

Funkční vzorek modulární sestavy pro simulaci spotřeby vozidla na vodíkový pohon

G_{funk} – Funkční vzorek



**Tento funkční vzorek je spolufinancován prostřednictvím Technologické agentury ČR v rámci
Národního plánu obnovy z evropského Nástroje pro oživení a odolnost**

PŮVODCE

**Ing. Pavel Kedroň, Ph.D., Ing. Filip Krupa, doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D., Ing. David Seidl, Ph.D.,
Bc. Tomáš Kapusňák (Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava)**

PROJEKT

Národní centrum vodíkové mobility (TN02000007)

NÁZEV DÍLČÍHO PROJEKTU

Podpůrný SW pro akceleraci zavádění vodíkové mobility

Obsah

1	Úvod	4
2	Dosavadní stav techniky.....	5
3	Novost řešení	5
4	Technický popis.....	6
4.1	Technické parametry.....	6
4.2	Součásti zařízení	7
4.2.1	Modul zdroje plynů	7
4.2.2	Modul plynových panelů.....	8
4.2.3	Modul vodního chlazení.....	9
4.2.4	Modul reakčního vzduchu a montážní platforma pro umístění testovaného palivového článku 10	
4.2.5	Řídicí systém podpůrných technologií a monitoring vlastního palivového článku	13
4.2.6	Modul emulace odběru pohonné jednotky	14
4.2.7	Monitorovací a parametrizační SW (SCADA aplikace)	15
4.2.8	SW model pohonné jednotky vozidla	16
5	Způsob využití	18
6	Souhrn informací pro komerční potenciál	18
7	Seznam příloh.....	20
7.1	Protokol o testování funkčního vzorku	20
8	Seznam obrázků	21
9	Seznam tabulek.....	22



1 Úvod

Cílem dílčího pracovního balíčku je výzkum a vývoj v oblasti stárnutí palivových článků. Jedním z výstupů dílčího pracovního balíčku je vývoj zařízení pro simulaci spotřeby vozidla na vodíkový pohon, jež umožní verifikaci funkcí matematického modelu implementovaného do podoby softwarové aplikace.

Koncept zařízení je řešen jako mobilní jednotka, která umožňuje instalaci palivového článku (výkonové omezení je dáno výkonem palivového článku do dopravní aplikace a využitím stávající technologie řešitele), připojení palivového článku k pomocným okruhům a připojení elektrické části palivového článku.

Po instalaci palivového článku do zařízení je palivový článek uveden do provozu a je možné jej postupně zatížit, až na jmenovité hodnoty a dále je možné článek udržovat v kontinuálním provozu simulujících například jízdu po vybrané dopravní trase. Zařízení je doplněno o systém měření všech potřebných veličin a bude doplněno softwarovou aplikací na bázi SCADA, která umožňuje plně automatický provoz zařízení, měření potřebných veličin, jejich sběr, archivaci a vyhodnocení.

Zařízení, kromě výše uvedených provozních stavů, umožňuje tzv. stress testy, testy dynamických změn provozních stavů a podobné zkoušky simulující provozní stavy palivového článku po reálné dopravní trase.

2 Dosavadní stav techniky

Vzhledem k tomu, že oblast vodíkové mobility je v současné době ve velmi ranném stádiu, kdy je pouze omezená nabídka vozidel využívajících palivový článěk, je každá aktivita v této oblasti velmi žádoucí. S provozem palivových článků aplikovaných ve vozidlech jsou v současné době velmi krátké zkušenosti a značná část reálných znalostí vychází z laboratorních měření a testování. Praktické testy reálných vozidel probíhaly pouze u několika renomovaných automobilek, které nabízejí k prodeji vozidla s vodíkovým pohonem. S ohledem na tuto skutečnost jsou dostupné informace o degradačních procesech palivových článků ve velké většině souborem informací pocházejících z rešerše vědeckých publikací. Kompletní rešerše těchto procesů je obsahem samostatného dokumentu.

3 Novost řešení

Představené řešení umožňuje simulaci vybraných provozních stavů palivových článků, což umožní velmi rychle, efektivně a s minimálními finančními náklady simulovat provozní stavy palivového článku.

Novost řešení spočívá zejména v kombinaci simulace spotřeby energie po předem definované trase, kdy tato data slouží jako vstupní informace pro zatěžování palivového článku, který reaguje na změny požadovaného výkonu.

Pomocí představeného technického řešení je možné také simulovat a testovat další vlastnosti palivového článku, viz technický popis jednotlivých funkcí funkčního vzorku.

4 Technický popis

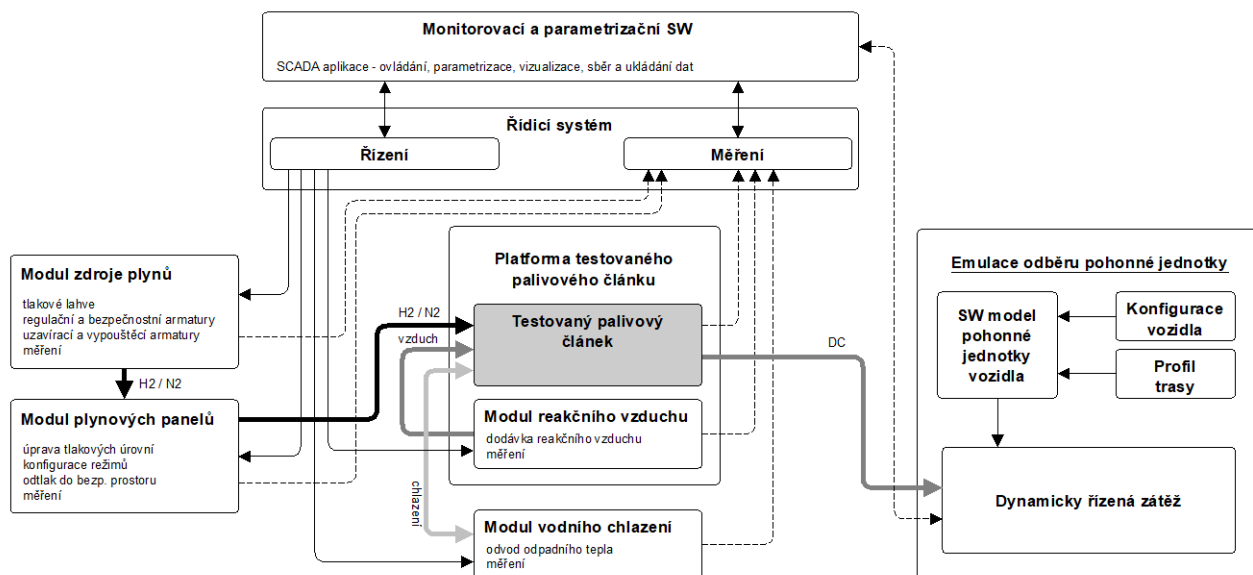
Výstupem je funkční vzorek zařízení pro simulaci spotřeby vozidla na vodíkový pohon a testování pracovních charakteristik palivových článků, se zaměřením na možnost sledování veličin umožňujících detekci a kvantifikaci degradačních procesů sledovaného palivového článku.

Palivový článek instalovaný do zařízení je uveden do provozu a je možné jej postupně zatížit, až na hodnoty limitované výkonem palivového článku, resp. maximálními limity podpůrných technologií, přičemž je využito škálování požadavků dodávaného výkonu determinovaných testovací úlohou na možnosti zařízení jako celku a následný zpětný přepočet. Testovaný palivový článek je rovněž možno udržovat v kontinuálním provozu, simulujícím například jízdu po vybrané dopravní trase. Zařízení rovněž umožňuje tzv. stress testy, testy dynamických změn provozních stavů a zkoušky simulující provoz vozidla s palivovým článkem po reálné dopravní trase.

Fyzická část zařízení je řešena jako modulární a potenciálně mobilní sestava, která umožňuje instalaci testovaného palivového článku, připojení tohoto palivového článku k pomocným okruhům, připojení elektrické části palivového článku k modulu řízené zátěže a řídicího systému zajišťujícího ovládání aktivních prvků sestavy a monitoring procesních hodnot.

Softwarové komponenty zařízení umožňují výpočet aktuální spotřeby elektrické energie pohonné jednotky vozidla v průběhu modelované jízdy / provozu, transformaci modelových dat pro účely dynamických změn parametrů fyzického modelu, sběr a ukládání pro následné zpracování a vyhodnocení získaných dat.

OBRÁZEK 1: SCHÉMA STRUKTURY MODULÁRNÍ SESTAVY



4.1 Technické parametry

Realizované zařízení umožňuje testovat instalované palivové články v rozsahu limitních parametrů využitých podpůrných technologií, blíže specifikovaných v kapitole 4.2 a dále pak vlastním výkonem testovaného palivového článku.

4.2 Součásti zařízení

Zařízení je koncipováno jako sestava vzájemně propojených modulů mající z hlediska základního konceptu vozidla na vodíkový pohon ucelenou funkci. Vlastní fyzická a SW realizace je konkrétně rozdělena na moduly popsané v následujících kapitolách.

4.2.1 Modul zdroje plynů

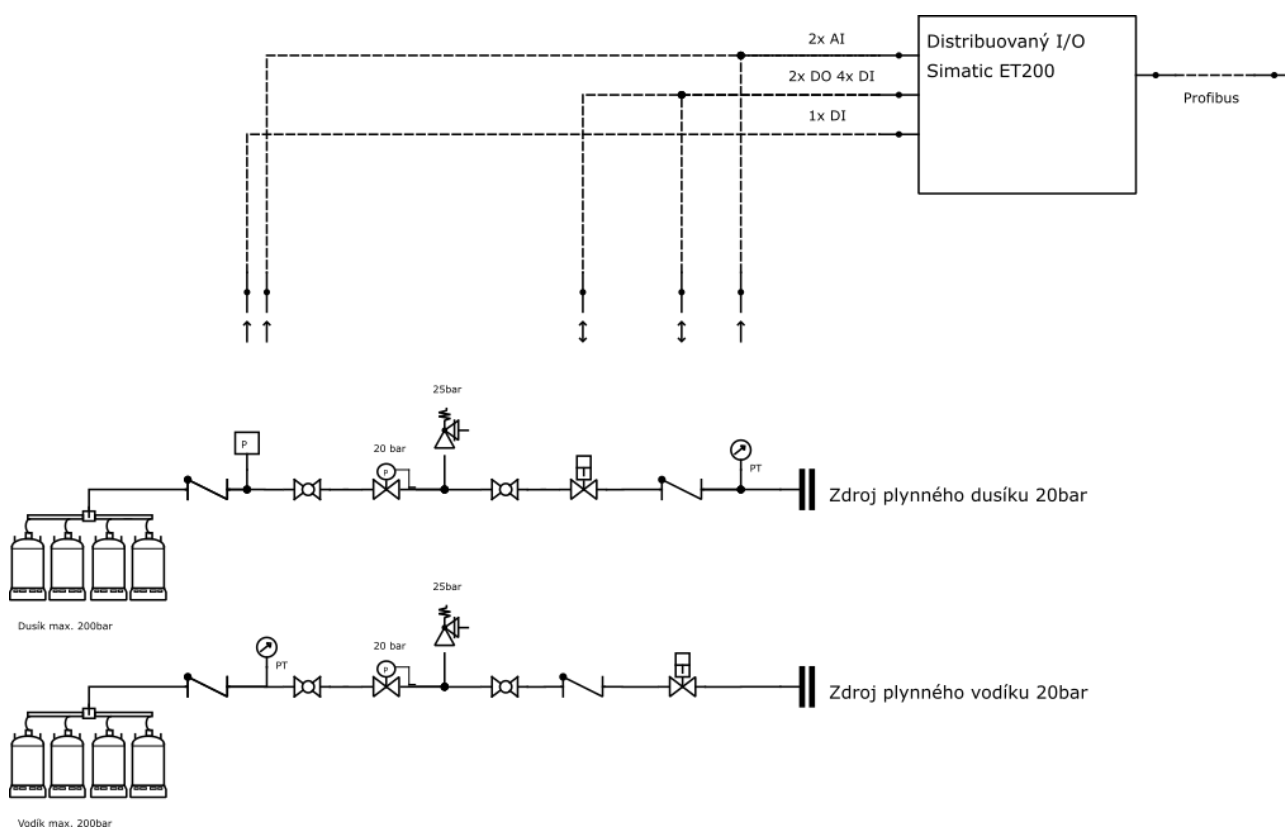
Tento modul plní funkci vodíkové nádrže modelovaného vozidla. Rovněž zajišťuje zdroj plynného dusíku pro účely proplachu, inertizace a uvedení technologie do bezpečného stavu před započítím a po ukončení testů.

Sestává z tlakových lahví se stlačeným vodíkem a dusíkem, regulačních a bezpečnostních armatur, uzavírací a vypouštěcí armatury a příslušných prvků měření tlaku dodávaných plynů.

Pro realizaci funkčního vzorku byly využity stávající části technologické zásoby plynů laboratoře vodíkových technologií CEETe VŠB-TUO.

Ovládání uzavíracích armatur a sběr procesních stavů a veličin jsou zajištěny prostřednictvím řídicího systému s návazností na SCADA aplikaci.

OBRÁZEK 2: PID SCHÉMA MODULU ZDROJE PLYNŮ



OBRÁZEK 3: SVAZKY TLAKOVÝCH LAHVÍ, PŘIPOJOVACÍ PANELE



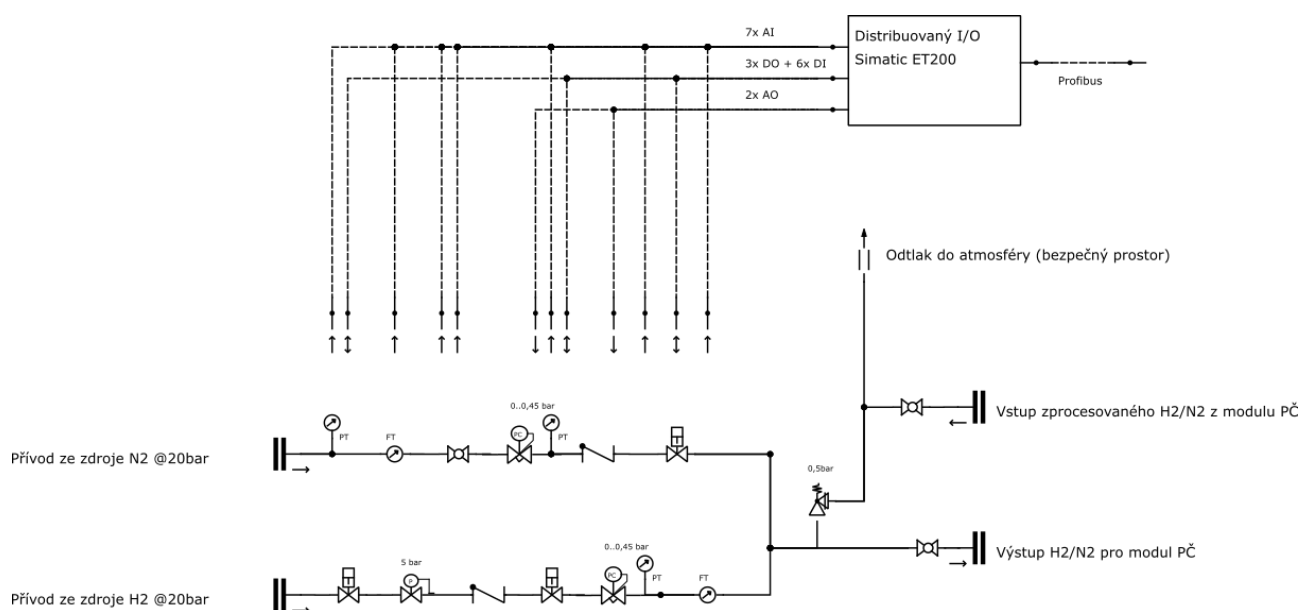
4.2.2 Modul plynových panelů

Tento modul plní funkci plynové technologie modelovaného vozidla. Zajišťuje funkce potenciálně dynamické úpravy tlakových úrovní plynů, měření průběžných hodnot průtoků a tlaků, konfiguraci režimu testovacího provozu a inertizace. Rovněž zajišťuje funkce související s odvodem použitých procesních plynů do bezpečného prostoru.

Pro realizaci funkčního vzorku byly využity relevantní části technologie laboratoře vodíkových technologií CEETe VŠB-TUO.

Ovládání uzavíracích a regulačních armatur a sběr procesních stavů a veličin jsou zajištěny prostřednictvím řídicího systému s návazností na SCADA aplikaci.

OBRÁZEK 4: PID MODULU PLYNOVÝCH PANELŮ



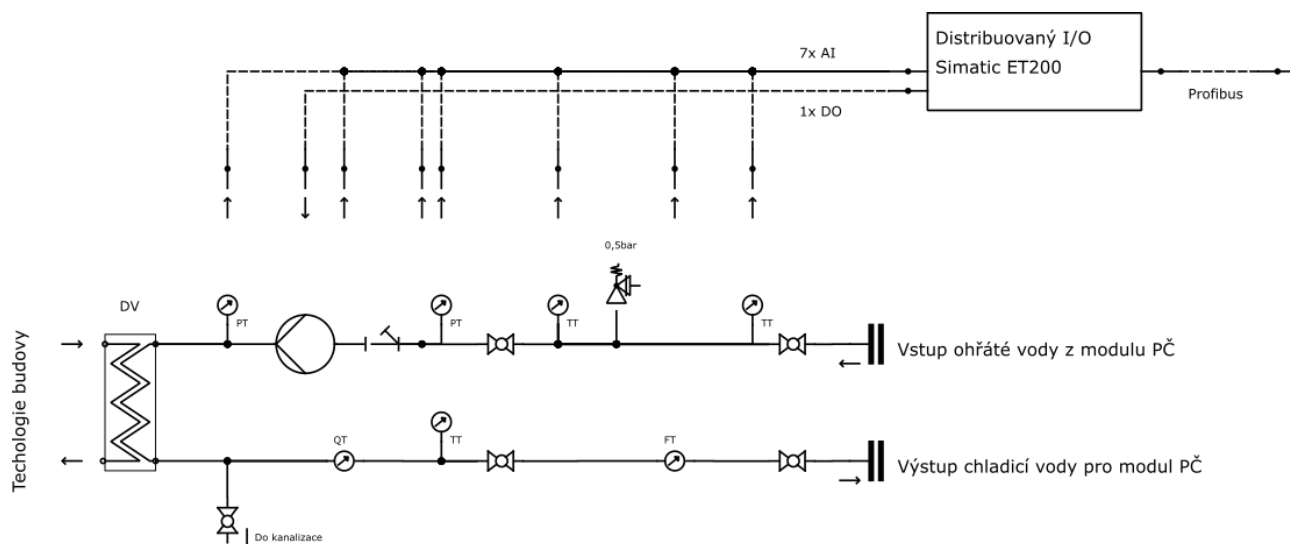
OBRÁZEK 5: VSTUPNÍ PLYNOVÝ PANEL A PLYNOVÝ PANEL PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

4.2.3 Modul vodního chlazení

Modul vodního chlazení palivového článku zajišťuje udržování pracovní teploty palivového článku v nastavených mezích. Využívá samostatného okruhu procesní demineralizované vody vybaveného oběhovým čerpadlem, filtrem, bezpečnostní armaturou, uzavírací a vypouštěcí armaturou a příslušnými prvky měření teplot, průtoku a tlaku chladicí vody. Odvod tepla z okruhu chlazení je zprostředkován deskovým výměníkem, který zajišťuje odvod tohoto tepla do rekuperačních okruhů budovy CEETe VŠB-TUO.

Pro realizaci funkčního vzorku byly využity relevantní části technologie laboratoře vodíkových technologií CEETe VŠB-TUO.

Ovládání uzavíracích a regulačních armatur a sběr procesních stavů a veličin jsou zajištěny prostřednictvím řídicího systému s návazností na SCADA aplikaci.

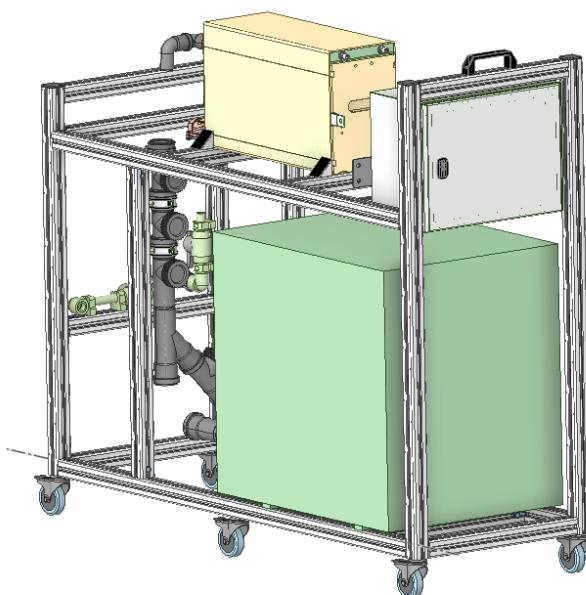
OBRÁZEK 6: PID MODULU VODNÍHO CHLAZENÍ

OBRÁZEK 7: OKRUH CHLAZENÍ PALIVOVÉHO ČLÁNKU

4.2.4 Modul reakčního vzduchu a montážní platforma pro umístění testovaného palivového článku

Tento modul je z praktických důvodů koncipován jako modifikovatelná mobilní platforma v provedení vozíku vyrobeného z průmyslových konstrukčních hliníkových profilů, v jehož spodní části je instalována technologie pro dodávku procesního vzduchu pro testovaný palivový článek, zatímco horní rám umožňuje konfigurovatelné rozmístění příček, vzpěr a kotvicích prvků tak, aby bylo pro účely testování možno osadit různé typy palivových článků.

Součástí vozíku jsou kotvicí body pro upevnění přírodních hadic plynů, okruhu chladicí vody a kabeláže vyvedení elektrického výkonu testovaného palivového článku.

OBRÁZEK 8: NÁVRH UNIVERZÁLNÍ MONTÁŽNÍ PLATFORMY PRO TESTOVANÝ PALIVOVÝ ČLÁNEK S INTEGROVÁNÝM OKRUHEM REAKČNÍHO VZDUCHU

Okruh dodávky reakčního vzduchu je realizován dmychadlem Kubíček 3D19S-050K ES. Řízení množství dodávaného procesního vzduchu, které je nutné pro zajištění stochiometrických poměrů v testovaném palivovém článku, je zajištěno řízením otáček dmychadla prostřednictvím frekvenčního měniče Invertek ODV-3-240058 3F12-MN.

TABULKA 1: PARAMETRY POUŽITÉHO DMYCHADLA PROCESNÍHO VZDUCHU

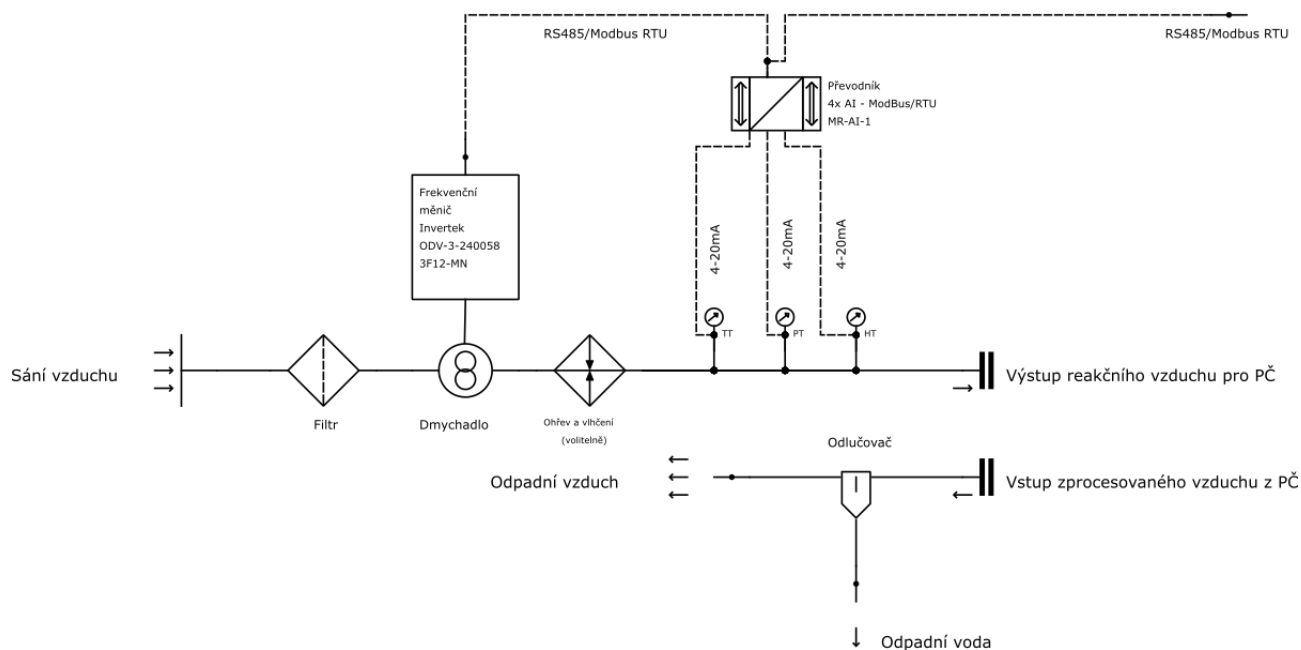
Parametr	Hodnoty
Typ	Rootsovo dmychadlo
Průtok vzduchu	0,65 až 1,11 m ³ /min
Otáčky dmychadla	2215 až 3357 otáček/min
Elektrický příkon	0,8 až 1,31 kW
Hmotnost	123 kg

TABULKA 2: PARAMETRY MĚNIČE

Parametr	Hodnoty
Napájení	380-480 VAC, 3f
Max. výkon	2,2 kW
Výstupní napětí	0 – vstupní napětí
Výstupní proud	0 – 5,8 A
Integrace s ŘS	RS485, ModBus/RTU

Okruh dodávky vzduchu je vybaven volitelně vřazeným modulem přehřevu a zvlhčování procesního vzduchu. Rovněž je zajištěno průběžné měření teploty, tlaku a relativní vlhkosti dodávaného vzduchu. Řízení a monitoring frekvenčního měniče, stejně tak jako sběr procesních veličin jsou zajištěny prostřednictvím řídicího systému s návazností na SCADA aplikaci. Vozík je vybaven přípojkami průmyslových sběrnic ModBus/RTU a CANbus s napojením na řídicí a monitorovací systémy.

OBRÁZEK 9: PID OKRUHU DODÁVKY REAKČNÍHO VZDUCHU

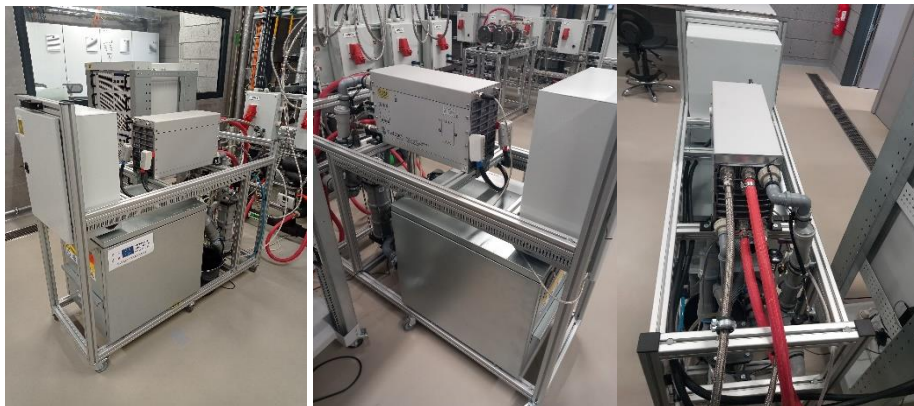


Pro testování funkčního vzorku byl osazen palivový článek typu PEM společnosti Nedstack (FCS 8-XXL) s následujícími parametry:

TABULKA 3: PARAMETRY PALIVOVÉHO ČLÁNKU NEDSTACK FCS 8-XXL

Parametr	Hodnoty
Výstupní výkon	8 kW
Napěťový rozsah	35 až 62 V DC
Proudový rozsah	0 až 230 A DC
Pracovní teplota chladiva	65 °C
Maximální tepelný výkon	14 kW
Tlak chladiva	méně než 0.45 barg
Tlak vodíku	0,15 až 0,3 barg
Maxi. spotřeba vodíku	102 NI/min
Tlak procesního vzduchu	0,05 až 0,2 barg
Max. průtok vzduchu	488 NI/min
Relativní vlhkost vzduchu	80 % při pracovní teplotě

OBRÁZEK 10: MOBILNÍ PLATFORMA S OSAZENÝM TESTOVANÝM PALIVOVÝM ČLÁNEM A OKRUHEM DODÁVKY REAKČNÍHO VZDUCHU

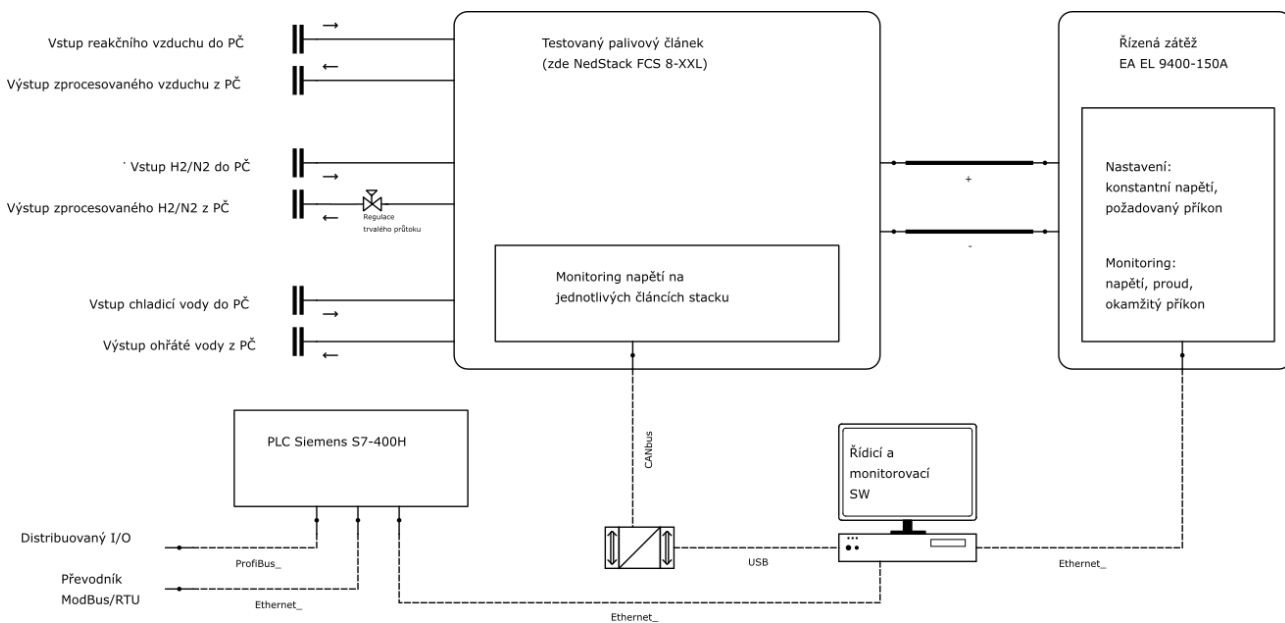


4.2.5 Řídicí systém podpůrných technologií a monitoring vlastního palivového článku

Řídicí systém je postaven na architektuře PLC Siemens Simatic S7-400H s distribuovanými vstupy a výstupy ET200S/ET200SP a dále pak rozhraními průmyslových sběrnic ModBus/RTU a CAN bus. Toto provedení umožňuje flexibilní ovládání, řízení a parametrizaci technologie, stejně tak jako sběr veškerých relevantních procesních veličin.

Datová výměna mezi řídicím systémem a vizualizační nadstavbou – aplikací SCADA probíhá protokolem Simatic S7.

OBRÁZEK 11: SCHÉMA NAPOJENÍ TESTOVANÉHO PALIVOVÉHO ČLÁNKU NA TECHNOLOGII A ŘÍDICÍ SYSTÉM



OBRÁZEK 12: ŘÍDICÍ PLC A MONITOROVACÍ SERVER, DISTRIBUOVANÝ VSTUPOVÝSTUP S NÁVAZNOU ELEKTROINSTALACÍ A PŘEVODNÍKEM SBĚRNICE



4.2.6 Modul emulace odběru pohonné jednotky

Tento modul zajišťuje zatěžování palivového článku v režimech a konfiguracích analogických provozu vozidla na vodíkový pohon. Sestává z dvojice jednotek laboratorní řízené zátěže umožňující dynamickou změnu parametrů prostřednictvím řízení po datové komunikační sběrnici a návazného softwarového interface umožňujícího parametrizovat zátěž palivového článku podle výstupů zvoleného matematického modelu pohonné jednotky vozidla v průběhu modelované jízdy / provozu.

V realizaci funkčního vzorku je použita spřažená dvojice stávajících laboratorních řízených DC zátěží Elektro-Automatik EA-EL 9400-150A s následujícími parametry:

TABULKA 4: PARAMETRY ŘÍZENÉ ZÁTĚŽE EA-EL 9400-150A

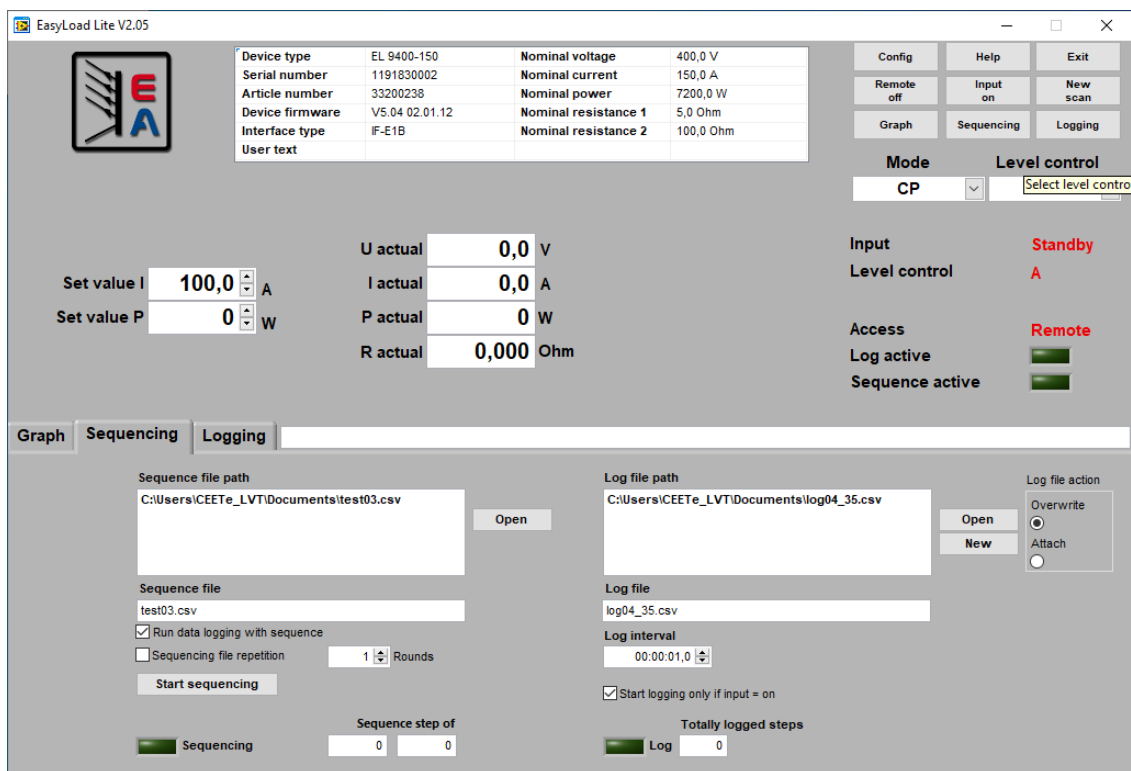
Parametr	Hodnoty
Maximální napětí	400 V DC
Maximální proud	150 A DC
Maximální výkon	7,2 kW

OBRÁZEK 13: SESTAVA SPŘAŽENÝCH ŘÍZENÝCH DC ZÁTĚŽÍ EA-EL 9400-150A



K parametrizaci a dynamickému nastavování zátěže podle výstupů matematického modelu je využita aplikace EasyLoad Lite v2.05 firmy Elektro-Automatik vytvořená v SW platformě LabView firmy National Instruments s vestavěnou funkcí časového sekvencování a logování aktuálních hodnot veličin.

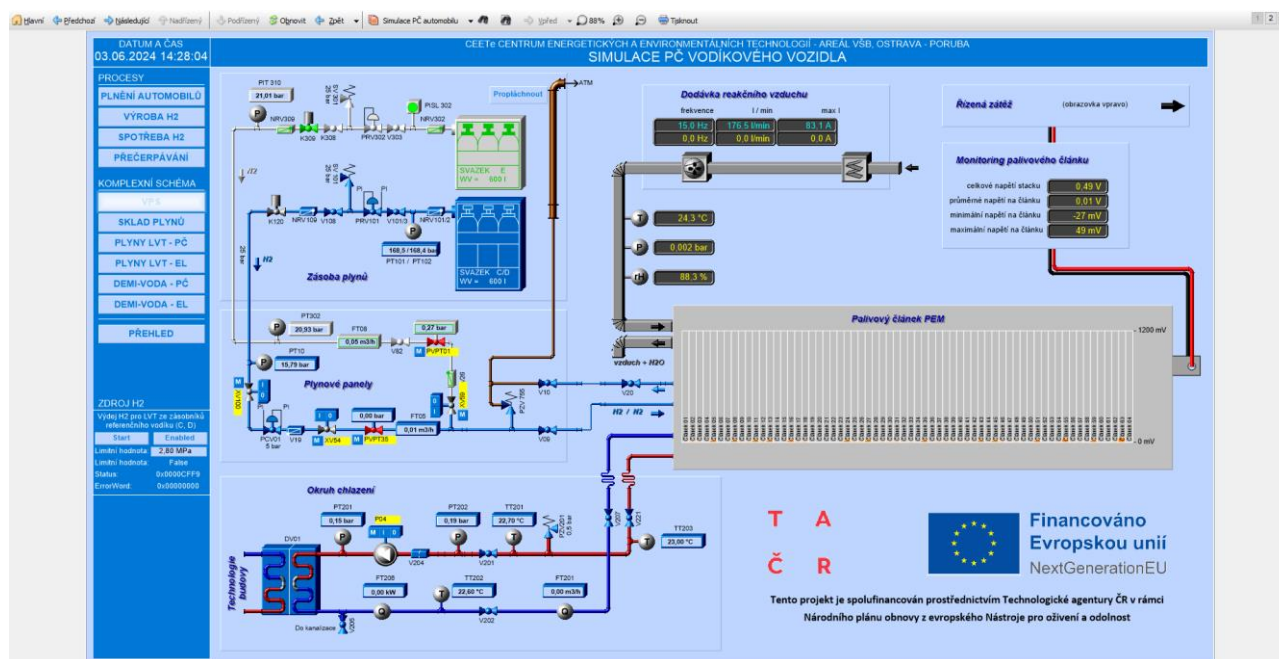
OBRÁZEK 14: SNÍMEK OBRAZOVKY OVLÁDACÍHO SW ŘÍZENÉ ZÁTĚŽE



4.2.7 Monitorovací a parametrizační SW (SCADA aplikace)

Vizualizační nastavbu systému reprezentuje SCADA aplikace na platformě systému ProCop 3.8 firmy Alfa Mikrosystémy s.r.o. Tato aplikace umožňuje ovládání, nastavování parametrů a sběr technologických dat. Rovněž zajišťuje práci s historickými trendy veličin a jejich export pro následnou analýzu v návazných SW nástrojích (např. MATLAB firmy MathWorks).

OBRÁZEK 15: SNÍMEK VIZUALIZAČNÍ OBRAZOVKY SCADA APLIKACE



4.2.8 SW model pohonné jednotky vozidla

Základem tohoto modulu je SW model pro výpočet spotřeby automobilu s pohonem realizovaným elektromotorem na základě fyzikálních vlivů, jako jsou například hmotnost vozidla, aerodynamika, topografie trasy a další faktory. Tento SW umožňuje modelovat, jaké účinky mají jednotlivé faktory na spotřebu v dané jízdě a jaký je průběh spotřeby energetické energie pohonnou jednotkou vozidla v průběhu takto modelované jízdy.

Z hlediska spotřeby elektrické energie pohonnou jednotkou vozidla je vozidlo s vodíkovým palivovým článkem principiálně ekvivalentní elektromobilu, z tohoto důvodu bylo pro získání dat pro ověření správnosti výpočetního modelu zvoleno vozidlo – elektromobil – Nissan Leaf první generace s 30 kWh baterií z roku 2017. Vůz byl zvolen z důvodu, že obsahuje jízdní režimy s rekuperací, ale také bez ní, navíc je baterie chlazená pouze vzduchem, tedy většinu spotřebované energie konzumuje samotný elektromotor s výkonem 80 kW. Data pro experimentální ověření správnosti modelu byla získána pomocí aplikace pro mobilní telefon a SW pro komunikaci s řídicí jednotkou vozidla.

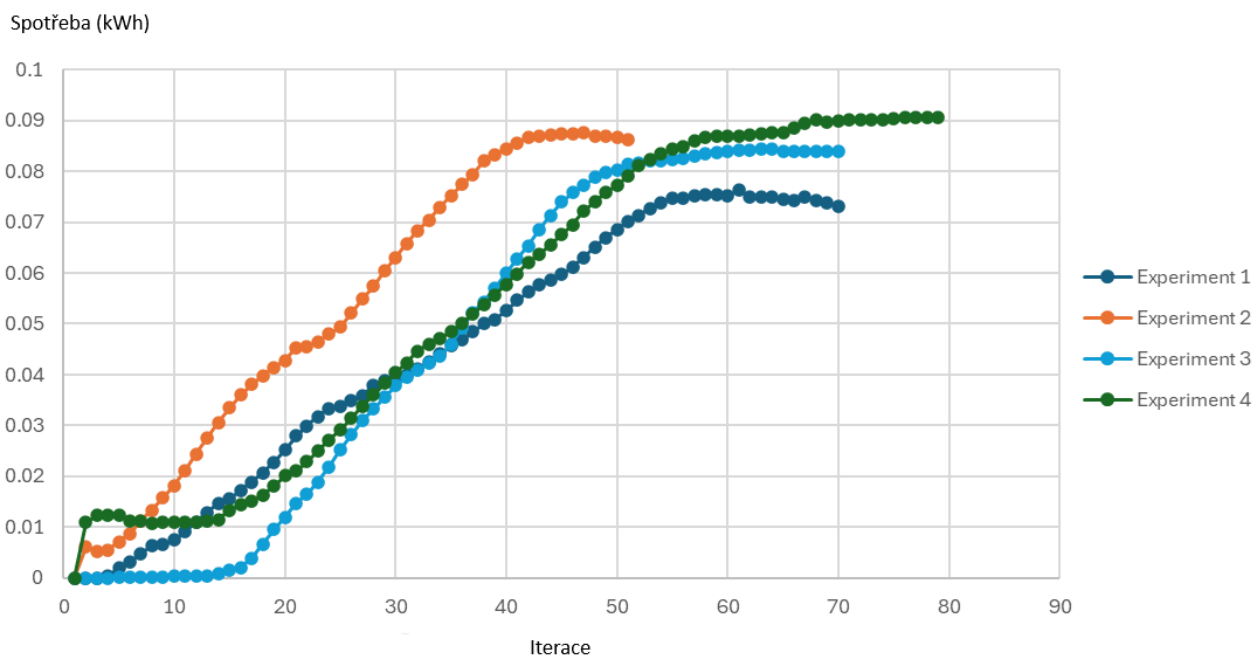
TABULKA 5: UKÁZKA DAT Z ŘÍDICÍ JEDNOTKY A APLIKACE LEAF SPY PRO

Datum a čas	Zeměp. šířka	Zeměp. délka	Nadm. výška [m]	Rychlost [km/h]	Příkon motoru [W]
26.03.2024 11:51	49 50.05722	18 9.57782	293	9.1	0
26.03.2024 11:51	49 50.05722	18 9.57782	293	9.1	4240
26.03.2024 11:51	49 50.05141	18 9.57292	333	24.4	9200
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	5560
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	4800
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	2320
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	0
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	8480
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	7320
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	0
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	0
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	16520
26.03.2024 11:51	49 50.05207	18 9.57042	310	25	0
26.03.2024 11:51	49 50.07868	18 9.60171	310	0	0
26.03.2024 11:51	49 50.07912	18 9.59003	322	0	1280
26.03.2024 11:52	49 50.07926	18 9.57455	317	0	1280

Výstupem SW modelu je časový průběh spotřeby energické energie pohonnou jednotkou vozidla v průběhu modelované jízdy, přepočtený do výkonového rozsahu testovaného palivového článku.

Pro vlastní testování funkčního vzorku byla využita jak výstupní data výpočetního modelu, tak i data získaná experimentálními testy reálného vozidla.

OBRÁZEK 16: SIMULOVANÁ SPOTŘEBA V EXPERIMENTECH



5 Způsob využití

Představené zařízení je využitelné pro simulace provozu palivového článku, podrobnější popis je uveden v předchozích částech dokumentu. Zařízení umožňuje testy provozních parametrů palivových článků, včetně degradačních procesů a stress testů. Díky těmto vlastnostem umožní velmi rychle, efektivně a při nízkých nákladech testovat a sledovat vybrané parametry palivových článků.

6 Souhrn informací pro komerční potenciál

VLASTNICTVÍ VÝSLEDKU

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava 100%

PODÍL PŮVODCŮ NA TVORBĚ VÝSLEDKU

Ing. Pavel Kedroň, Ph.D.	20%
Ing. Filip Krupa	20%
doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.	20%
Ing. David Seidl, Ph.D.	20%
Bc. Tomáš Kapusňák	20%

SMLOUVA O VYUŽITÍ VÝSLEDKU

ne

SMLUVNÍ OMEZENÍ VYUŽITÍ VÝSLEDKU

není

IDENTIFIKUJTE MOŽNÉ OMEZENÉ NAKLÁDÁNÍ S VÝSLEDKEM

není

MOŽNOST VÝROBY/POUŽITÍ

Výroba výstupu je závislá na externích dodavatelích

JAKÉ NÁKLADY BYLY VYNALOŽENY NA DOSAŽENÍ VÝSLEDKU

Cca 1,9 mil. Kč

NÁVRH OCHRANY

ne



NAVAZUJÍCÍ ČINNOSTI

Výsledek je dokončen.

IMPLEMENTAČNÍ PLÁN

Tento výstup bude součástí implementačního plánu vyššího logického celku.



7 Seznam příloh

7.1 Protokol o testování funkčního vzorku

- Tištěná příloha
- Datový nosič: Dokument *Protokol o testování funkčního vzorku.docx*

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma struktury modulární sestavy	6
Obrázek 2: PID schéma modulu zdroje plynů	7
Obrázek 3: Svazky tlakových lahví, připojovací panely	8
Obrázek 4: PID modulu plynových panelů	8
Obrázek 5: Vstupní plynový panel a plynový panel palivových článků	9
Obrázek 6: PID modulu vodního chlazení	9
Obrázek 7: Okruh chlazení palivového článku	10
Obrázek 8: Návrh univerzální montážní platformy pro testovaný palivový článek s integrovaným okruhem reakčního vzduchu	10
Obrázek 9: PID okruhu dodávky reakčního vzduchu	12
Obrázek 10: Mobilní platforma s osazeným testovaným palivovým článkem a okruhem dodávky reakčního vzduchu	13
Obrázek 11: Schéma napojení testovaného palivového článku na technologii a řídicí systém	13
Obrázek 12: Řídicí PLC a monitorovací server, distribuovaný vstupovýstup s návaznou elektroinstalací a převodníkem sběrnice	14
Obrázek 13: Sestava spřažených řízených DC zátěží EA-EL 9400-150A	14
Obrázek 14: Snímek obrazovky ovládacího SW řízené zátěže	15
Obrázek 15: Snímek vizualizační obrazovky SCADA aplikace	16
Obrázek 16: Simulovaná spotřeba v experimentech	17



9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry použitého dmyhadla procesního vzduchu	11
Tabulka 2: Parametry měniče	11
Tabulka 3: Parametry palivového článku Nedstack FCS 8-XXL	12
Tabulka 4: Parametry řízení zátěže EA-EL 9400-150A	14
Tabulka 5: Ukázka dat z řídicí jednotky a aplikace Leaf Spy Pro	17



Příloha č.1

Protokol o testování funkčního vzorku



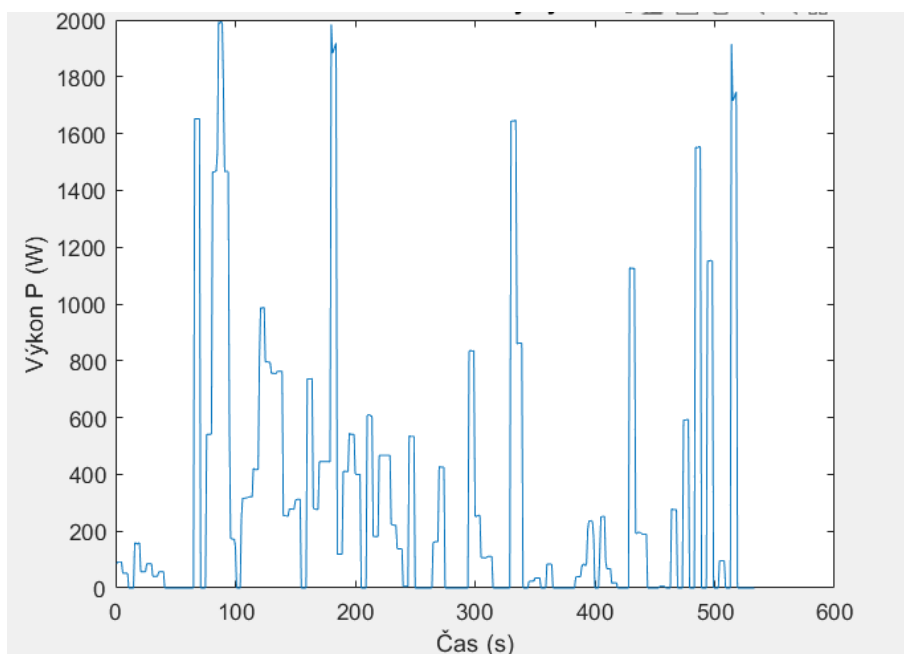
1 Popis testování

Testování funkčního vzorku probíhalo formou simulace jízdy elektrického vozidla s palivovým článkem. Z dat obsahujících údaje o jízdě vozidla po zvolené trase byl získán údaj o okamžitém dodávaném elektrickém výkonu potřebném pro pohyb vozidla. Tento průběh aktuálního žádaného výkonu byl poté využit v modulu emulace odběru pohonné jednotky. Níže jsou zobrazeny výsledky tří vybraných testů. V prvním případě vodík proudí skrz palivový článek. Při druhém měření je výstup palivového článku na straně vodíku uzavřen. Pro třetí měření opět vodík proudí skrz palivový článek. Pro účely testování bylo provedeno škálování žádaného výkonu na 0-2000W. Hodnoty spotřeby vodíku a dodaného výkonu jsou následně přepočítány, aby odpovídaly pohonné jednotce automobilu o výkonu 80kW.

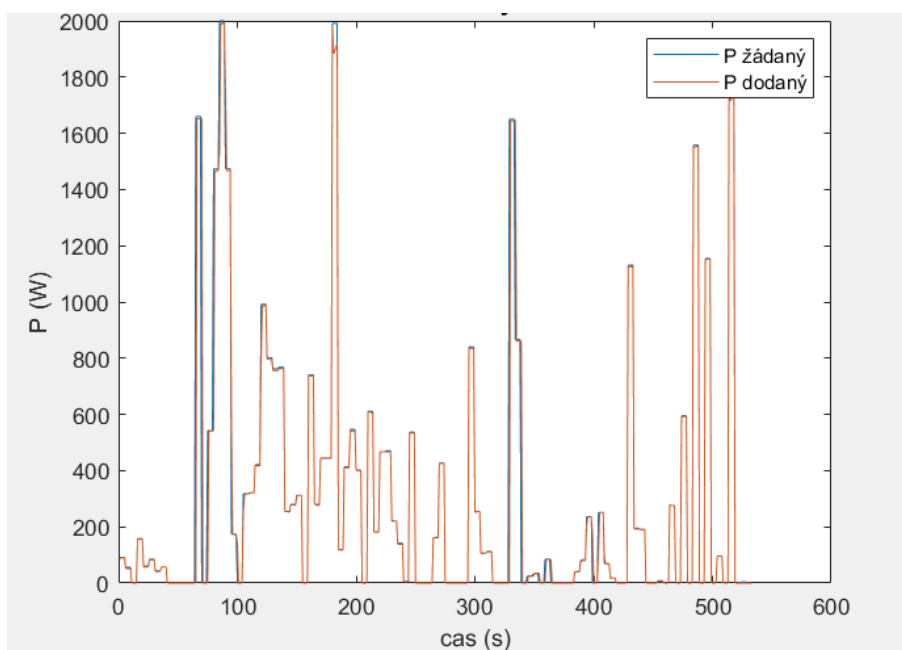
2 Výsledky prvního testu

Při testu číslo 1 byl dodán výkon 45,6 Wh a spotřebováno 2,4g vodíku. Po přepočtu na jednotku vozidla o nominálním výkonu 80kW toto odpovídá dodanému výkonu 3,65 kWh při spotřebě 188g vodíku.

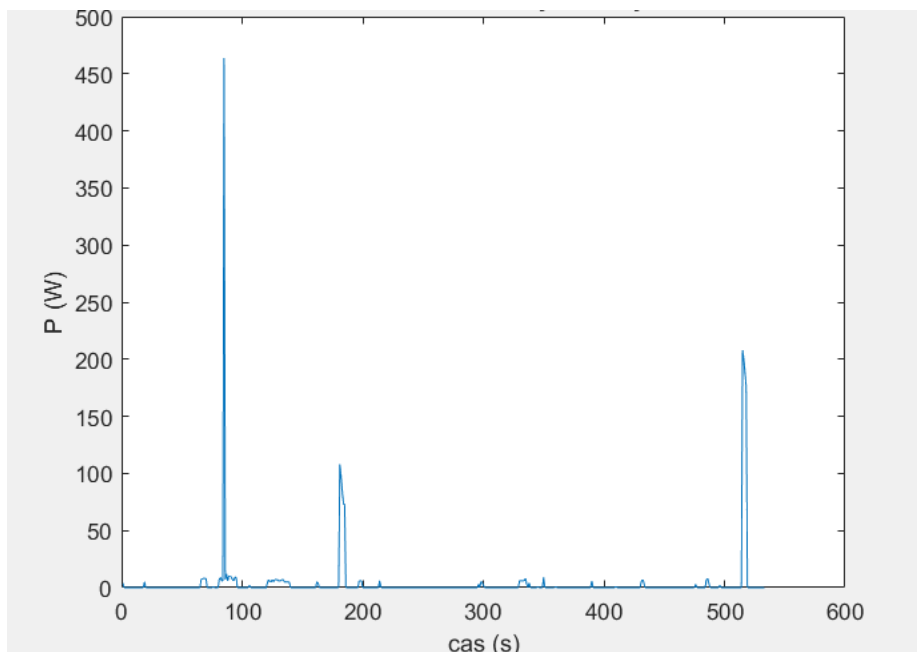
OBRÁZEK 1 GRAF AKTUÁLNÍHO VÝKONU DODANÉHO PALIVOVÝM ČLÁNEM V PRŮBĚHU TESTU ČÍSLO 1



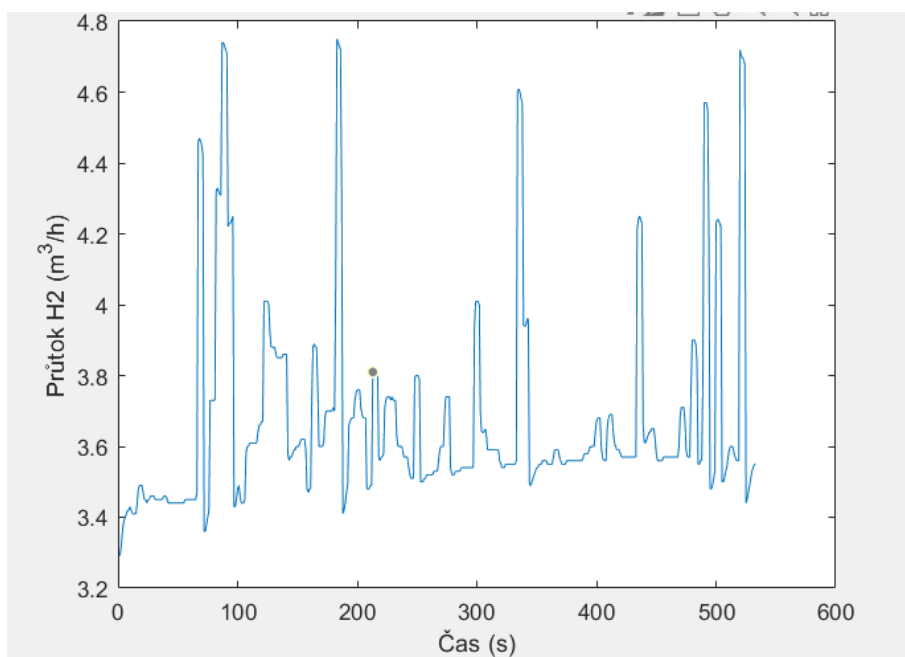
OBRÁZEK 2 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ POŽADOVANÝ A DODANÝ ELEKTRICKÝ VÝKON PŘI TESTU ČÍSLO 1



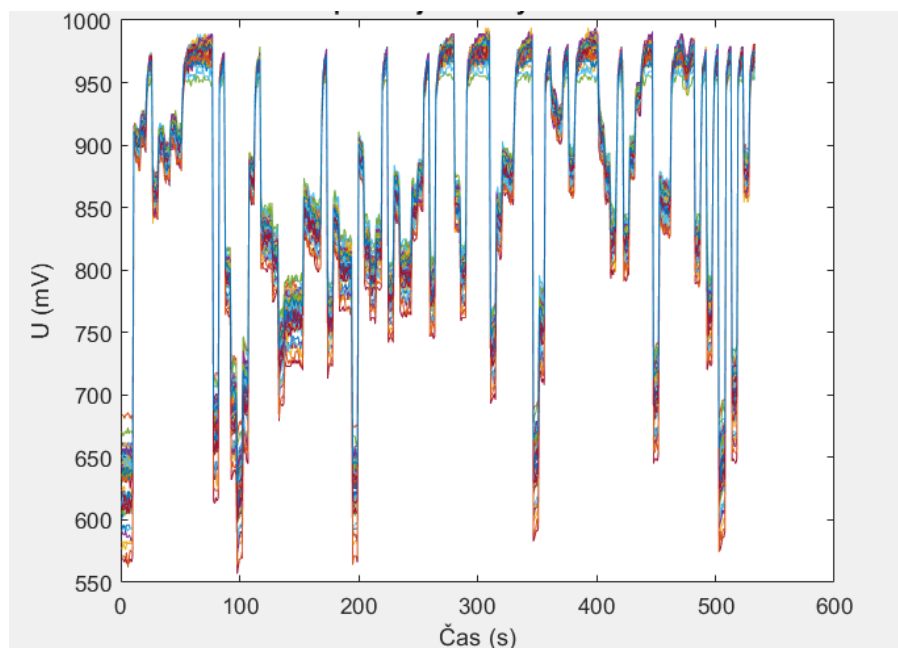
OBRÁZEK 3 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ ROZDÍL MEZI ŽÁDANÝM A DODANÝM VÝKONEM V TESTU ČÍSLO 1



OBRÁZEK 4 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ AKTUÁLNÍ PRŮTOK VODÍKU PŘI TESTU ČÍSLO 1



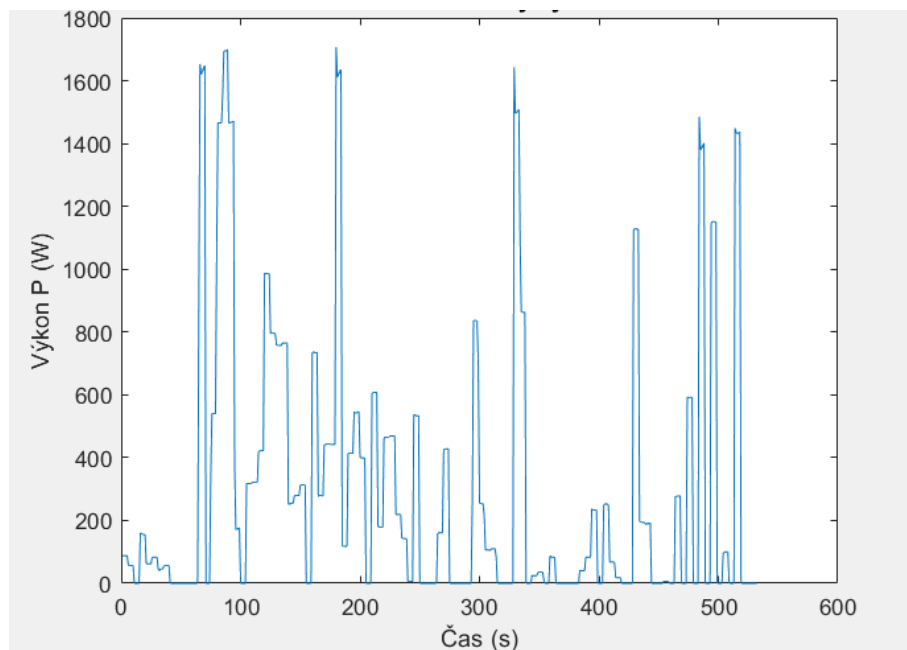
OBRÁZEK 5 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAPĚTÍ NA JEDNOTLIVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNCÍCH V PŘÍPADĚ TESTU ČÍSLO 1



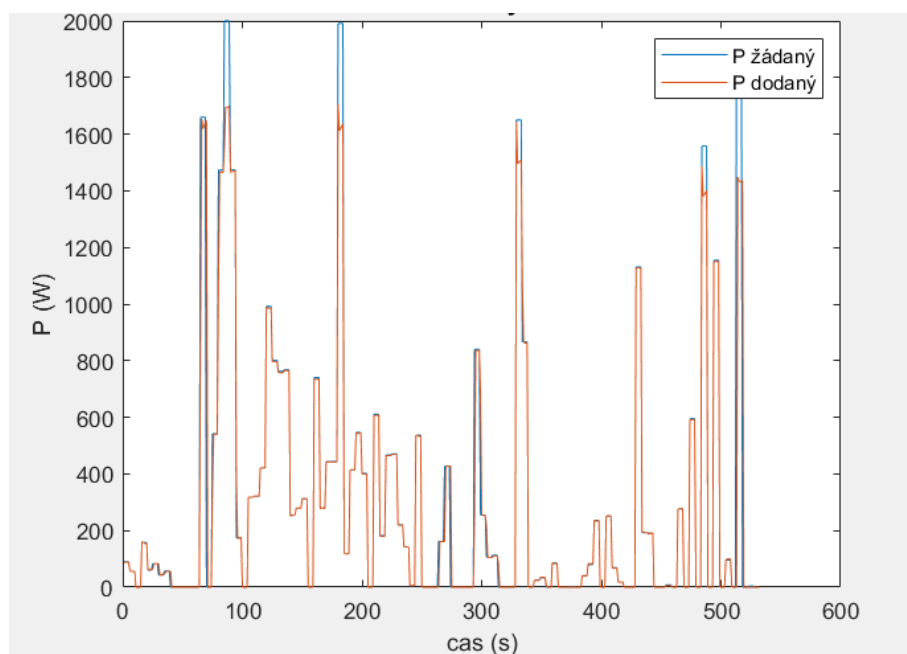
3 Výsledky druhého testu

Při testu číslo 2 byl dodán výkon 44,5 Wh a spotřebováno 2,1g vodíku. Po přepočtu na jednotku vozidla o nominálním výkonu 80kW toto odpovídá dodanému výkonu 3,56 kWh při spotřebě 172g vodíku.

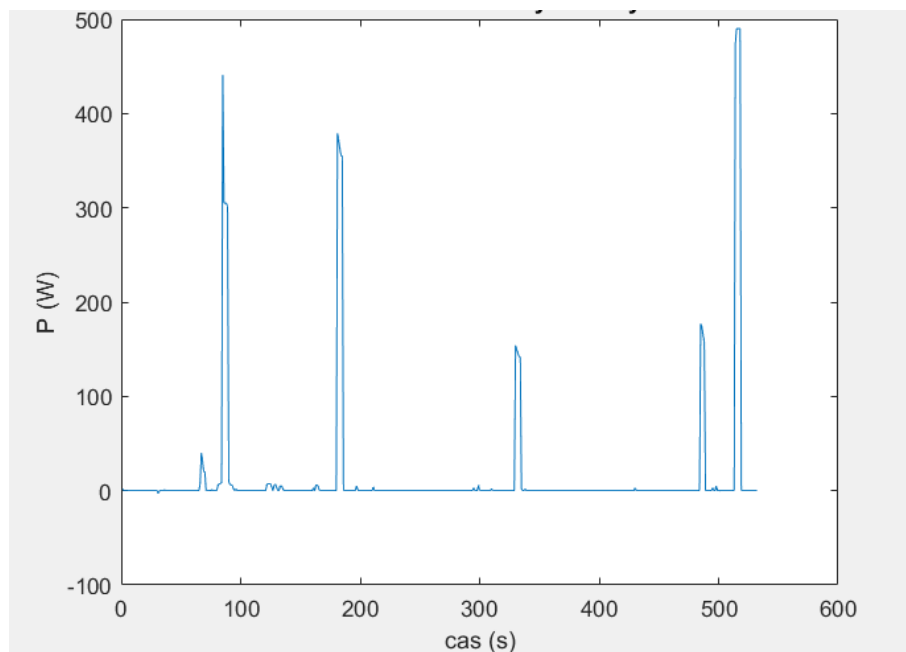
OBRÁZEK 6 GRAF AKTUÁLNÍHO VÝKONU DODANÉHO PALIVOVÝM ČLÁNEM V PRŮBĚHU TESTU ČÍSLO 2



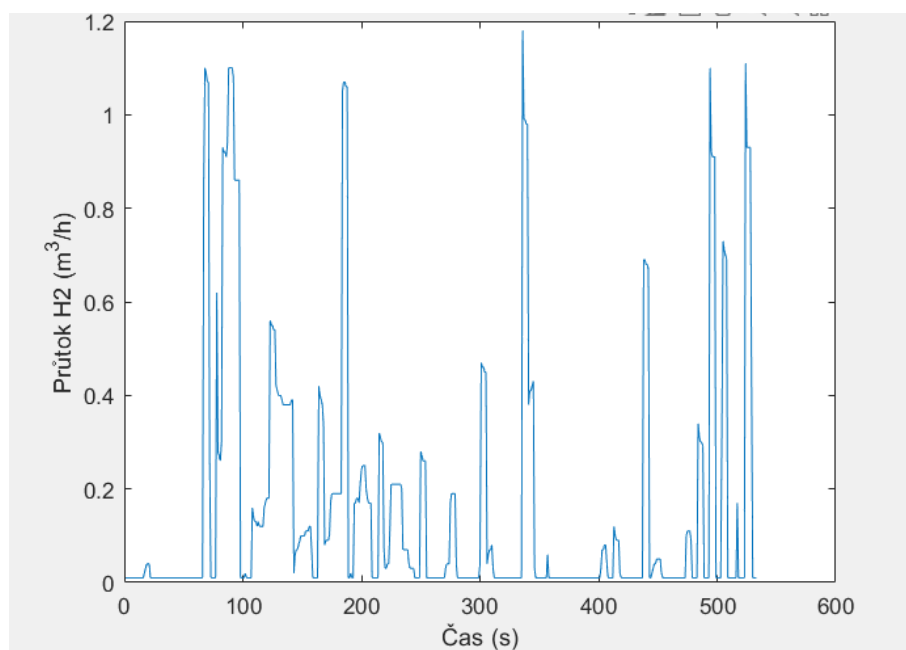
OBRÁZEK 7 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ POŽADOVANÝ A DODANÝ ELEKTRICKÝ VÝKON PŘI TESTU ČÍSLO 2



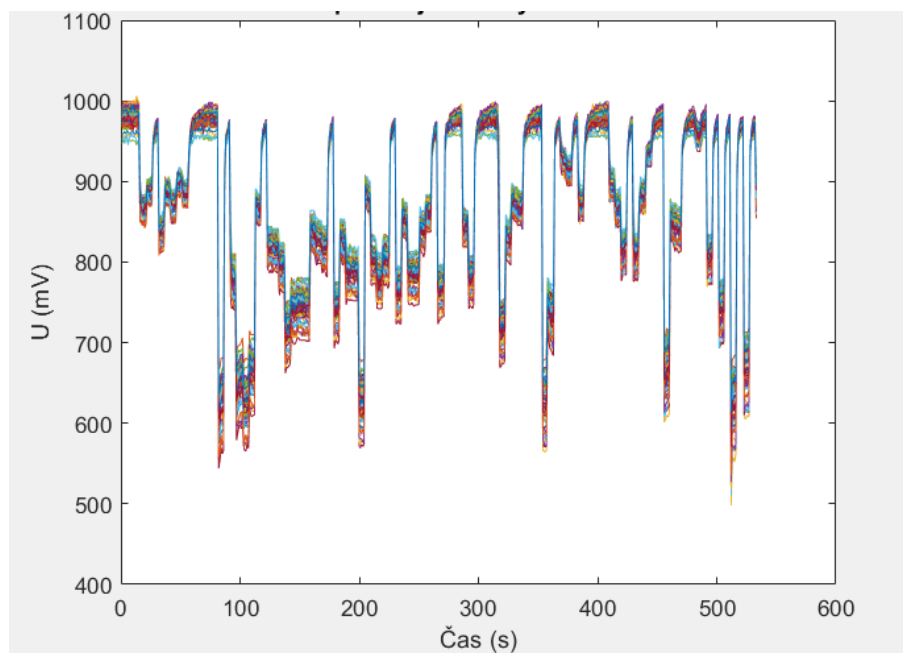
OBRÁZEK 8 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ ROZDÍL MEZI ŽÁDANÝM A DODANÝM VÝKONEM V TESTU ČÍSLO 2



OBRÁZEK 9 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ AKTUÁLNÍ PRŮTOK VODÍKU PŘI TESTU ČÍSLO 2



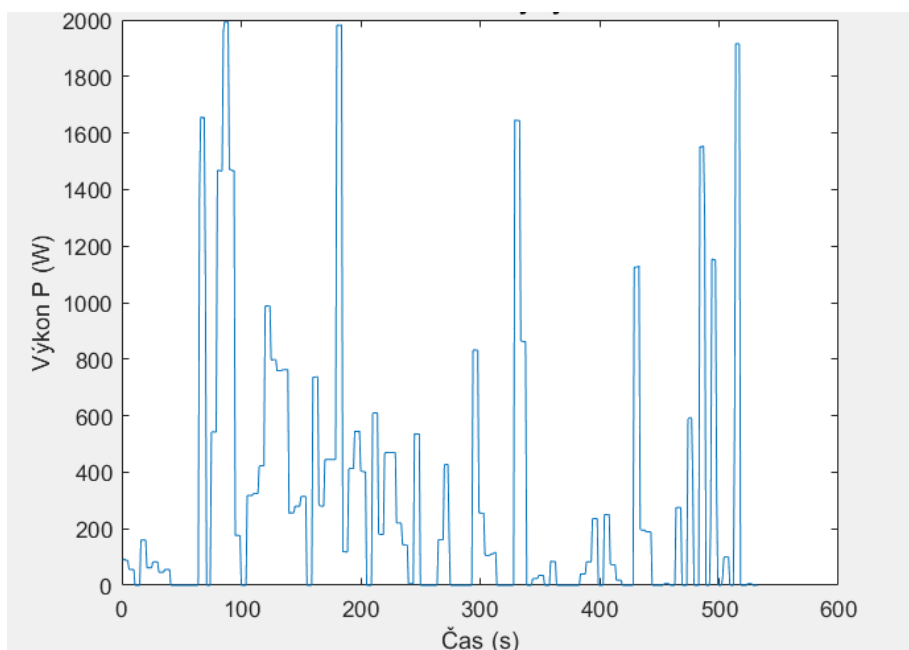
OBRÁZEK 10 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAPĚTÍ NA JEDNOTLIVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNCÍCH V PŘÍPADĚ TESTU ČÍSLO 2



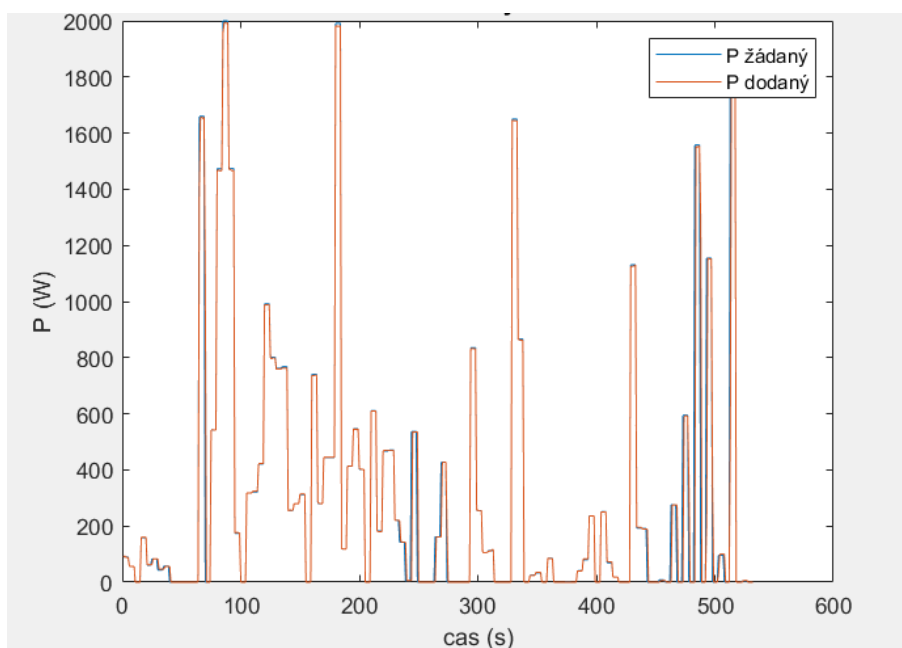
4 Výsledky třetího testu

Při testu číslo 3 byl dodán výkon 45, Wh a spotřebováno 2,3g vodíku. Po přepočtu na jednotku vozidla o nominálním výkonu 80kW toto odpovídá dodanému výkonu 3,67 kWh při spotřebě 187g vodíku.

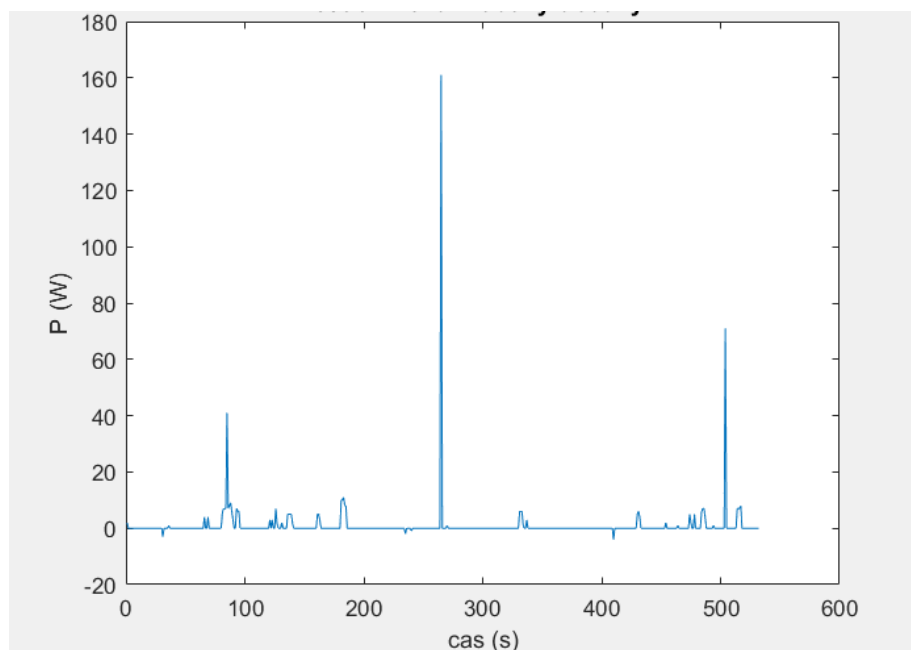
OBRÁZEK 11 GRAF AKTUÁLNÍHO VÝKONU DODANÉHO PALIVOVÝM ČLÁNEM V PRŮBĚHU TESTU ČÍSLO 3



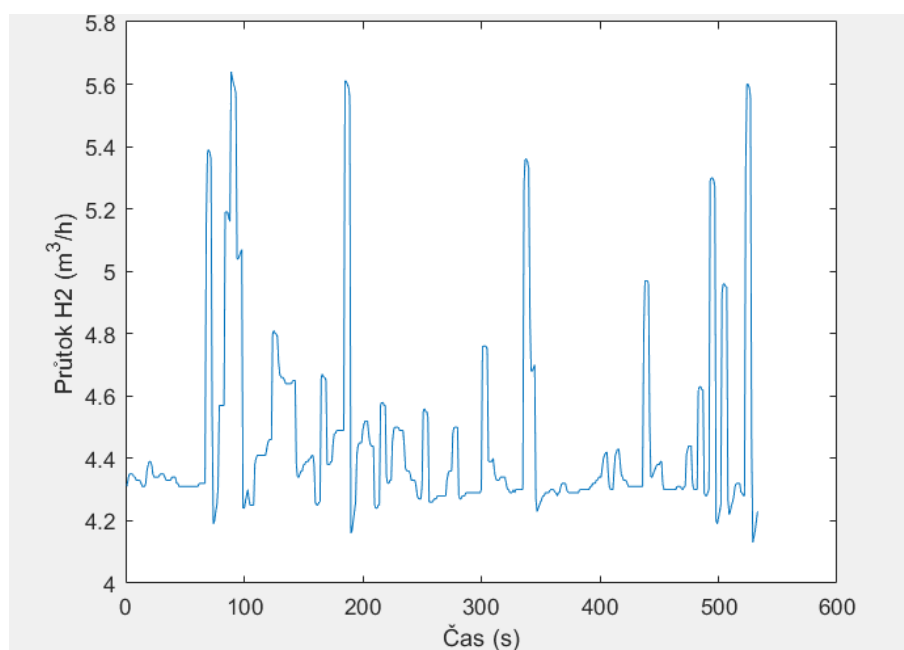
OBRÁZEK 12 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ POŽADOVANÝ A DODANÝ ELEKTRICKÝ VÝKON PŘI TESTU ČÍSLO 3



OBRÁZEK 13 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ ROZDÍL MEZI ŽÁDANÝM A DODANÝM VÝKONEM V TESTU ČÍSLO 3



OBRÁZEK 14 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ AKTUÁLNÍ PRŮTOK VODÍKU PŘI TESTU ČÍSLO 3



OBRÁZEK 15 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAPĚTÍ NA JEDNOTLIVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNCÍCH V PŘÍPADĚ TESTU ČÍSLO 3

