regatron TA.ACS 50	5
	2.1.4 Analyzátor sítě HIOKI 3390.....	5
2.2	Záložka „Control“	6
2.3	Záložka „Measurement“	6
3	Příklad testování zařízení	8


1 Obecný popis SW

Software obsluhuje testovací pracoviště na Obr. 1. Pracoviště se skládá ze simulátoru AC distribuční sítě, simulátoru AC zátěže, DC zdroje pro simulování PV panelů, a síťového analyzátoru. Pracoviště je určeno pro analýzu a testování energetických systémů s více energetickými vstupy a výstupy (terminály). Software umožňuje zaznamenat časový průběh energetických toků v testovaném systému, ověřit jeho nastavení a díky použití síťového analyzátoru zaznamenat kvalitu elektrické energie na všech terminálech.



Obr. 1. Testovací pracoviště

2 Ovládání SW

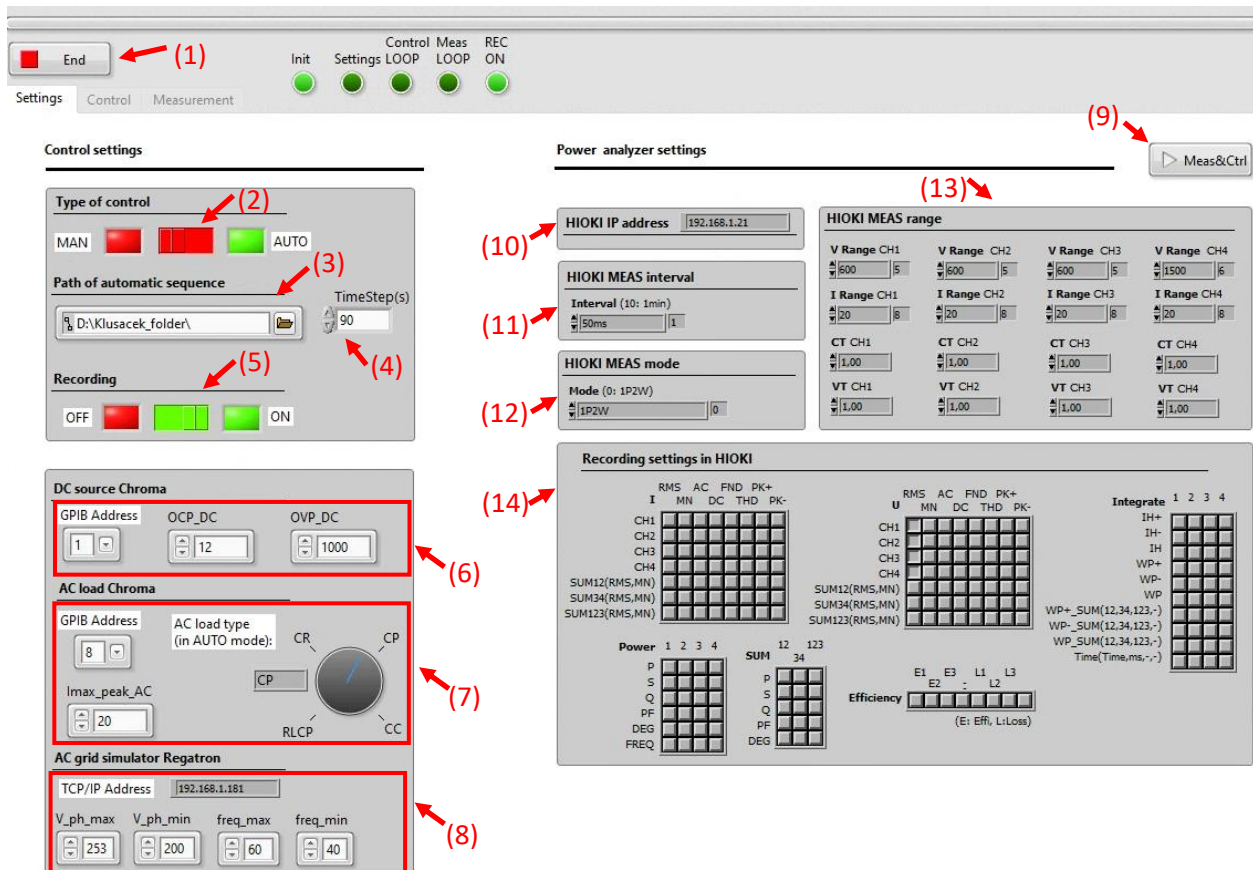
Program se spustí tlačítkem pro spuštění algoritmů v okně ovládacího panelu LabView v levém horním rohu obrazovky. Program je možné kdykoliv ukončit tlačítkem „End“, které řádně ukončí všechny procesy. Nedoporučuje se program uzavírat pomocí tlačítka  v panelu LabView, nebo zavřením okna.



Obr. 2. Ovládání programu: 1) tlačítko pro spuštění (A) a 2) tlačítko pro ukončení (B).

2.1 Záložka „Settings“

Po spuštění programu je nutné uživatelsky vybrat a parametrizovat způsob testování a konfigurovat ovládaná zařízení v záložce „Settings“ (Obr. 3). Ovládat jednotlivá zařízení testovacího pracoviště lze buďto manuálně, nebo automaticky (2). Automatické ovládání funguje na bázi sekvence kroků definované v souboru .txt, kde každý řádek představuje jeden krok a jednotlivé hodnoty jsou odděleny tabulátorem. Cesta k souboru se definuje pomocí (3) a nastavení doby trvání jednoho kroku sekvence (4). Příklad sekvence kroků .txt je na Obr. 4. V obou případech je možné spustit záznam měřených hodnot (5), který se po vykonání měření automaticky uloží ve složce programu ve formátu .csv. V dalších kapitolách je detailně popsáno počáteční nastavení zařízení pracoviště. Po řádném nastavení je nutné volby potvrdit tlačítkem „Meas&Ctrl“ (9). Tím se spustí relace ovládání a měření.



Obr. 3. Panel nastavení v SW

Pmpp_DC	Vmpp_DC	P_load	PF_load	R_load	I_load	V_grid	f_grid
W	V	W	-	Ohm	A	V	Hz
5000	550	0	1	110	6	230	50
5000	550	0	1	110	6	230	50
5000	550	0	1	110	6	230	50
5000	550	0	1	110	6	230	50
5000	550	500	1	110	6	230	50
5000	550	1000	1	110	6	230	50
1500	550	1000	1	110	6	230	50
5000	550	1000	1	110	6	230	50
5000	550	500	1	110	6	230	50
5000	550	0	1	110	6	230	50

Obr. 4. Příklad sekvence nastavení parametrů testovacího pracoviště v souboru .txt.

2.1.1 DC simulátor PV pole: Chroma 62150H-1000S

V sekci nastavení (6) lze nastavit ochranné limity proudu a napětí pro simulátor PV pole: maximální proud (OCP_DC) a maximální napětí (OVP_DC). Pro komunikaci se DC simulátorem je třeba nastavit stejnou GPIB adresu v SW i v zařízení (defaultní adresa pro simulátor Chroma 62150H-1000S je GPIB 1).

2.1.2 Simulátor AC zátěže: Chroma 63804

V sekci nastavení (7) lze nastavit ochranný limit proudu pro simulátor zátěže: maximální amplituda proudu (I_max_peak_AC). Při volbě automatický režim (2) je dále v (7) potřeba zvolit typ zátěže: 1) RLC zátěž definovaná pomocí konstantního výkonu a účinníku (RLCP nebo CP), 2) zátěž typu konstantní odpor (CR) a zátěž typu konstantní proud (CC). Na základě této volby bude SW načítat relevantní sloupce ze souboru .txt (Obr. 4). Pro komunikaci se simulátorem zátěže je třeba nastavit stejnou GPIB adresu v SW i v zařízení (defaultní adresa pro simulátor Chroma 63804 je GPIB 8).

2.1.3 Simulátor AC sítě Regatron TA.ACS 50

V sekci nastavení simulátoru sítě (8) je možné nastavit rozmezí vstupních hodnot: efektivní hodnota fázového napětí (V_ph_min a V_ph_max) a frekvence (freq_min, freq_max). Simulátor sítě Regatron TA.ACS.50 komunikuje pomocí protokolu TCP/IP a adresu se nastavuje ručně.

2.1.4 Analyzátor sítě HIOKI 3390

Sekce (10)-(14) jsou nastavením analyzátoru sítě, který měří a zaznamenává zvolené veličiny. Detailní popis nastavení je v Tab. 1.

Tab. 1. Nastavení analyzátoru sítě

Sekce nastavení	Popis nastavení																																													
(10)	Nastavení TCP/IP adresy zařízení																																													
(11)	Agregační interval měření a záznamu (rozlišení záznamu v čase)																																													
(12)	Měřicí mód analyzátoru (1P2W – jedna fáze 2 vodiče; 1P3W – jedna fáze 3 vodiče; 3P3W2M (3P3W3M)– tři fáze 3 vodiče, 3P4W – tři fáze 4 vodiče) [1] <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>CH1</th> <th>CH2</th> <th>CH3</th> <th>CH4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mode 1</td> <td>1P2W</td> <td>1P2W</td> <td>1P2W</td> <td>1P2W</td> </tr> <tr> <td>Mode 2</td> <td colspan="2">1P3W</td> <td>1P2W</td> <td>1P2W</td> </tr> <tr> <td>Mode 3</td> <td colspan="2">3P3W2M</td> <td>1P2W</td> <td>1P2W</td> </tr> <tr> <td>Mode 4</td> <td colspan="2">1P3W</td> <td colspan="2">1P3W</td> </tr> <tr> <td>Mode 5</td> <td colspan="2">3P3W2M</td> <td colspan="2">1P3W</td> </tr> <tr> <td>Mode 6</td> <td colspan="2">3P3W2M</td> <td colspan="2">3P3W2M</td> </tr> <tr> <td>Mode 7</td> <td colspan="3">3P3W3M</td> <td>1P2W</td> </tr> <tr> <td>Mode 8</td> <td colspan="3">3P4W</td> <td>1P2W</td> </tr> </tbody> </table>		CH1	CH2	CH3	CH4	Mode 1	1P2W	1P2W	1P2W	1P2W	Mode 2	1P3W		1P2W	1P2W	Mode 3	3P3W2M		1P2W	1P2W	Mode 4	1P3W		1P3W		Mode 5	3P3W2M		1P3W		Mode 6	3P3W2M		3P3W2M		Mode 7	3P3W3M			1P2W	Mode 8	3P4W			1P2W
	CH1	CH2	CH3	CH4																																										
Mode 1	1P2W	1P2W	1P2W	1P2W																																										
Mode 2	1P3W		1P2W	1P2W																																										
Mode 3	3P3W2M		1P2W	1P2W																																										
Mode 4	1P3W		1P3W																																											
Mode 5	3P3W2M		1P3W																																											
Mode 6	3P3W2M		3P3W2M																																											
Mode 7	3P3W3M			1P2W																																										
Mode 8	3P4W			1P2W																																										
(13)	Nastavení měřicího rozsahu proudu a napětí jednotlivých kanálů (I Range, V Range) a nastavení převodního koeficientu v případě použití externího proudového bočníku nebo napěťového transformátoru.																																													
(14)	Nastavení veličin pro záznam.																																													

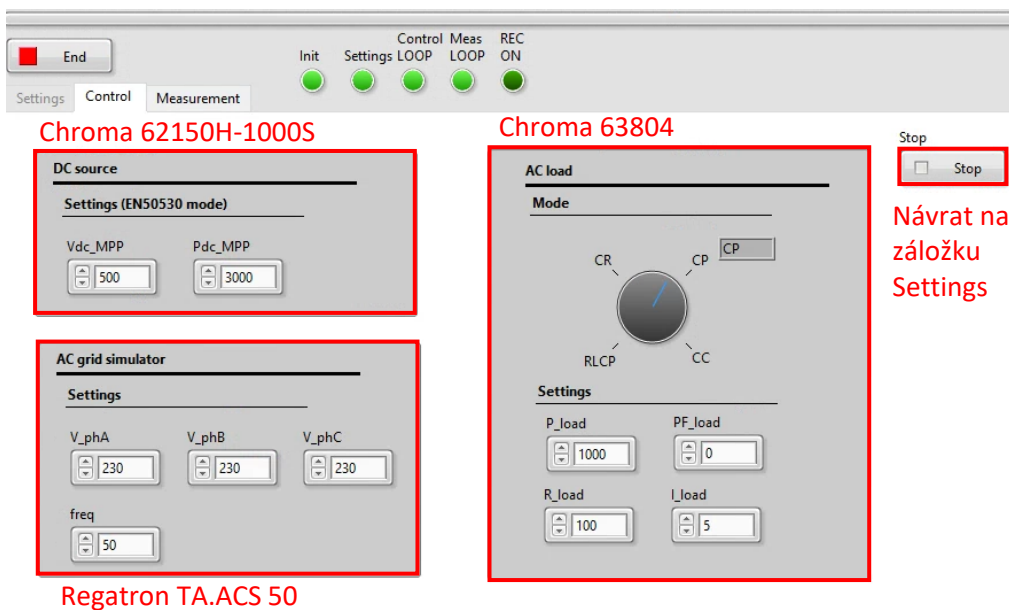
2.2 Záložka „Control“

Záložka „Control“ je aktivní pouze při manuálním ovládání (MAN v (2) na Obr. 3) a umožňuje ovládat všechna zařízení v reálném čase (Obr. 5).

DC simulátor PV pole Chroma 62150H-1000S simuluje PV křivku dle EN 50530, která je parametrizována napětím v bodě maximálního výkonu (V_{dc_MPP} ve V) a maximálním výkonem (P_{dc_MPP} ve W).

Simulátor zátěže Chroma 63804 lze nastavit jako 1) RLC zátěž definovaná pomocí konstantního výkonu a účinníku (RLCP nebo CP), 2) zátěž typu konstantní odpor (CR) a zátěž typu konstantní proud (CC). Velikost zátěže se ovládá přímo vepsáním požadované hodnoty do příslušného boxu.

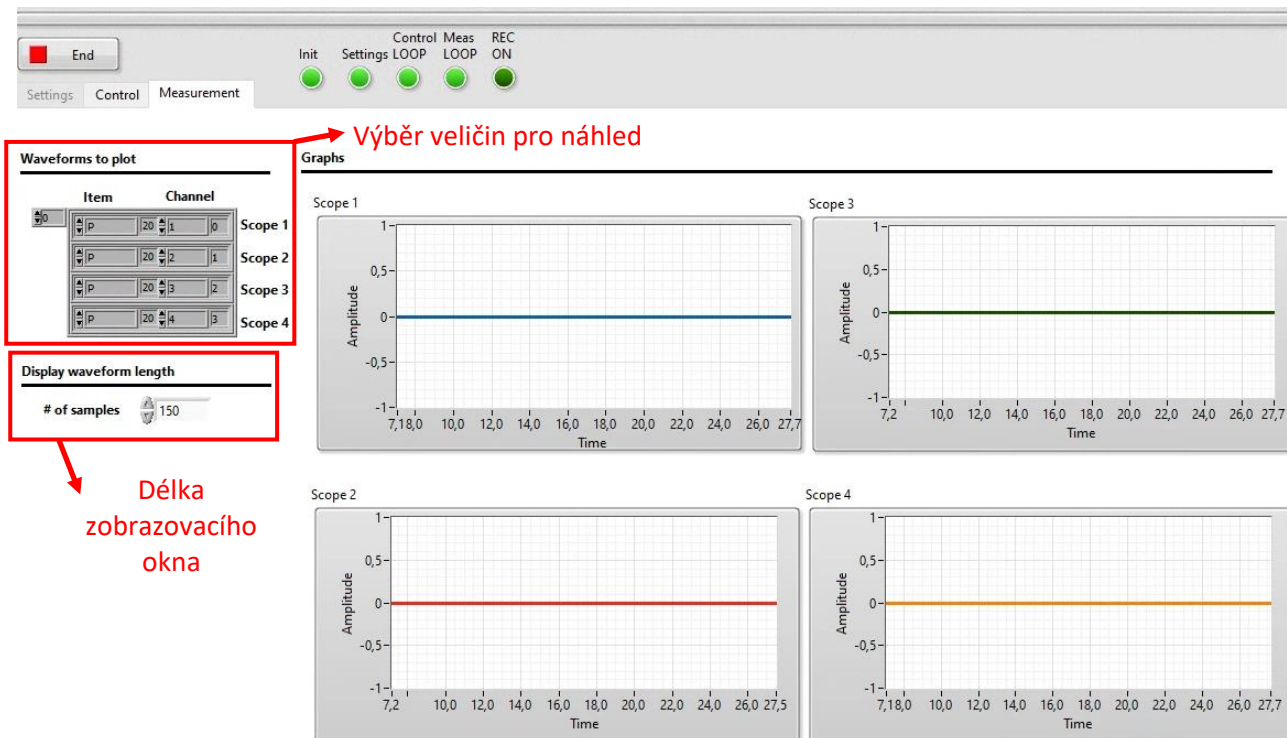
V relaci měření není možné měnit počáteční nastavení (záložka Settings je nepřístupná). Pro změnu počátečního nastavení je nutné kliknout na tlačítko „Stop“.



Obr. 5. Ovládací panel připojených zařízení pro manuální ovládání.

2.3 Záložka „Measurement“

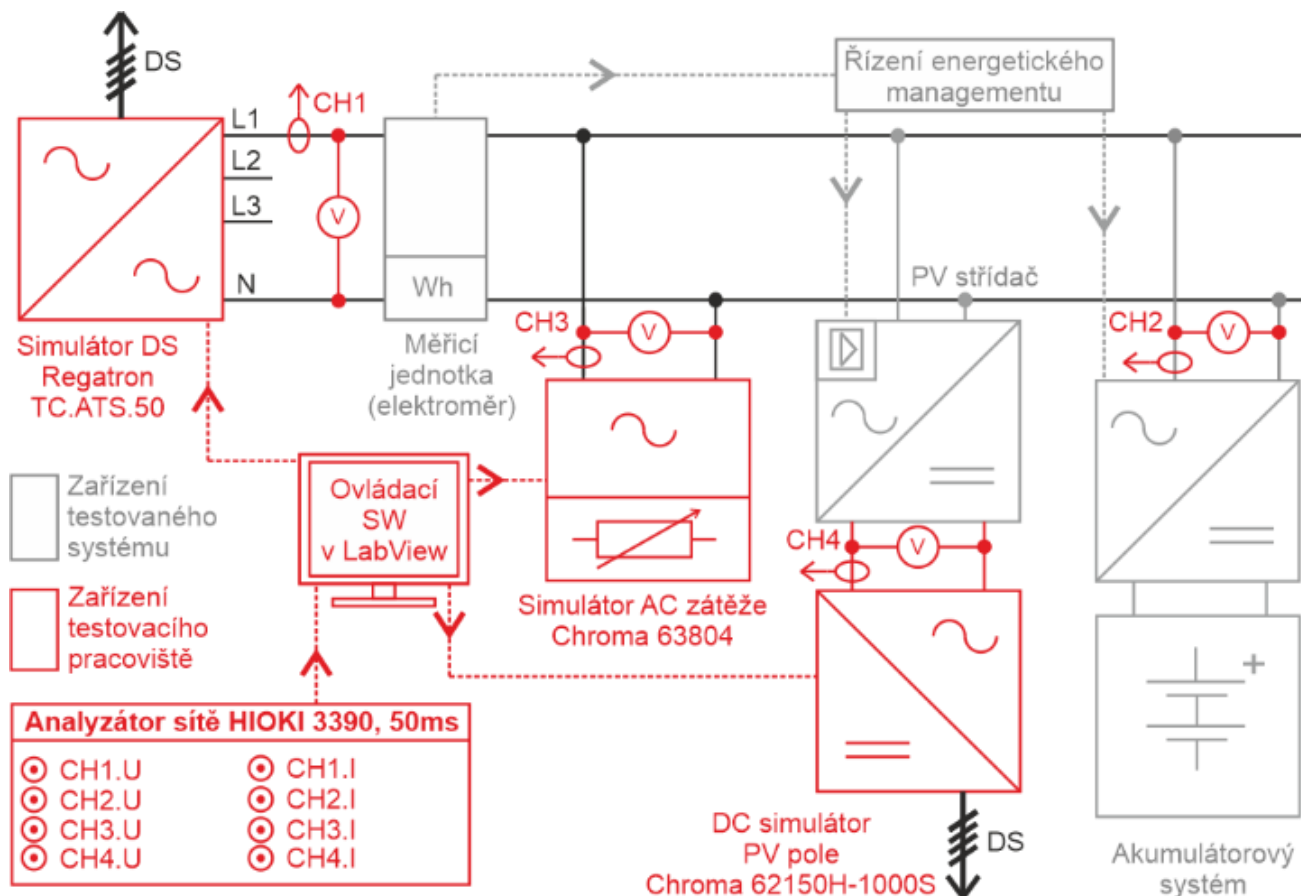
Záložka „Measurement“ je stále aktivní, nezávisle na počátečním nastavení a slouží k on-line náhledu vybraných veličin (Obr. 6). Délku obnovovacího okna lze měnit počtem vzorků v grafu (délka jednoho závisí na nastavení (11) v Obr. 3).



Obr. 6. Náhled měřených hodnot analyzátořem HIOKI

3 Příklad testování zařízení

Na testovacím pracovišti bylo testováno řízení energetického managementu vyvinuté společností Wattstor. Jednotka řídí energetické toky v energetickém systému sestávající se z 1) bateriového úložiště s invertorem/nabíječkou, 2) PV výrobou připojenou na AC sběrnici systému a 3) elektroměrem na AC vstupu systému. Systém byl zapojen do testovacího pracoviště dle schématu na Obr. 7.

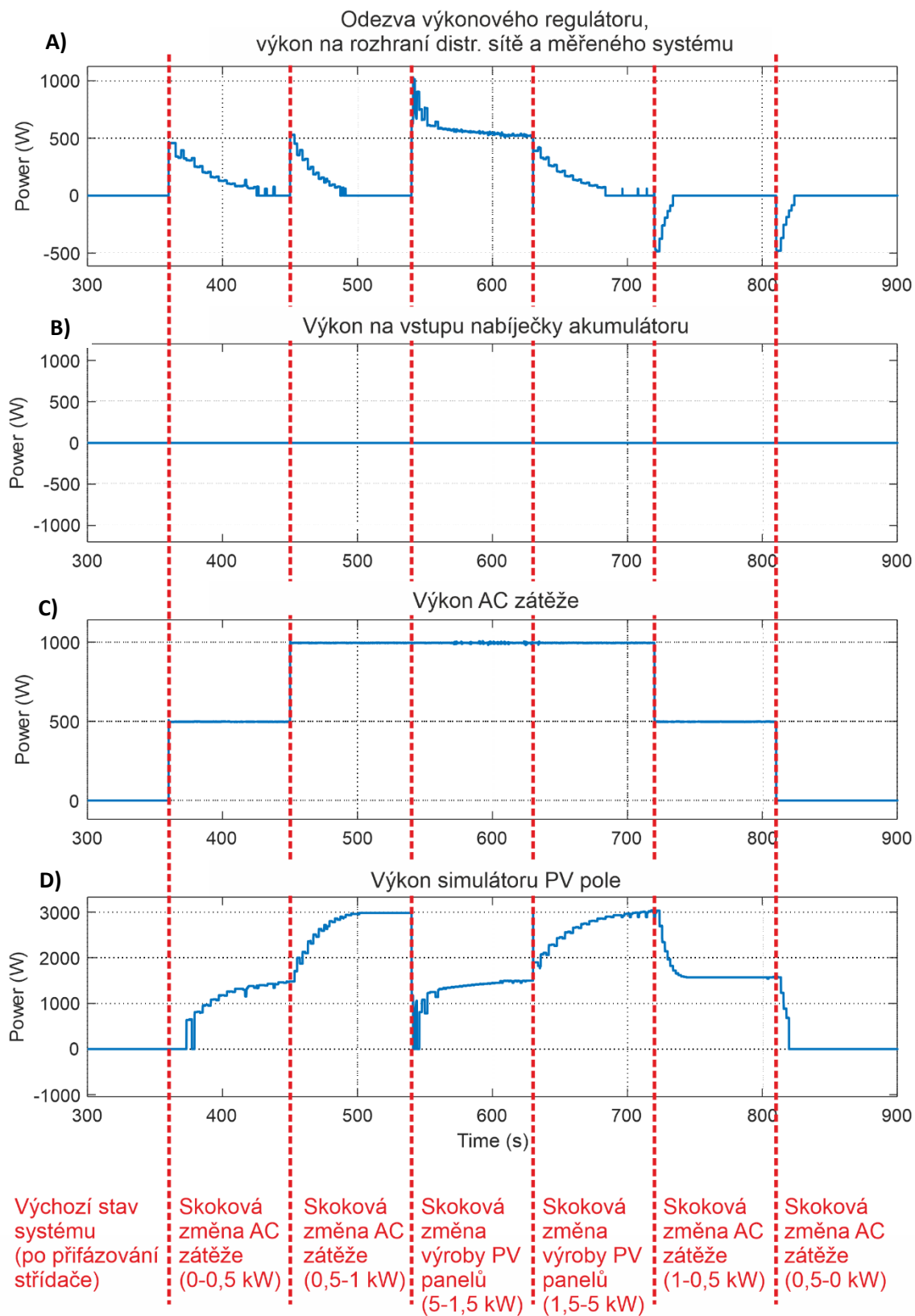


Obr. 7. Schéma testovacího pracoviště a testovaného systému.

Testovací sekvence je definována stavy testovacího pracoviště, které jsou specifikovány v .txt. souboru. Tím je testovaný energetický systém vystaven změnám okolních podmínek, v tomto případě změně výkonu AC zátěže a změně dostupného výkonu PV pole (Obr. 8). Cílem testu bylo ověření 1) především stability systému (systém se musí po odeznění přechodného děje ustálit v novém stavu), 2) délky regulace (je žádoucí, aby dynamický děj trval co nejkratší dobu, řádově srovnatelnou s měřicím oknem standardních fakturačních elektroměrů ~1 s, dle [2] by mělo být 90 % regulační odchylky vyregulováno do 5 s) a dodatečně 3) průběhu regulace (přechodný děj by neměl být doprovázen náhlými změnami trendu, např. tlumenými oscilacemi; ideálně by jeho průběh měl konvergovat do průběhu odezvy systému prvního řádu).

Na Obr. 8 je zobrazen příklad výstupu testování. Jednotlivé průběhy A) - D) odpovídají místům měření v Obr. 7: Obr. 8A) odpovídá CH1; Obr. 8B) odpovídá CH2; Obr. 8C) odpovídá CH3 a Obr. 8D) odpovídá CH4. Z výsledku měření lze vidět, že testovaná jednotka řízení energetického systému řídila výkon PV výroby tak, aby byl dosažen nulový přetok na rozhraní testovaného systému a distribuční sítě (nulová energie v exportním registru fakturačního elektroměru). Zároveň lze vidět, že v rámci energetického managementu nepovolila nabíjení/vybíjení baterie.

Po každé změně nastavení testovacího pracoviště se testovaný systém vždy ustálí v novém stavu, tzn. z hlediska stability ho lze považovat jako vyhovující. Délka regulace byla naměřena v řádu násobků desítek sekund, a lze tak očekávat nenulovou energii registrovanou v exportním registru fakturačního elektroměru. Systém lze doporučit např. pro dlouhodobé monitorování v konkrétní aplikaci s vyhodnocením závažnosti při reálném provozu. Z hlediska průběhu regulace lze z Obr. 8A) konstatovat, že trend průběhu výkonu odpovídá odezvě obecného systému 1. řádu a systém lze považovat za vyhovující i přes schodovitý průběh v rámci trendu.



Obr. 8. Testovací sekvence a průběh výkonu v jednotlivých místech energetického systému.

Zdroje:

- [1] Hioki E.E. Corporation, HIOKI 3390-10 Power Analyzer, Instruction Manual, High Accuracy version, May 2013, Revised edition 2, Japan
- [2] Provozovatelé distribučních soustav, Pravidla provozování distribučních soustav, příloha 4: Pravidla pro paralelní provoz výroben a akumulčních zařízení se sítí provozovatele distribuční soustavy, 2020
- [3] ČSN EN 50549-1, Požadavky na paralelně připojené výroby s distribučními sítěmi - Část 1: Připojení k distribuční síti nn - Výroby do typu B včetně, 08/2019

Autoři software s názvem "SW pro ovládání provozu simulátorů komplexních energetických systémů v laboratorních podmínkách" děkují za finanční podporu MPO ČR v rámci Programu OP PIK (project č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/21_374/0027235 Výzkum a vývoj pokročilého energetického managementu HW a SW na bázi umělé inteligence pro lepší penetraci OZE v rámci dynamických cen elektřiny).



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Podnikání
a inovace pro konkurenceschopnost