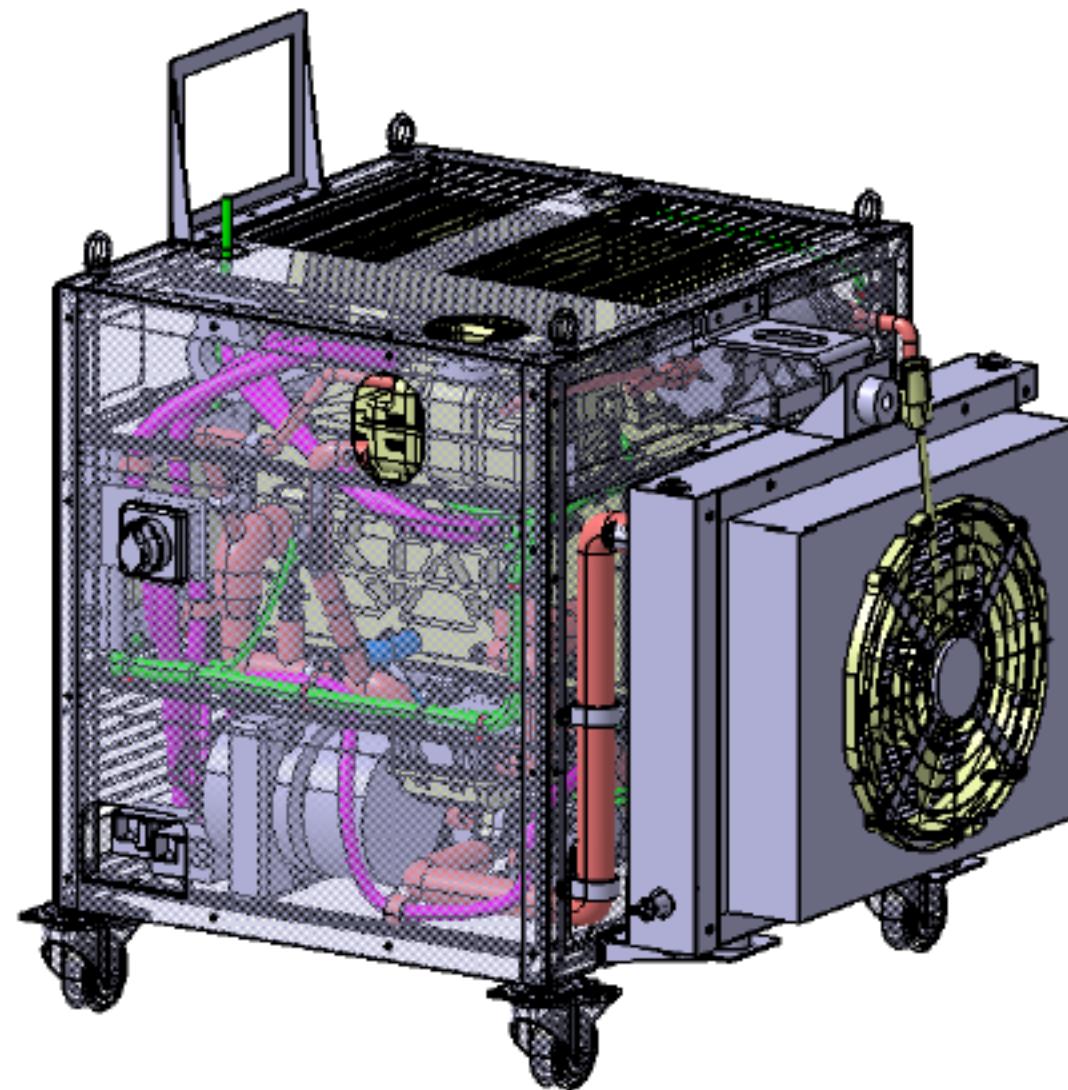
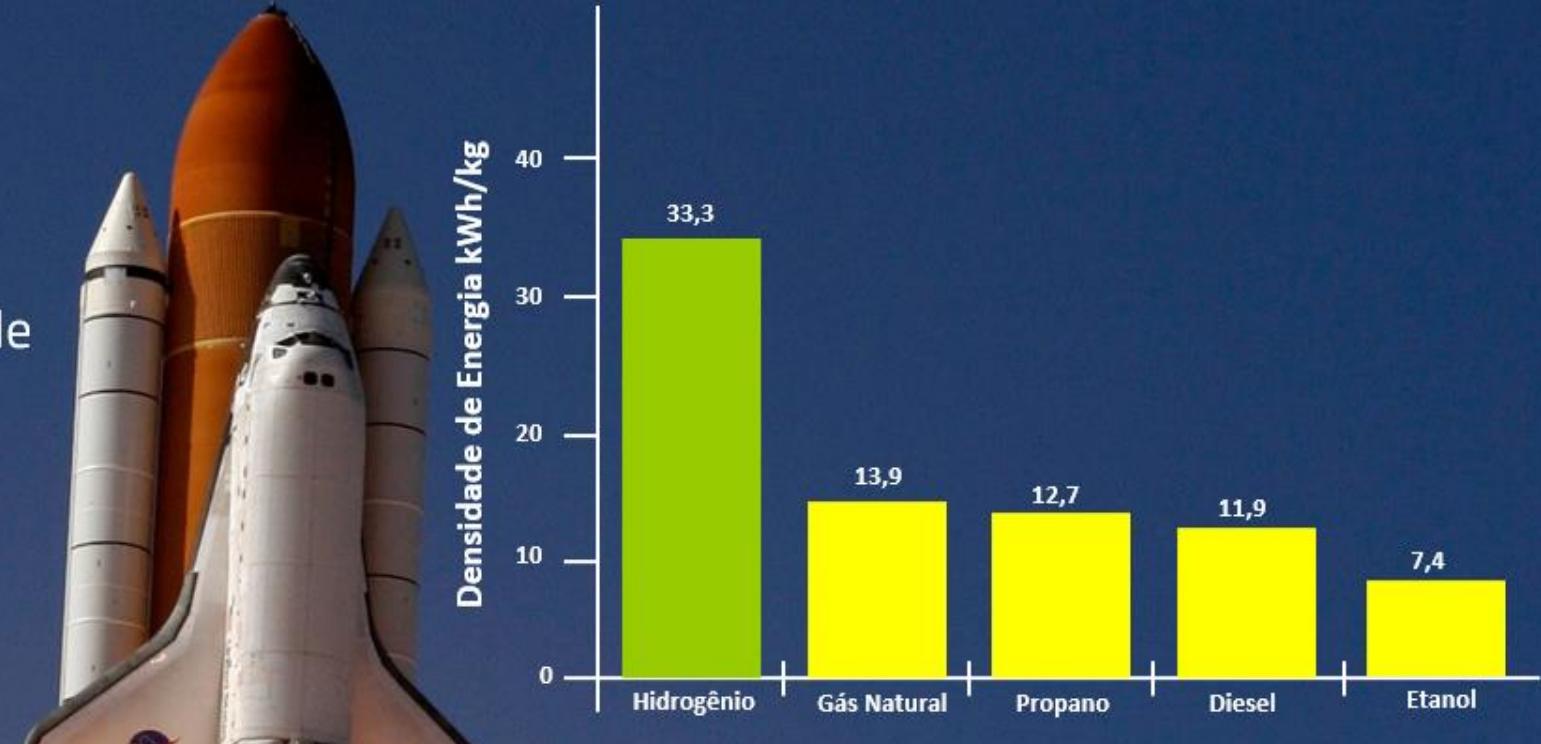


10kW Fuel Cell Indoor Cabinet HFC-P10



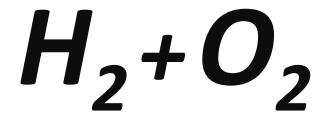
- Poderoso propulsor de foguete
- Combustível leve e com alta densidade de energia no estado líquido





Célula a Combustível

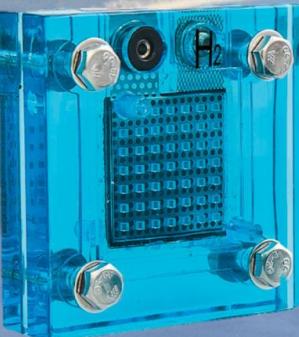
Célula a Combustível



Eletricidade + Água

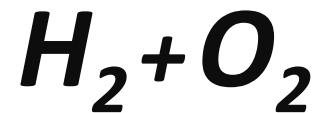


Tecnologias Similares



Eletrolisador

Eletricidade + Água





Tecnologias

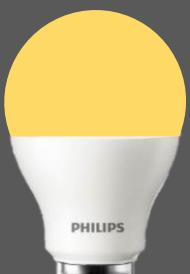
Se diferenciam de acordo com:

- Eletrólito
- Temperatura de Operação
- Reforma Interna ou Externa
- Sensibilidade ao CO, H₂S
- Tempo de partida
- Eficiência
- Dimensão
- Aplicação
- Catalisadores
- Potencial de Cogeração
- Maturidade Tecnológica

PRINCIPAIS TECNOLOGIAS

- **PEMFC - Proton Exchange Fuel Cell**
 - (baixa temperatura 80°C a 220°C, catalisadores nobres Pt, Ru, sensível CO e H₂S, reforma externa, partida rápida)
- **SOFC - Solide Oxide Fuel Cell**
 - (alta temperatura 600°C a 1000°C, catalisador níquel, sensível H₂S, reforma interna, partida lenta, cogeração de energia)

célula a combustível



1 Vcc



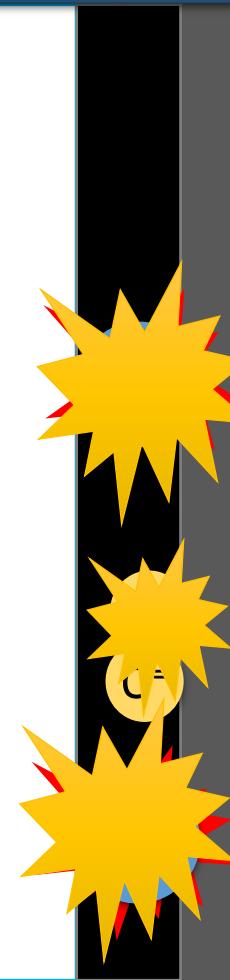
As células a combustível são dispositivos que convertem o hidrogênio em eletricidade, tendo como resíduo final a água, que no caso de nós astronautas, usamos para beber no espaço! Clique nos botões para compreender o funcionamento da célula a combustível!

Diferença de potencial em circuito aberto entre as cargas positivas e negativas

H³Dynamics

WWW.H3DYNAMICS.COM

membrana condutora de íons
(prótons)

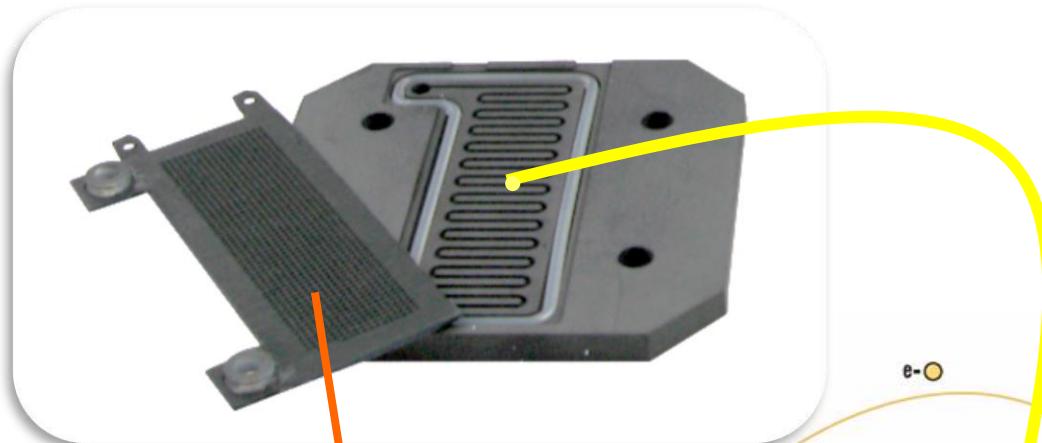


O₂

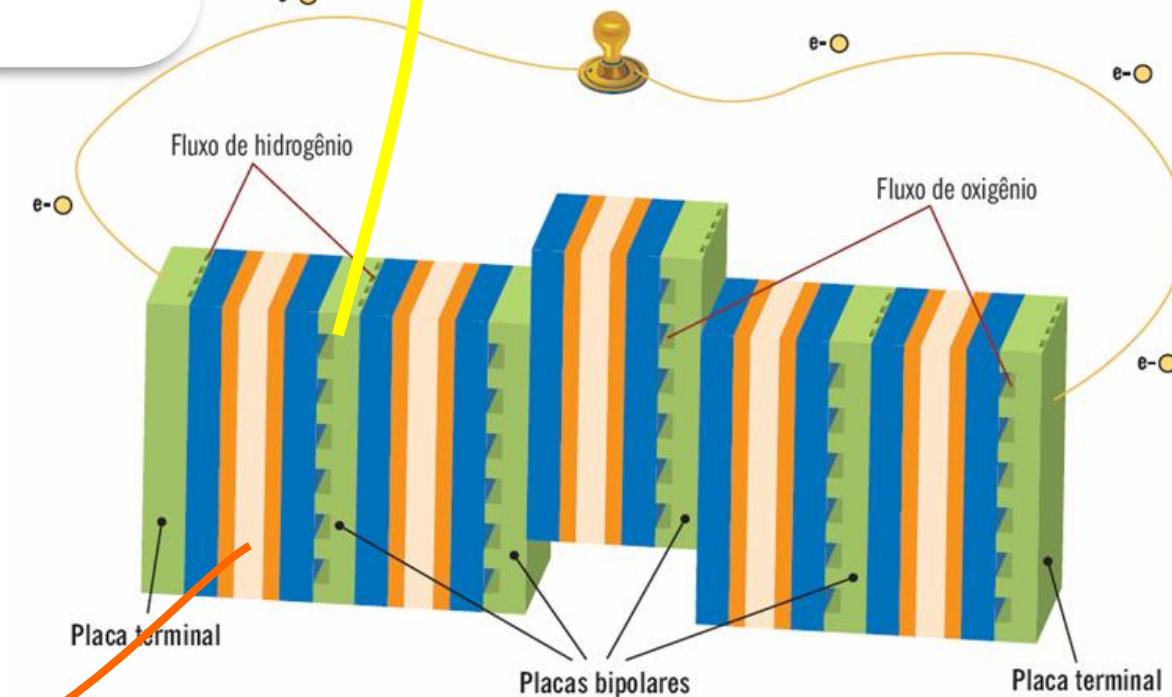


A água pura é a água que você verá saindo dos carros a hidrogênio, sem a emissão de poluentes. Também poderá ser a água quente do seu banho ou o calor que aquece a sua casa. Esse é o futuro que você fará parte e ajudará a construir!

CÉLULAS A COMBUSTÍVEL PEM



Célula Unitária



Empilhamento ou Stack

Ligaçāo em série (soma as tensões) de cada unidade (~0,9V-1V)





Células a Combustível – Principais Características

CÉLULAS A COMBUSTÍVEL PEM

Empilhamento ou Stack



PRODUÇÃO EM SÉRIE

PRODUÇÃO MANUAL

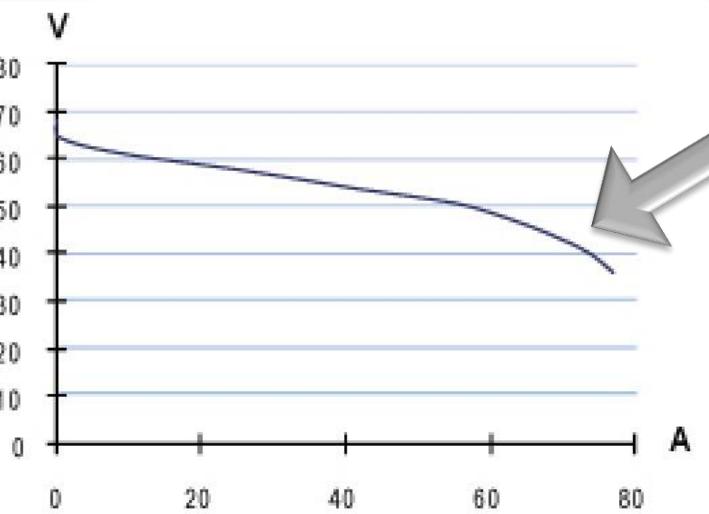




Células a Combustível – Principais Características



Tensão de Saída
Desregulada



Condicionamento de Potência

Conversor
CC/CC

Inversor
CC/CA



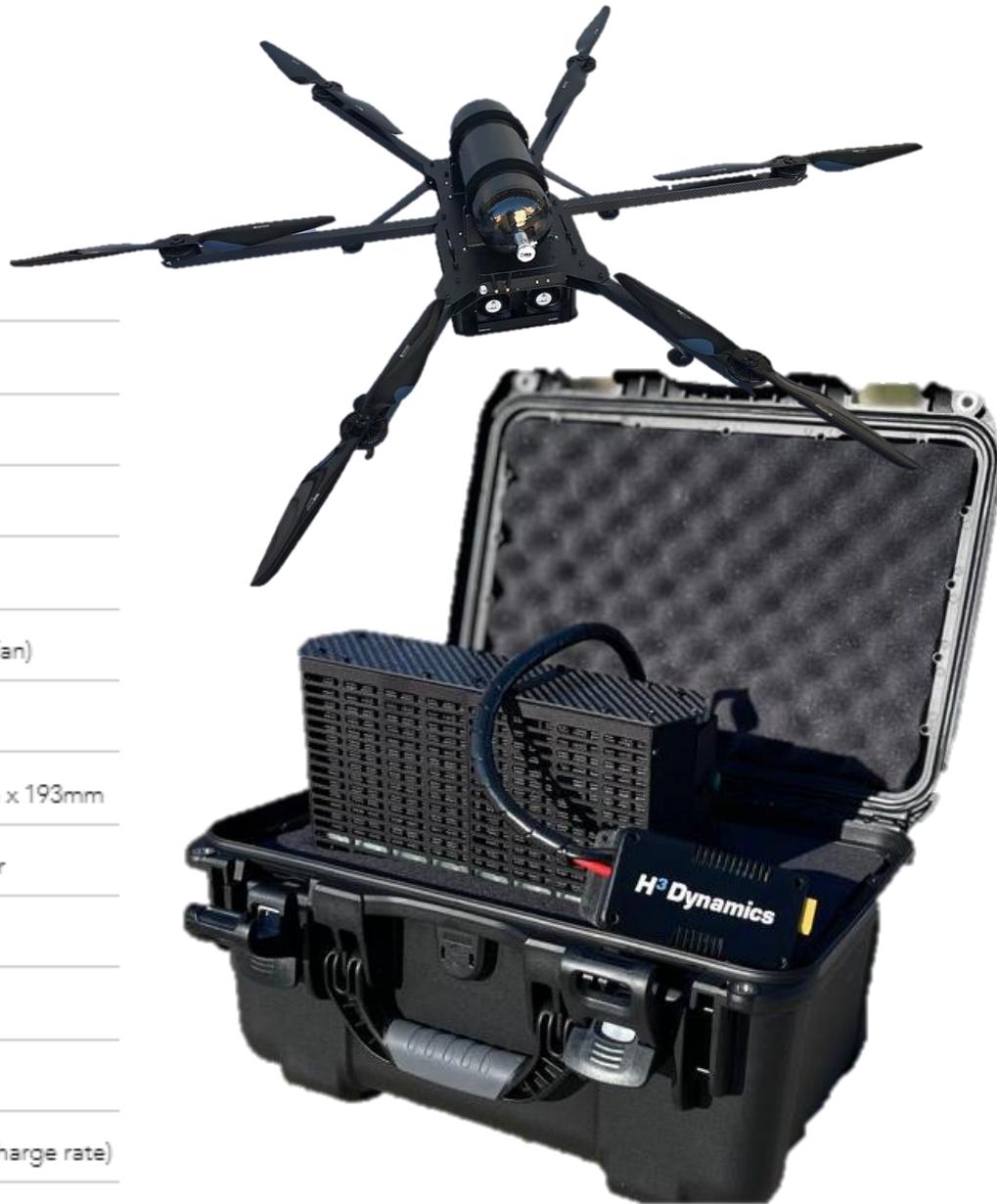
Células a Combustível – Principais Características

AEROSTAK A-1000 (LV)

Rated Power	1000 W
Peak Power (FC only)	1200 W
Voltage Range	28 V- 47.5 V
Current Range	0 - 35 A
Ambient Temperature	0°-35° C
Cooling	Air (Integrated Fan)
Total System Weight	2150 g
Stack Size (with casing)	279mm x 127mm x 143mm
H2 Input Pressure	0.6 bar to 0.8 bar
H2 Purity Required	99.999%
H2 Max Consumption	11.2 L/min
Start Up Time	< 20s
Hybrid LiPo	85 (>100C discharge rate)

AEROSTAK A-1000 (HV)

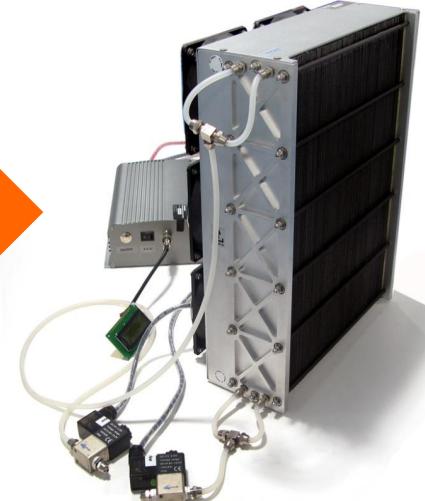
Rated Power	1000 W
Peak Power (FC only)	1100 W
Voltage Range	35.0 V- 61.8 V
Current Range	0 - 30 A
Ambient Temperature	0°-35° C
Cooling	Air (Integrated Fan)
Total System Weight	2100 g
Stack Size (with casing)	194mmx 127mm x 193mm
H2 Input Pressure	0.6 bar to 0.8 bar
H2 Purity Required	99.999%
H2 Max Consumption	11.2 L/min
Start Up Time	< 20s
Hybrid LiPo	105 (>100C discharge rate)





Células a Combustível – Principais Características

Integração Célula a Combustível



**Célula a Combustível
Somente Empilhamento**

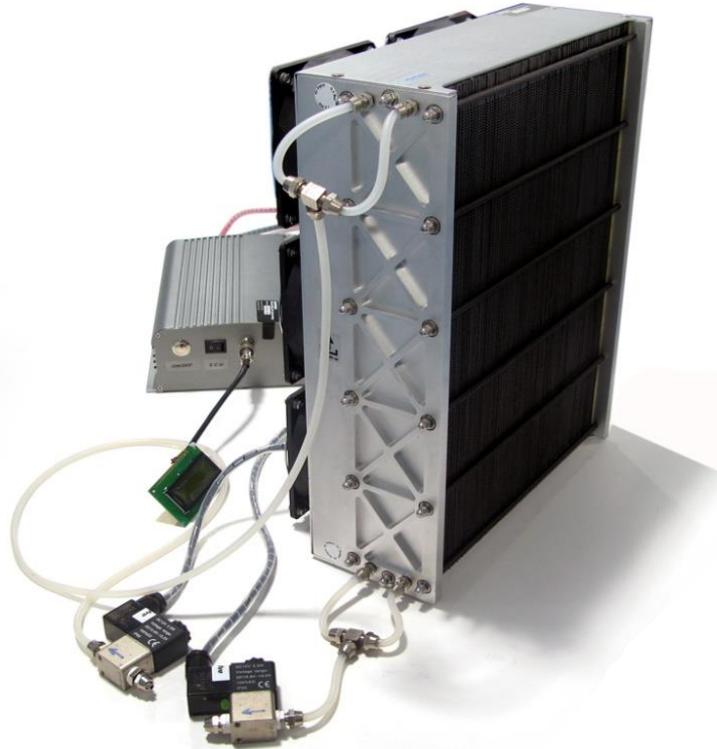
**Célula a Combustível
semi-integrada**

**Célula a Combustível
Integrada para uso indoor**

**Gabinete Outdoor para
Célula a Combustível**



Integração Célula a Combustível



**Célula a combustível
semi-integrada**

- Coolers
- Válvula Solenóide de Purga
- Válvula Solenóide de Suprimento de H2
- Placa de Controle (temperatura, corrente, tensão)
- Display LCD
- Conexões e mangueiras
- Botão de partida e desligamento
- Software de Interface
- Termostato



Integração Célula a Combustível



**Célula a Combustível
Integrada para uso indoor**

- Regulador para baixa pressão (10-200bar para 0,4-0,8 bar)
- Carcaça de proteção
- Filtro de Ar
- Bateria/Super Cap para partida e/ou controle do controlador da célula a combustível
- Regulador de tensão (conversor CC/CC)
- Inversor CC/CA
- Fusível
- Coletor de água
- Conector para carga CC
- Conector para carga CA
- Válvula de alívio de pressão
- Medidor de Vazão
- Sensor de Pressão do empilhamento
- Sensor de pressão do suprimento de H2
- Manômetro
- Contator
- Sensor de H2
- Dispositivos de proteção elétrica



Células a Combustível – Principais Características

Integração Célula a Combustível

- Proteção IP55
- Dispositivos de proteção elétrica
- Filtro de ar
- Ventilador de exaustão de calor
- Ventilador de admissão de ar
- Sensor de Hidrogênio
- Área de escape de hidrogênio – topo
- Entrada e saída de cabeamento CC e CA



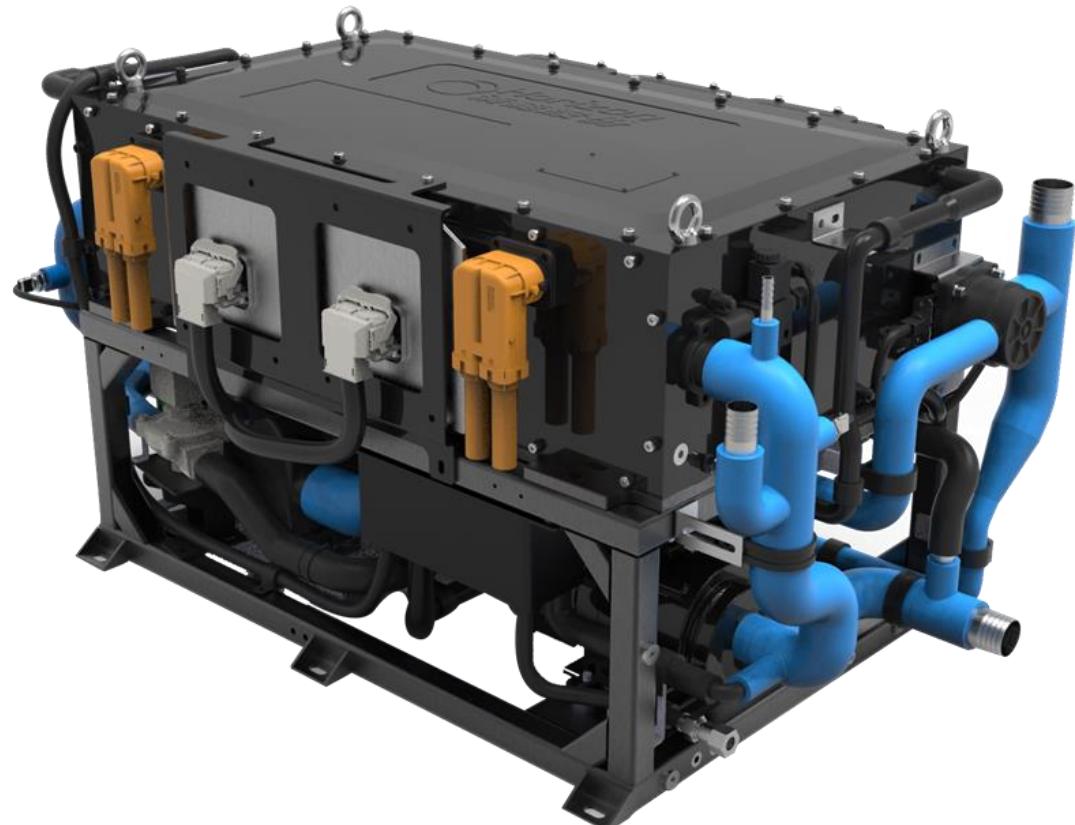
**Gabinete Outdoor para
Célula a Combustível**

Stack Refrigerada a Líquido



Nº	Item	Diagrama Esquematico
1	Filtro de Ar	
2	Medidor de Vazão de Ar	
3	Trocador de Calor - Hidrogênio	
4	Intercooler	
5	Umidificador	
6	Válvula Bypass	
7	Acelerador	
8	Aquecedor PTC	
9	Tanque d'água	
10	Deionizador	
11	Bomba dágua	
12	Caixa de distribuição de energia em baixa tensão	
13	Controlador	
14	Célula a Combustível	

Sistema de Célula a Combustível Refrigerado a Líquido



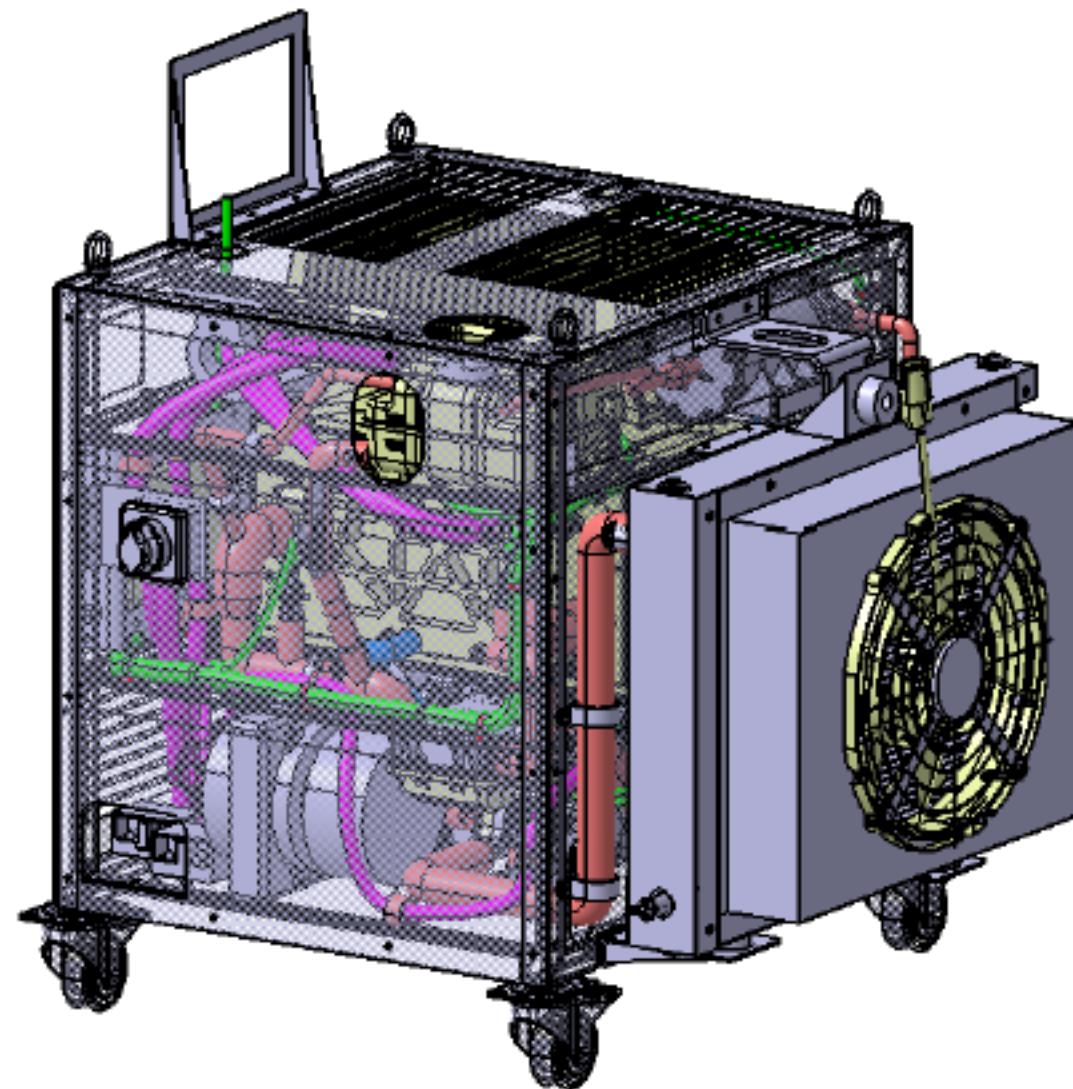
Sistema de Célula a Combustível



Sistema de Célula a Combustível

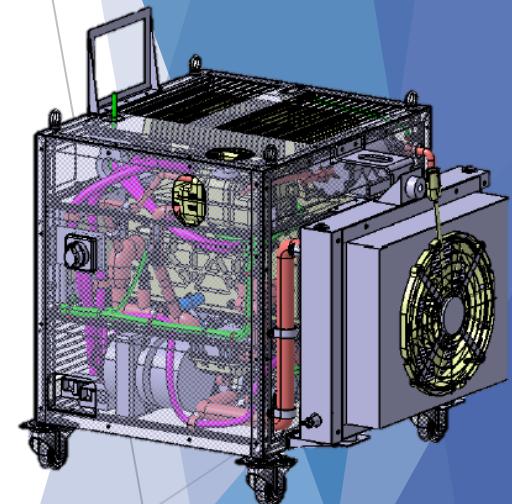


Componentes do Balanço de Planta



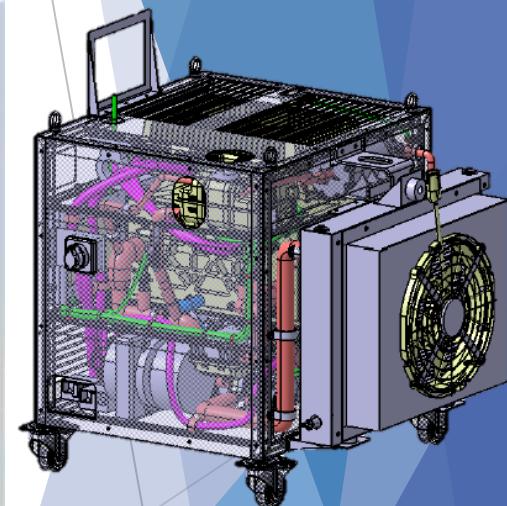
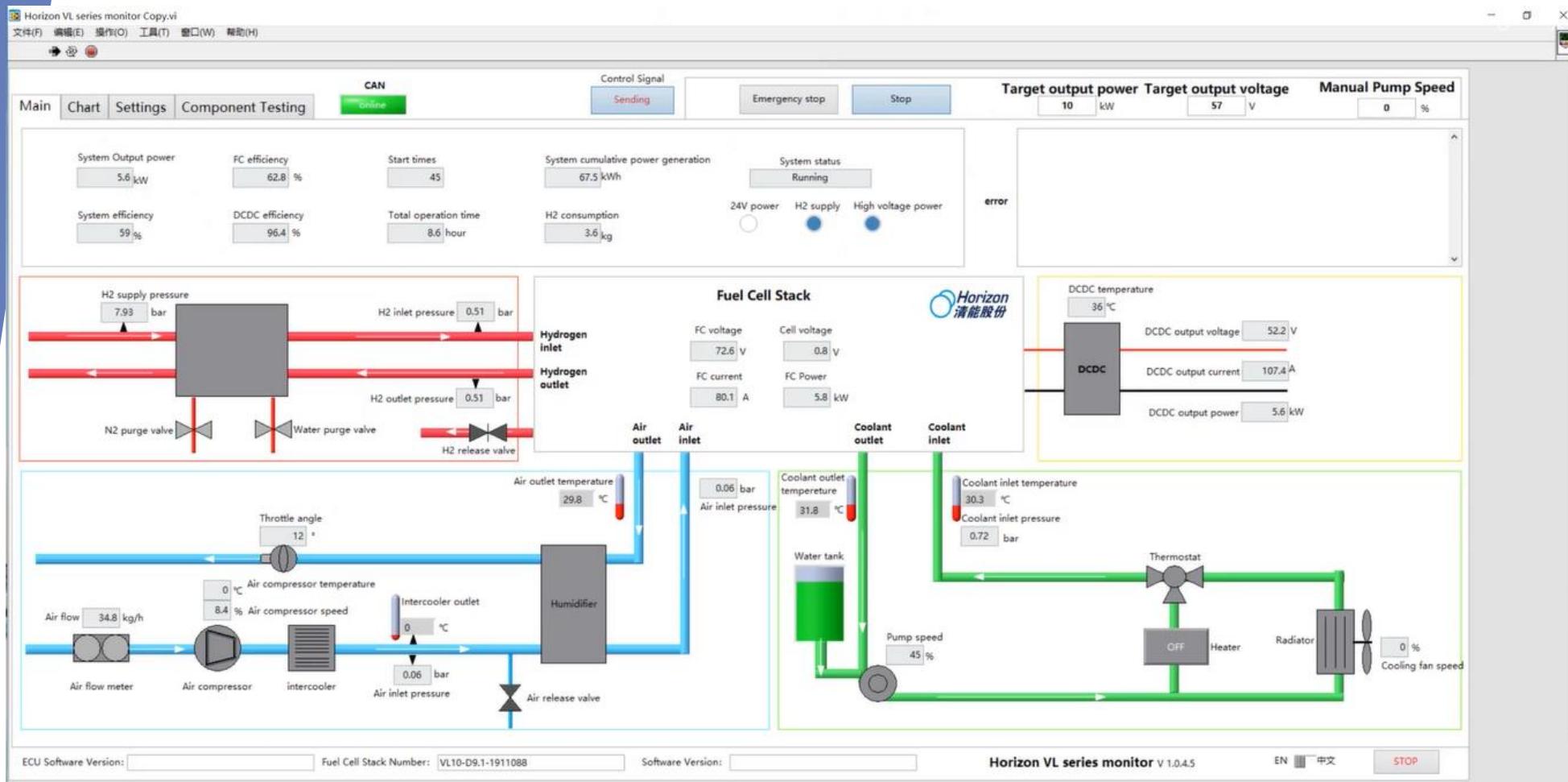
O Sistema de Célula a Combustível é composto principalmente por 5 sub-sistemas ou módulos.

- Módulo de Suprimento de Hidrogênio
- Módulo de Suprimento de Oxigênio (ar)
- Módulo de Dissipação de calor ou gerenciamento térmico
- Módulo de Controle de Energia ou Condicionamento de Potência
- Fuel cell Stack ou empilhamento de células a combustível.



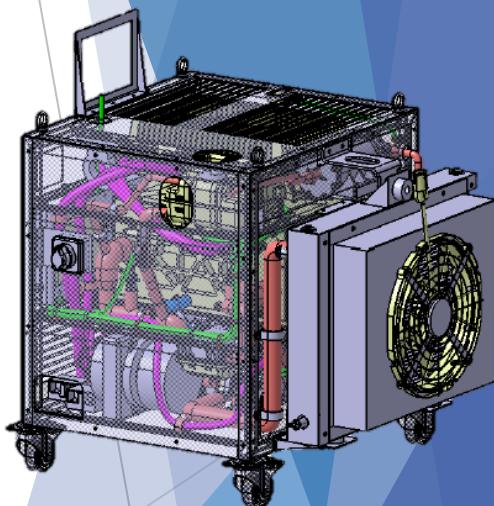
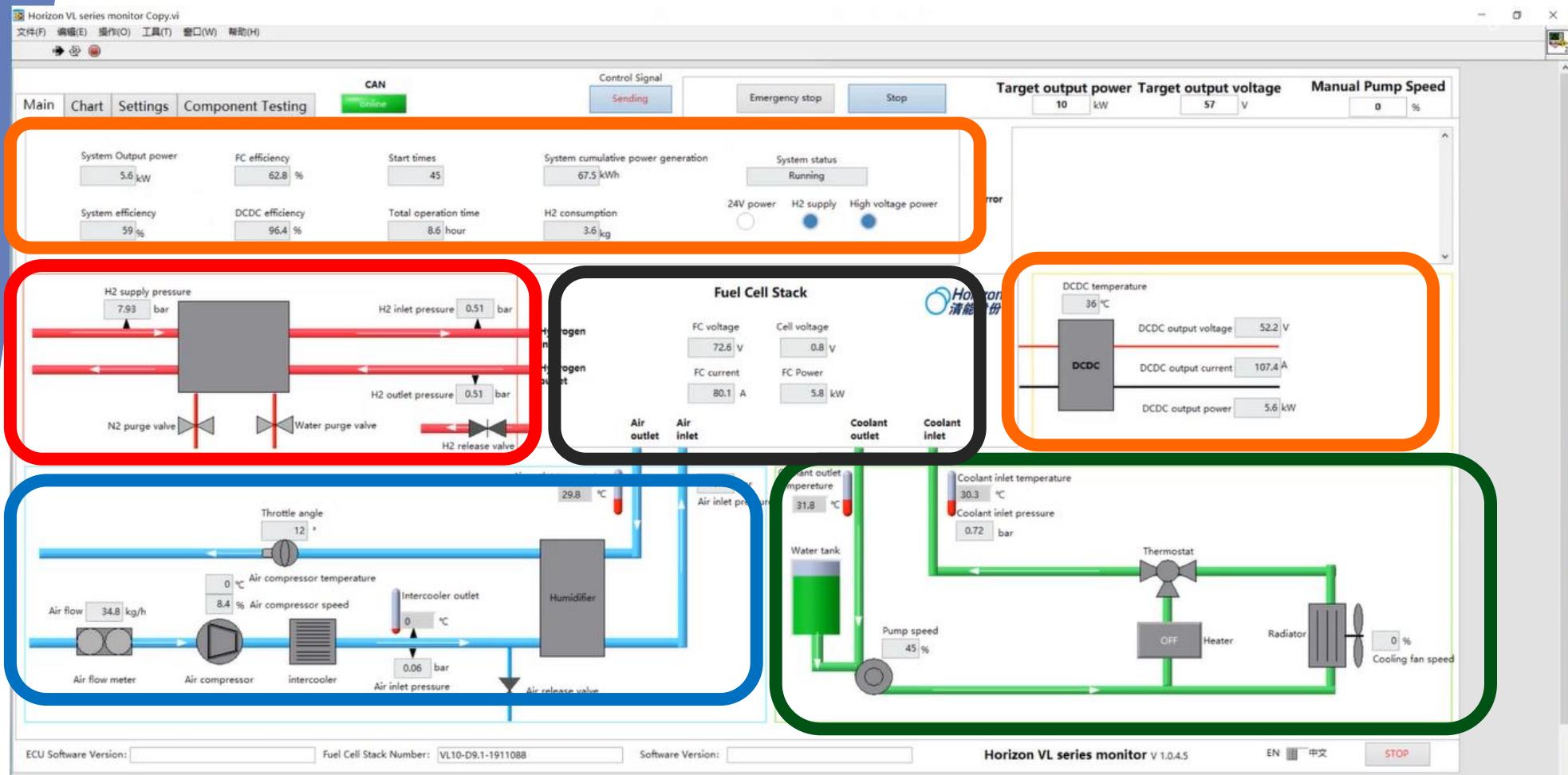
O Sistema de Célula a Combustível é composto principalmente por 5 sub-sistemas ou módulos.

Software de Interface para Operação Via Computador



O Sistema de Célula a Combustível é composto principalmente por 5 sub-sistemas ou módulos.

Software de Interface para Operação Via Computador



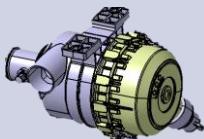
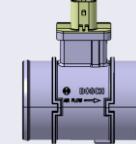
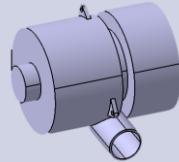
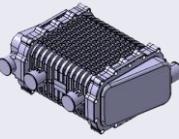
Módulo de Suprimento de Oxigênio

Principais Componentes

Table 2-1: Oxygen supply system parts list

O Módulo de suprimento de oxigênio é composto principalmente por:

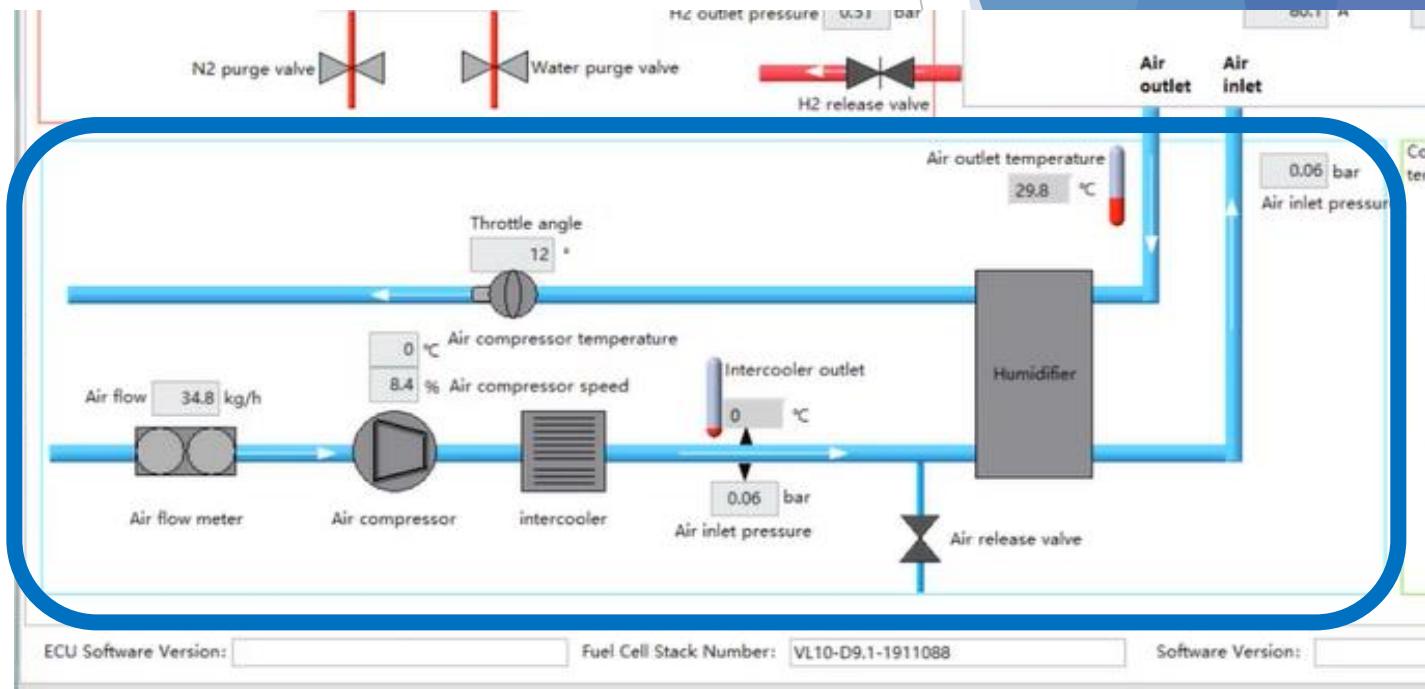
- Filtro de Ar
- Medidor de vazão
- Compressor de ar
- Umidificador
- Sensores de temperatura e pressão

Number	Component Name	Pictures	Action
1	Filtro de Ar		Purificar o ar
2	Medidor de Vazão		Monitora a vazão de ar
3	Compressor de ar		Fornece ar suficiente para as reações eletroquímicas na stack
4	Umidificador		Adiciona umidade ao ar que entra na stack

Módulo de Suprimento de Oxigênio

Principais Parâmetros Monitorados

- Air flow meter kg/h
- Air compressor speed
- Air compressor temperature Celsius
- Intercooler temperature Celsius
- Intercooler pressure Bar
- Air release valve
- Air inlet pressure Bar (fuel cell stack)
- Air outlet temperature Celsius (fuel cell stack)
- Throttle angle

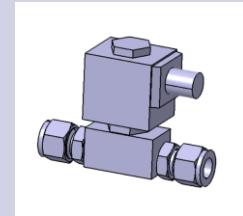


Módulo de Suprimento de Hidrogênio

Principais Componentes

O modulo de suprimento de hidrogênio é composto principalmente por:

- Sistema de armazenamento de hidrogênio (sob responsabilidade do cliente)
- Regulador de pressão para suprimento de hidrogênio entre 6 e 10 bar de pressão (sob responsabilidade do cliente)
- Injetores de hidrogênio (regulam a vazão e a pressão do H₂ entregue à stack)
- Válvulas solenoides (entrada e purga)
- Sensores de pressão
- Válvula de alívio

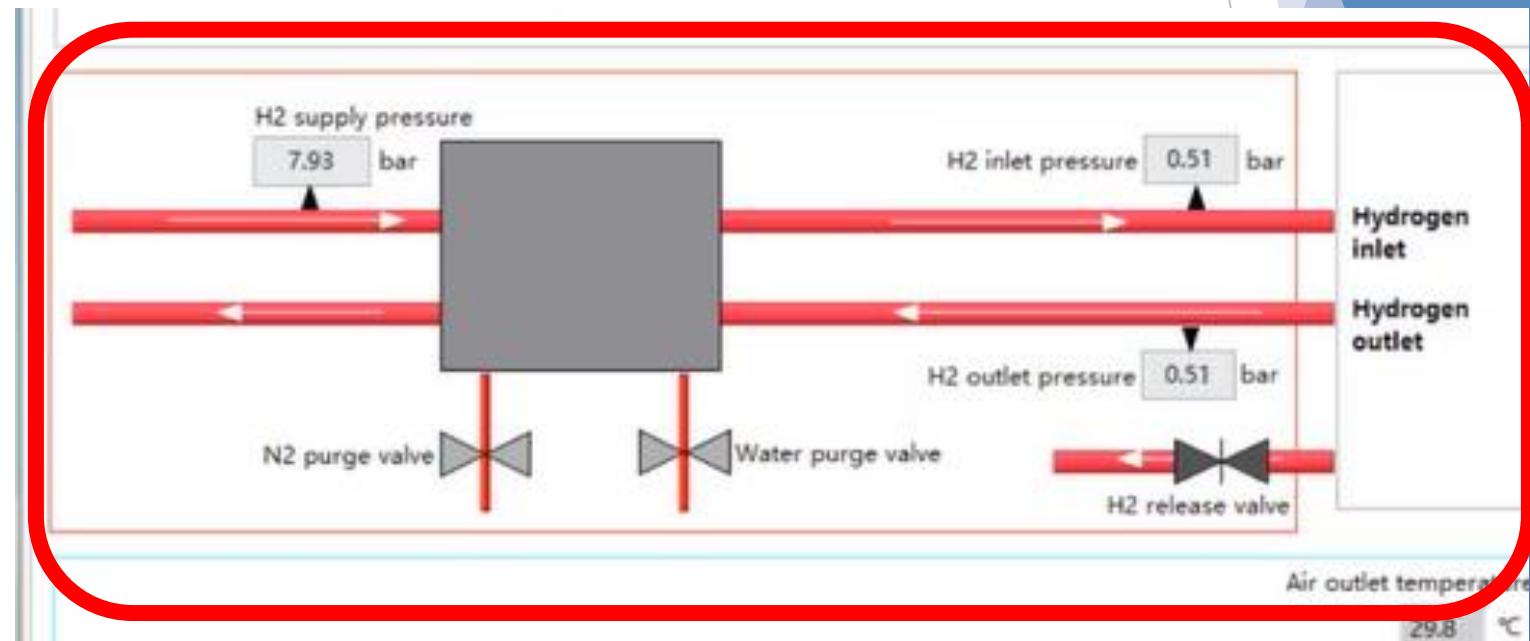
Number	Component Name	Pictures	Action
1	The electromagnetic valve		Controlling external hydrogen ingress

Módulo de Suprimento de Hidrogênio

Principais Parâmetros Monitorados

O modulo de suprimento de hidrogênio é composto principalmente por:

- Hydrogen supply pressure (fornecido pelo cliente entre 6 e 10 bar)
- Hydrogen inlet pressure (fuel cell stack – após redução da pressão pelos injetores)
- Hydrogen outlet pressure
- Anode purge valve
- Water purge valve
- H₂ release valve



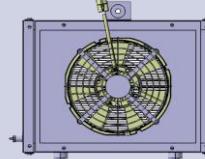
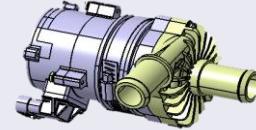
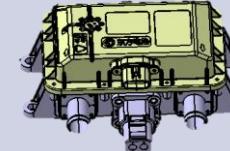
Módulo de Dissipação de Calor /

Gerenciamento térmico

Principais Componentes

O Módulo de Gerenciamento térmico é composto principalmente por:

- Tanque dágua
- Filtro deionizador
- Bomba água
- Aquecedor
- Radiador
- Ventilador
- Termostato:

Number	Component name	Pictures	Action
1	Heat sink		Removes excess heat generated by the system
2	Water pump		Power the cooling system
3	PTC Heater		Used for heating the coolant when starting the system

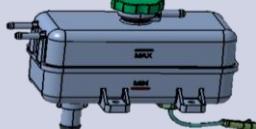
Módulo de Dissipação de Calor /

Gerenciamento térmico

Principais Componentes

O Módulo de Gerenciamento térmico é composto principalmente por:

- Tanque dágua
- Filtro deionizador
- Bomba água
- Aquecedor
- Radiador
- Ventilador
- Termostato:

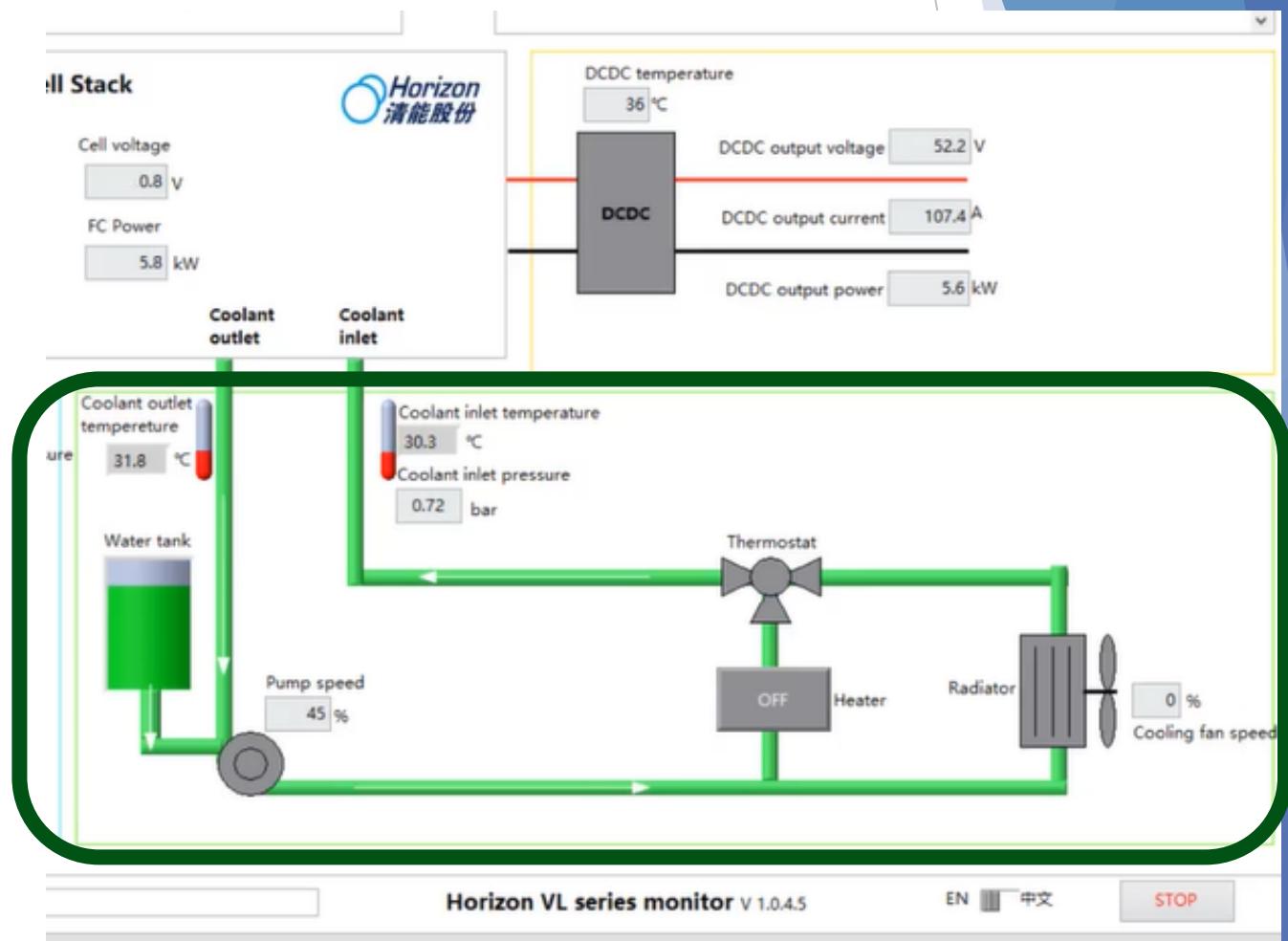
Number	Component name	Pictures	Action
4	Water tank		For replenishing water and exhausting the cooling system
5	Deionizer		Absorbs ions in the coolant and reduces the conductivity of the coolant

Módulo de Dissipação de Calor /

Gerenciamento térmico

Principais Parâmetros Monitorados

- Water tank
- Pump speed %
- Heater
- Radiator
- Cooling fan speed %
- Thermostat
- Coolant inlet temperature Celsius
- Coolant inlet pressure Bar
- Coolant outlet temperature Celsius



Módulo de Controle de Energia

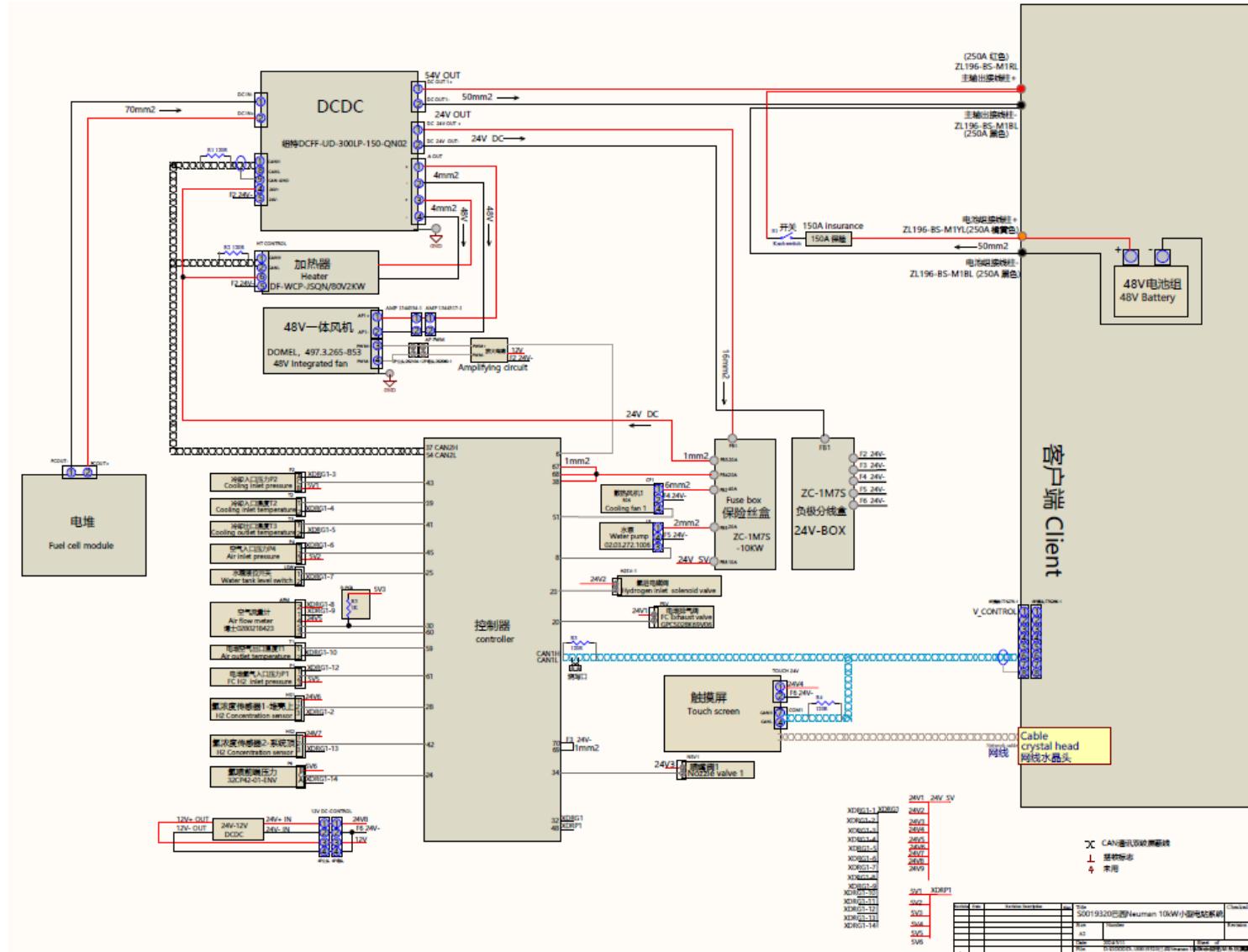
Principais Componentes

- Caixa de distribuição de energia em baixa tensão
(5V, 12V, 24V)
- Controlador
- Conversor CC-CC

Number	Component name	Pictures	Action
1	DCDC		Convert the stack voltage to provide a high-voltage power platform for external loads
2	Low voltage distribution box		Provide a low-voltage power platform for electrical appliances within the system
2	Controller		Control system, system communicates with external loads

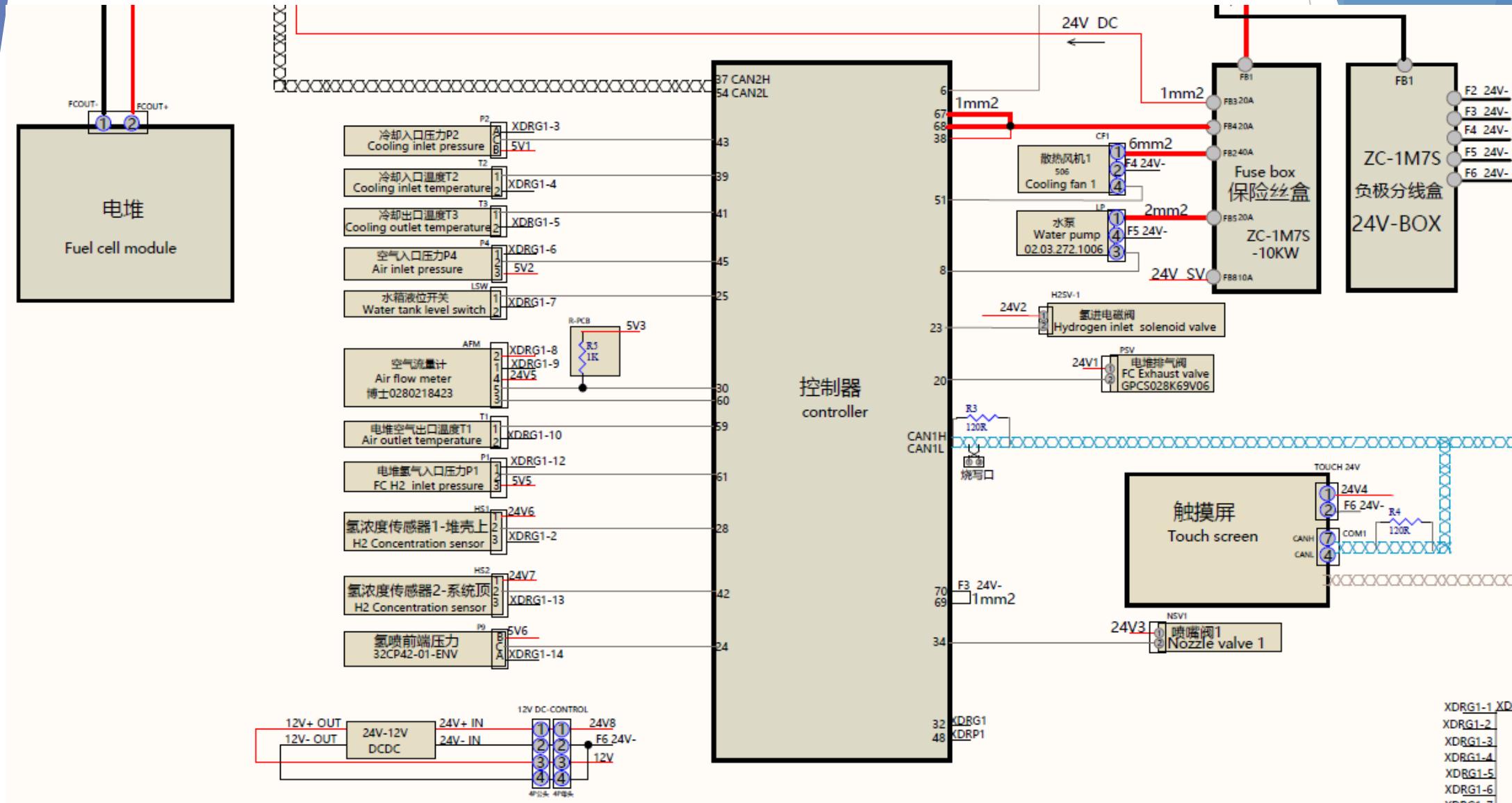
Módulo de Controle de Energia

Principais Componentes



Módulo de Controle de Energia

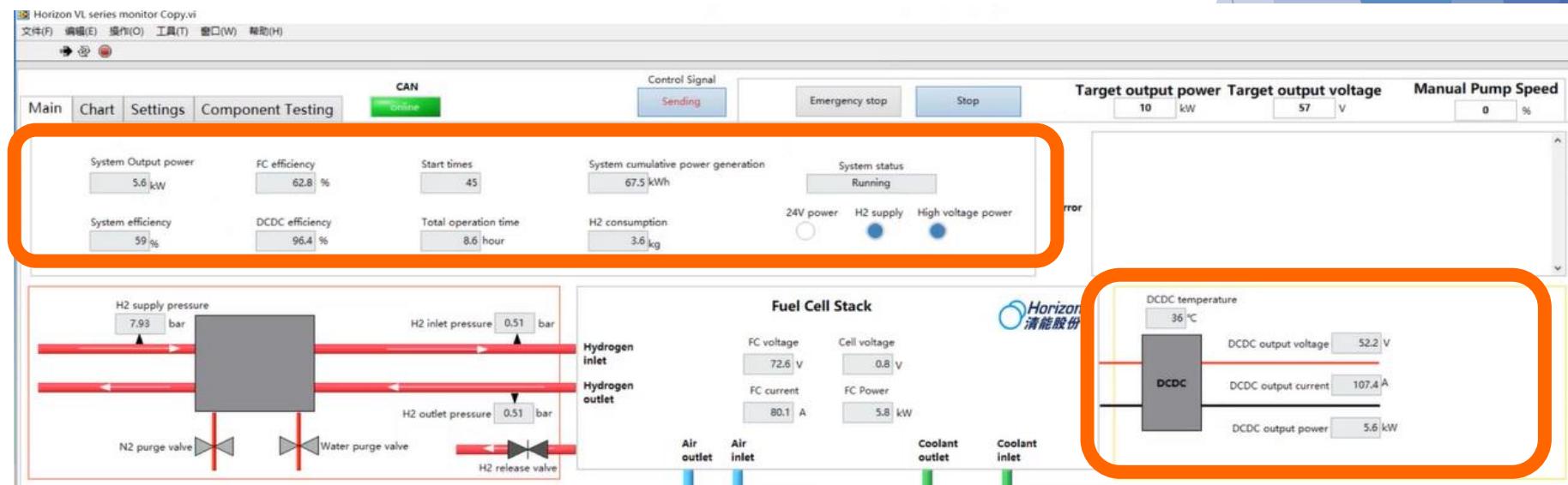
Principais Componentes



Módulo de Controle de Energia

Principais Parâmetros Monitorados

- System Output Power kW
- System Efficiency %
- FC Efficiency (Stack) %
- DCDC efficiency %
- Start times
- Total operation time hour
- System cumulative power Generation kWh
- H2 Consumption kg
- System status (24V ; H2 supply ; High voltage Power)
- DCDC Converter
 - DCDC Temperature Celsius
 - DCDC output voltage V
 - DCDC output current A
 - DCDC output power kW



Fuel Cell Stack

Principais Componentes

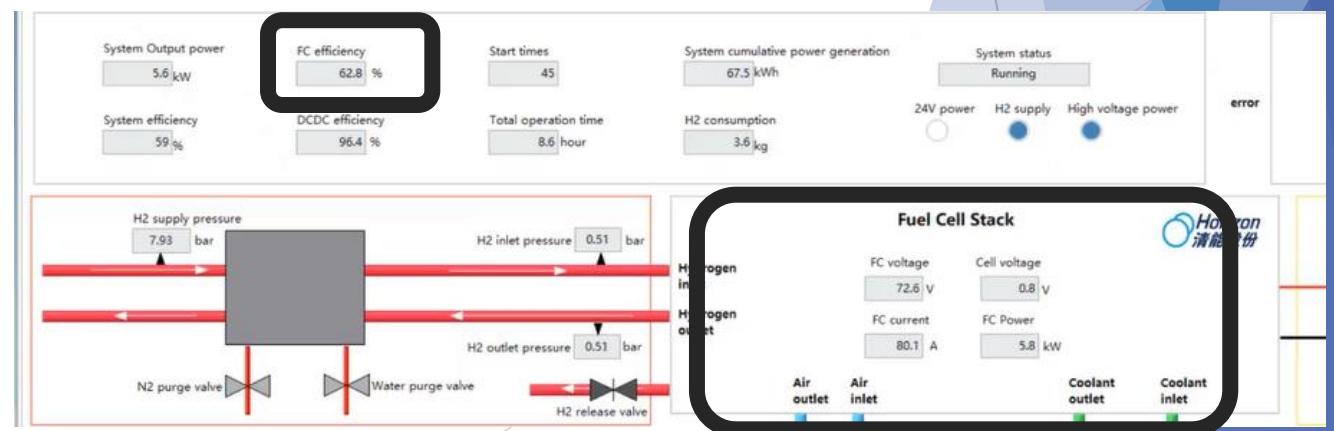
- Fuel Cell Stack (eletrólito, catalisadores, placas bipolares) com carcaça de proteção



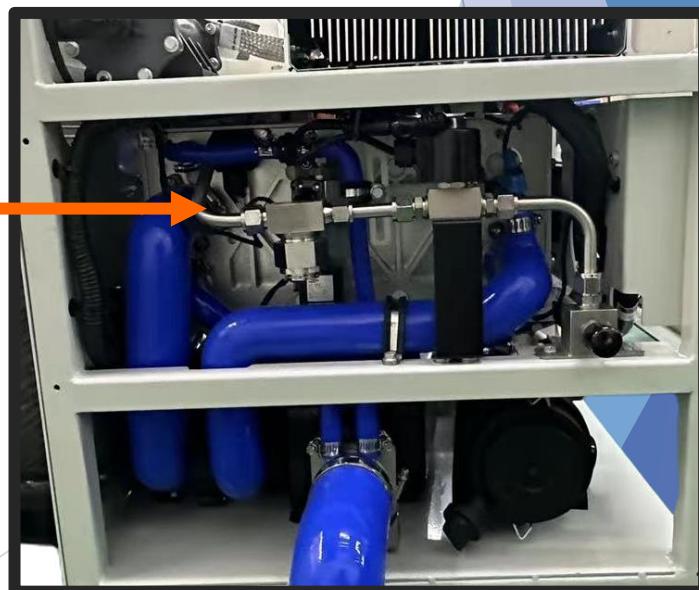
Number	Component name	Pictures	Action
1	Fuel Cell stack		Oxygen and hydrogen react here, and the output voltage

Principais Parâmetros Monitorados pelo Software de Interface

- FC Voltage
- FC Current
- Cell Voltage
- FC Power
- FC Efficiency



- Além dos componentes acima, o sistema de célula a combustível também é equipado com alguns **sensores** para fornecer ao controlador os sinais de **temperatura, pressão e umidade** durante a operação.
- Os vários componentes do módulo de suprimento de oxigênio e do módulo de gerenciamento térmico dentro do sistema de célula a combustível também precisam ser conectados com **tubos e juntas multidirecionais** para garantir a circulação de fluidos no sistema.
- A circulação do hidrogênio no sistema é realizada por tubos de aço inoxidável ou mangueiras de malha de aço.



- A fixação de cada componente do sistema requer o uso de abraçadeiras para fixação, além de estruturas fixas.
- Muitas peças elétricas do sistema precisam ser conectadas a chicotes elétricos de alta tensão ou chicotes elétricos de baixa tensão.



Requisitos para Combustível (Hidrogênio) e líquido refrigerante

A célula a combustível produz eletricidade convertendo a energia química gerada pela reação do hidrogênio e do oxigênio em energia elétrica e faz uso de líquido refrigerante para circular dentro da stack para dissipar o calor.

Portanto, para garantir o funcionamento normal da célula a combustível (Stack), o gás combustível, os gases de oxidação e o líquido refrigerante possuem requisitos rigorosos. Os requisitos detalhados são mostrados na Tabela a seguir.

Table 2-6 Gas and liquid specification table -A

Type	Specification
Fuel gas (> 99.97% hydrogen)	
other impurities	< 300ppm
	< 2ppm CO ₂
	< 0.1ppm CO
	< 5ppm H ₂ O
	< 2ppm hydrocarbons
	< 5ppm O ₂
	< 300ppm He
	< 200ppm N ₂ 、 Ar
	< 0.004ppm Sulfur compounds
	< 0.01ppm formaldehyde
	< 0.2ppm Formic acid
	< 0.1ppm NH ₃
	< 0.05ppm Halogenated compounds

Requisitos para Combustível (Hidrogênio) e líquido refrigerante

- **Notice:**
- Se houver muita poeira no ambiente de operação, é necessário instalar um filtro de ar para filtrar o ar; se houver muitos gases NOx, SOx e outros poluentes no ambiente de operação, será necessário filtrar o ar quimicamente.
- O líquido refrigerante deve ser selecionado com cuidado. Os refrigerantes amplamente utilizados no mercado podem não ser adequados porque podem conter aditivos que fazem com que a condutividade seja muito alta e a resistência de isolamento muito baixa.

Table 2-6 Gas and liquid specification table - B

Type	Specification
Oxidizing gas (air)	
oxygen	> 20.95%
Nitrogen	< 78.08%
Other gas components	
	< 0.1ppm CO
	< 1% CO ₂
	< 1ppm O ₃
	< 0.01ppm SO ₂
	< 0.04ppm hydrogen sulfide
	< 0.025ppm NO
	< 0.05ppm NO ₂
	< 0.008ppm volatile organic compounds
	< 0.01ppm NH ₃
Atmospheric particulate composition	
	< 90µg/m ³ PM10
	< 15µg/m ³ PM2.5
coolant	
	Deionized water
	particle size < 100µm
	Conductivity < 5µS/cm

Condições de Operação

As condições operacionais permitidas do sistema são mostradas na Tabela a seguir.

Environmental requirements	Specific parameters
Stack starting temperature	$\geq -10^{\circ}\text{C}$ ($< 5^{\circ}\text{C}$ requires auxiliary heating)
Storage temperature	$-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$
Altitude range	0~1000m (Exceed 1000m Reduces power at altitude)
Humidity range	0%~100%RH (non-condensing state)
Air inlet pressure	0~0.2barg
Hydrogen inlet pressure	6 a 10 barg

Especificações Gerais do HFC-P10

Tabela: 10kWFuel cell system performance parameters

	Performance	Parameter
1	System rated output power (kW)	10 (Does not contain DC Loss of efficiency)
2	Stack rated power (kW)	12
3	Idle power (kW)	≤1.5
4	Number of cells (piece)	90
5	System efficiency (%)	≥42 (Does not contain DC Loss of efficiency)
6	Working temperature	-10-40°C
7	Storage ambient temperature	-10-60°C
8	Response time (start to idle speed) (s)	< 30s (ambient temperature > 5°C)
9	-10°C cold start time	< 15min
10	Working environment humidity	0-95%
11	work pressure	≤50kPa
12	IP Grade	IP54

	Performance	Parameter
13	Noise	≤80dB
14	Voltage and current output	222A@54V
15	Size (mm)	860*820*825
16	Weight (kg)(Include DC/DC and radiator)	180
17	DC output voltage (V)	48-54
18	Stack operating temperature (°C)	60-70
19	Hydrogen requirements	> 99.97%
20	Hydrogen inlet pressure (MPa)	0.6-1
21	Hydrogen source reserved interface model	1/2 inch compression fitting
22	Hydrogen flow (l/min)	≤250
23	Insulation resistance (Ω/V)	≥500Ω/V
24	Coolant	Conductivity ≤5us/cm

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

- 1) Retirar os parafusos e a tampa de proteção da tubulação de exaustão de gases



- 2) Fixação da abraçadeira na tubulação de 63 mm



- 3) Direcionamento para ambiente ventilado e distante da célula a combustível

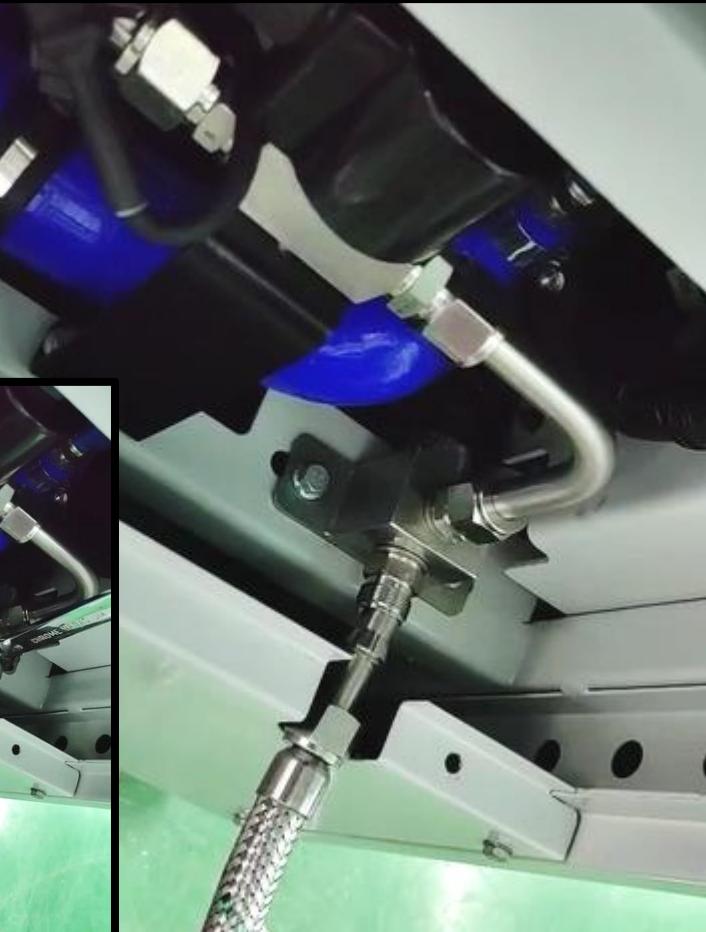


PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

- 4) Conexão da linha de gás hidrogênio. Retire a tampa lateral.



- 5) Suprimento de hidrogênio entre 6 e 10 bar.
6) Pureza superior a 99,97%
7) Liberar o hidrogênio
8) Verificar se há vazamentos



PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

9) Instalação do cabo elétrico de aterramento



10) Instalação dos cabos elétricos da carga elétrica e da bateria



PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

9) Instalação do cabo elétrico de aterramento



10) Instalação dos cabos elétricos da carga elétrica e da bateria



11) Verificar se as polaridades estão instaladas corretamente

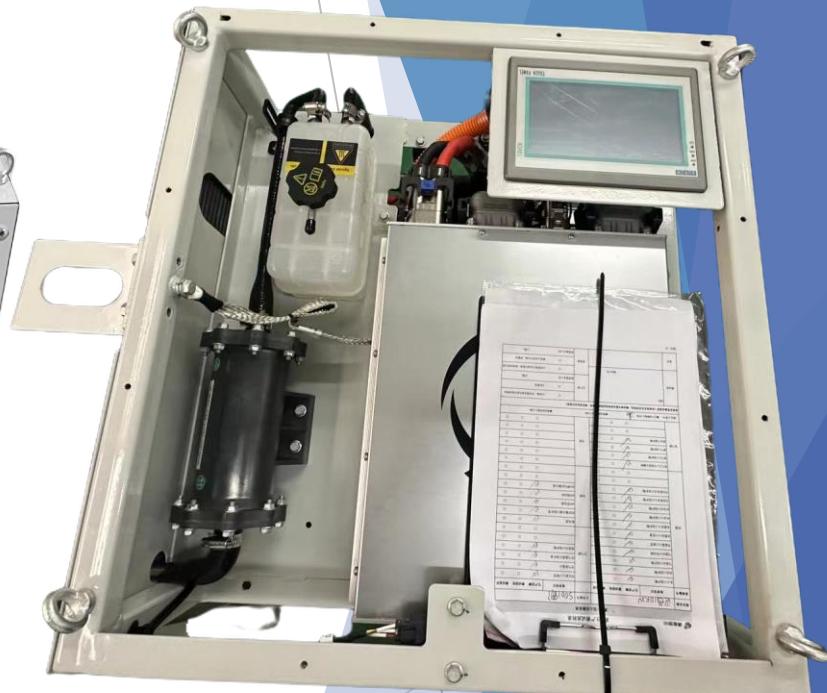
12) Bateria: função, partida da célula, proteção de variações repentinhas da carga e responder à rápida rapidamente

13) Verificar se a instalação dos cabos está firme



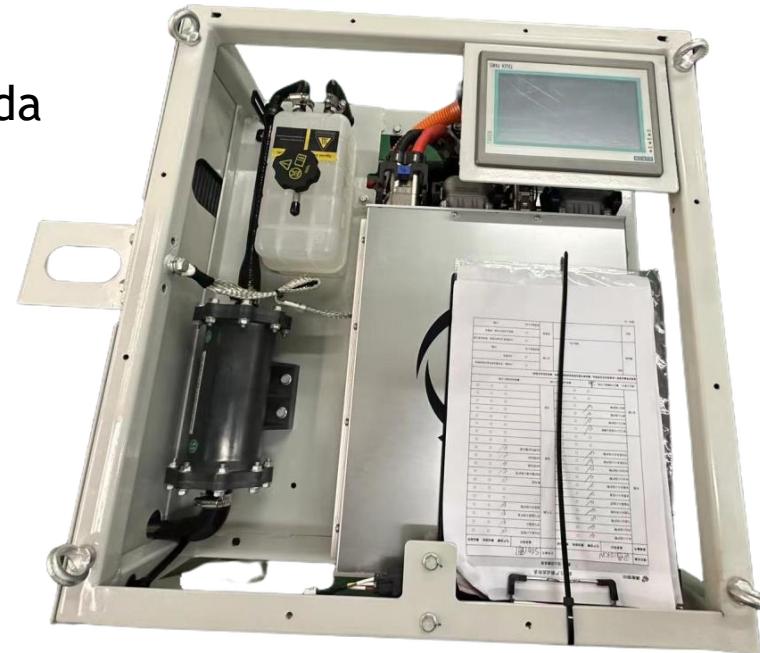
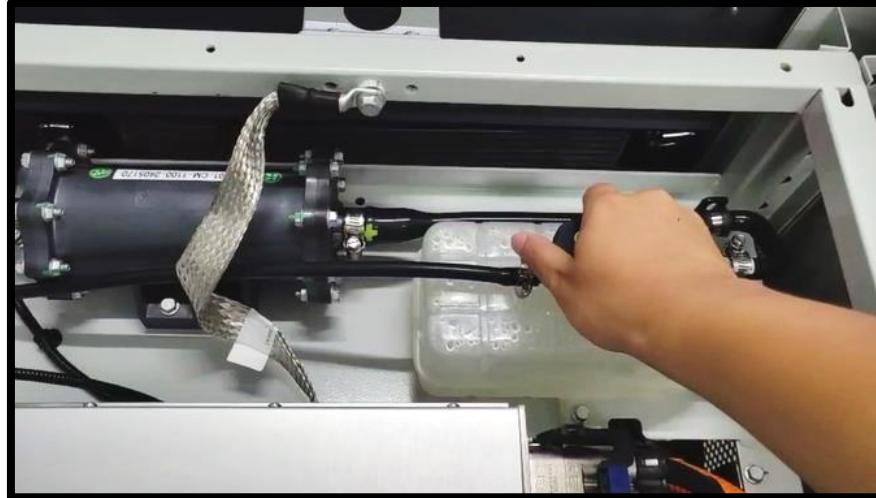
PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

14) Remover a tampa superior do gabinete



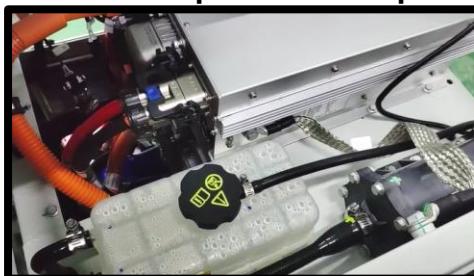
PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

15) Retirar a tampa do tanque de água deionizada



16) Encher até o nível máximo permitido

17) Recoloque a tampa e feche



PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

18) Abra a porta do gabinete onde se encontra o interruptor vermelho que liga a alimentação da bateria (a bateria deve estar conectada). Girar o botão



19) Comunicação: conectar o cabo Kvaser (conector próximo ao botão da bateria / USB no PC)



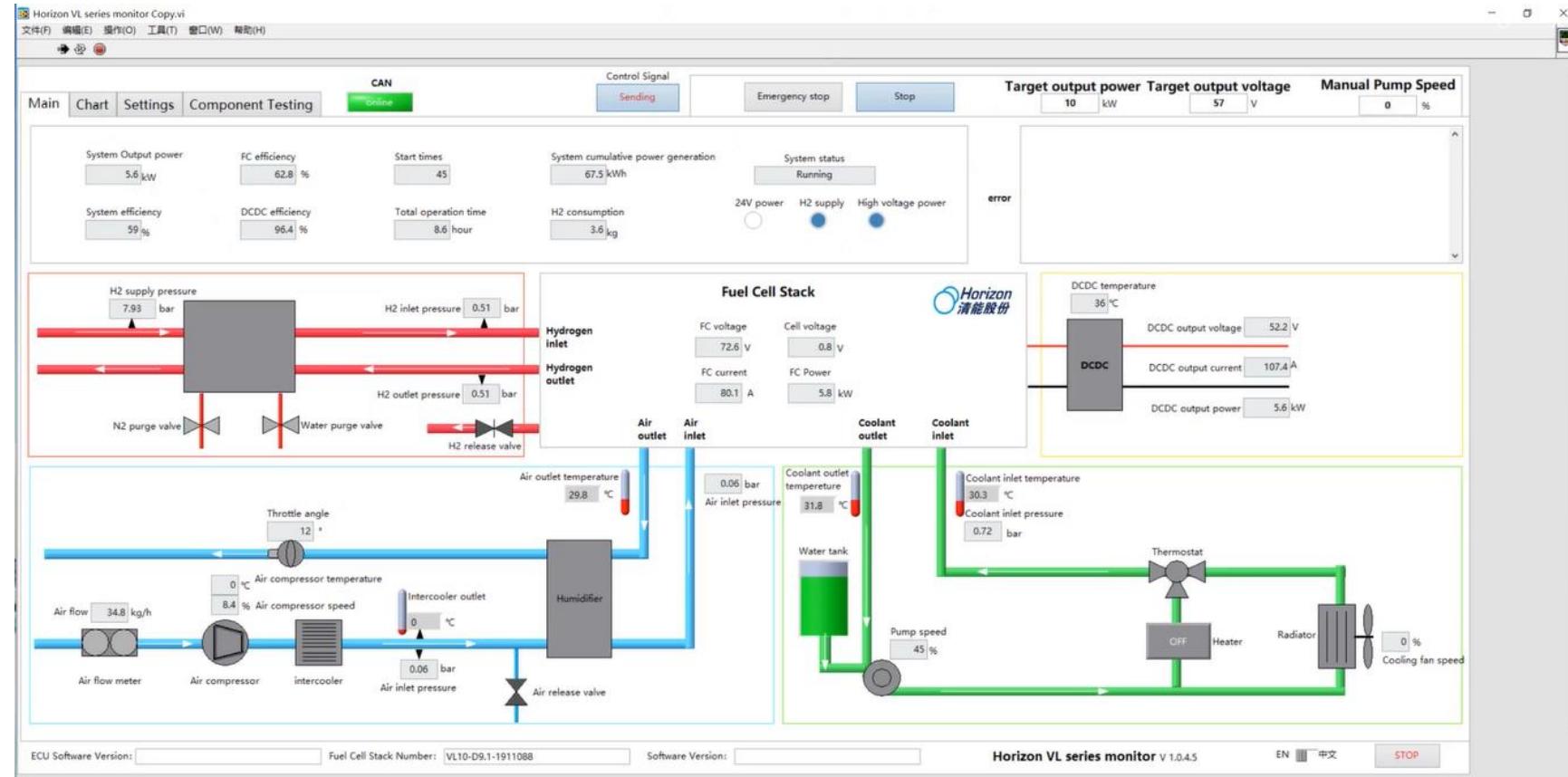
PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

20) Instalação do software do KVASER. Kvaerdrivesetup.exe

21) Instruções no manual HorizonVLSeriesSoftwareManual

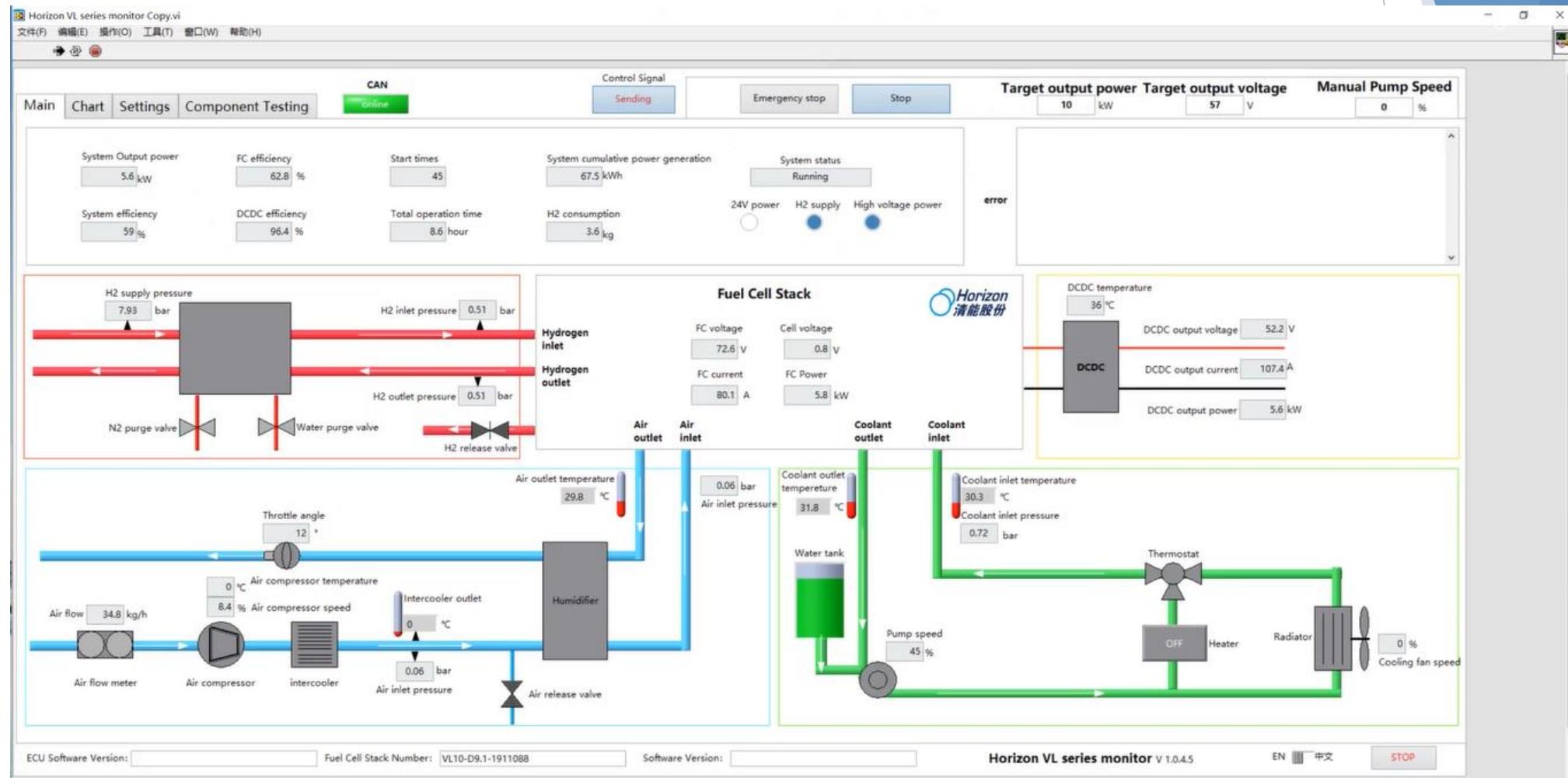
22) Instalar e Abrir o Arquivo executável HorizonVLSeries Monitor.exe

23) Conhecer a interface de monitoramento e controle



PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

24) Identifique os módulos de suprimento de hidrogênio, da fuel cell Stack, módulo de suprimento de oxigênio, de dissipação de calor e módulo de energia (controle elétrico)



PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

25)Principais componentes do módulo de suprimento de hidrogênio

- a. **Injetores:** responsável por regular com precisão o fluxo de gás hidrogênio para o ânodo da stack, garantindo ótimo desempenho e durabilidade. Eles atuam como válvulas reguladoras de pressão, fornecendo a quantidade correta de hidrogênio para reagir na célula e gerar eletricidade, ao mesmo tempo que evitam o acúmulo excessivo de pressão que pode danificar a célula combustível.
- b. **Válvulas de purga:** remover água acumulada e gases inertes (como nitrogênio) do lado do ânodo da célula combustível. Isto é crucial para manter o desempenho e a eficiência da célula de combustível. Ao purgar periodicamente essas substâncias indesejadas, as válvulas ajudam a evitar “inundações”, que podem dificultar a reação eletroquímica, e reduzem a concentração de gases inertes, que também podem impactar negativamente a tensão e a eficiência.
- c. **Sensores de pressão:** são cruciais para monitorar e controlar as condições operacionais, garantindo segurança e desempenho ideal. Detectam vazamentos no sistema de suprimento de hidrogênio e previnem situações de sobre pressão que possam danificar a stack ou causar riscos à segurança. Permite ajustes e controle da vazão de hidrogênio. Ajuda a manter a pressão desejada e evita flutuações de pressão que podem afetar o desempenho da célula a combustível.
- d. **Válvula de alívio:** caso ocorra sobre pressão na linha de gás hidrogênio, a válvula de alívio libera o gás por segurança.

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

26) Principais componentes do módulo de suprimento de oxigênio

- a. **Medidor de vazão:** medem com precisão a quantidade de ar (ou outros oxidantes) que entram na célula a combustível. Estes dados são vitais para manter a estequiometria correta (proporção de reagentes) para reações eletroquímicas ideais. Permitem ajustes em tempo real nas taxas de fluxo dos reagentes, permitindo que a célula a combustível responda eficientemente às diversas demandas de energia. Ao garantir que a quantidade certa de reagentes seja fornecida, os medidores de vazão ajudam a maximizar a produção de energia da célula a combustível e a minimizar o desperdício.
- b. **Compressor:** aumenta a pressão do ar (contendo oxigênio) fornecido à célula a combustível. Isto é crucial para uma operação eficiente, pois uma pressão mais alta aumenta a reação eletroquímica que produz eletricidade. O compressor garante um fluxo suficiente e controlado de ar pressurizado, essencial para que a reação entre o hidrogênio e o oxigênio ocorra no cátodo da célula a combustível.
- c. **Umidificador** – umidifica o ar que entra na fuel cell Stack e contribui para a condução iônica no eletrólito, aumenta a eficiência do processo eletroquímico e reduz riscos de danos ao eletrólito.

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

26) Principais componentes do módulo de suprimento de oxigênio

- a. **Sensores de temperatura e pressão:** Sensores de temperatura e pressão em um sistema de célula a combustível são cruciais para monitorar e controlar as condições operacionais, garantindo segurança e desempenho ideal. Eles ajudam a manter o sistema dentro dos limites operacionais seguros, evitam danos causados por temperaturas ou pressões extremas e permitem uma operação eficiente. Esses dados são usados para regular o sistema de resfriamento, garantindo que o sistema de célula a combustível opere dentro da faixa ideal de temperatura. Se a temperatura exceder um limite seguro, o sistema poderá iniciar protocolos de segurança, como desligar o fornecimento de combustível. Durante partidas a frio, os sensores de temperatura ajudam a monitorar a temperatura da fuel cell stack e detectar a potencial formação de gelo, permitindo ajustes para mitigar o problema. Sensores de pressão são essenciais para detectar vazamentos no sistema de combustível e para prevenir situações de sobrepressão que possam danificar a chaminé ou causar riscos à segurança.

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

27) Principais componentes do módulo de dissipação de calor ou gerenciamento térmico

- a. **Tanque dágua:** armazenamento da água deionizada utilizada para circular na Stack e reduzir a temperatura
- b. **Filtro deionizador:** reduz a quantidade de íons presente na água deionizada
- c. **Bomba água:** realiza a circulação da água deionizada pelo sistema de refrigeração, como o radiador, e a fuel cell Stack.
- d. **Aquecedor:** em ambientes muito frios, próximo de zero graus, pré-aquece a água que circula dentro da fuel cell Stack para que alcance as condições operacionais de partida da célula a combustível.
- e. **Radiador:** reduz a temperatura da água que entra na fuel cell Stack
- f. **Ventilador:** ajuda a dissipar o calor gerado pela fuel cell Stack
- g. **Termostato:** garante que a célula a combustível opere dentro de sua faixa ideal de temperatura, controlando o fluxo do líquido refrigerante através do radiador, gerenciando assim a dissipação de calor. Isso evita o superaquecimento e mantém a eficiência e a vida útil da célula a combustível

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

27) Principais componentes do módulo de energia ou controle elétrico

- **Caixa de distribuição de energia em baixa tensão (5V, 12V, 24V)**
 - Fornece energia para componentes auxiliares como compressor, ventilador, bomba dágua, painel LCD, Sensores de temperatura, umidade e pressão, medidores de vazão, válvulas solenóides, válvula de alívio, injetores de hidrogênio, controlador, aquecedor PTC.
- **Conversor CC-CC:** regula a tensão de saída da fuel cell Stack. No caso específico do HFC-P10, entre 48V e 54V. Internamente, na caixa de distribuição de energia, existem conversores CC-CC para 5V, 12V e 24V.
- **Controlador:** atua como unidade central de gerenciamento e controle. Seu objetivo principal é garantir a operação, segurança e eficiência ideais da célula a combustível e de seus componentes associados. Isto envolve a regulação de vários aspectos do sistema, incluindo gerenciamento de hidrogênio e ar, gerenciamento térmico, condicionamento de potência e protocolos de segurança.

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

27) Principais componentes do módulo de energia ou controle elétrico

- **Controlador**
- **Inicialização e desligamento do sistema:** O controlador gerencia a sequência de operações de partida e parada do sistema de célula a combustível, garantindo um processo seguro e controlado.
- **Transições de estado operacional:** Ele lida com as transições entre diferentes modos de operação, como inicialização, desligamento e diferentes níveis de saída de energia.
- **Gerenciamento de Hidrogênio e Ar:** O controlador regula o fluxo de hidrogênio e ar para a célula combustível, otimizando a relação combustível/ar para uma operação eficiente.
- **Gerenciamento Térmico:** Ele gerencia a temperatura da célula combustível, garantindo que ela opere dentro da faixa ideal de temperatura para desempenho e evitando superaquecimento.

PREPARAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

27) Principais componentes do módulo de energia ou controle elétrico

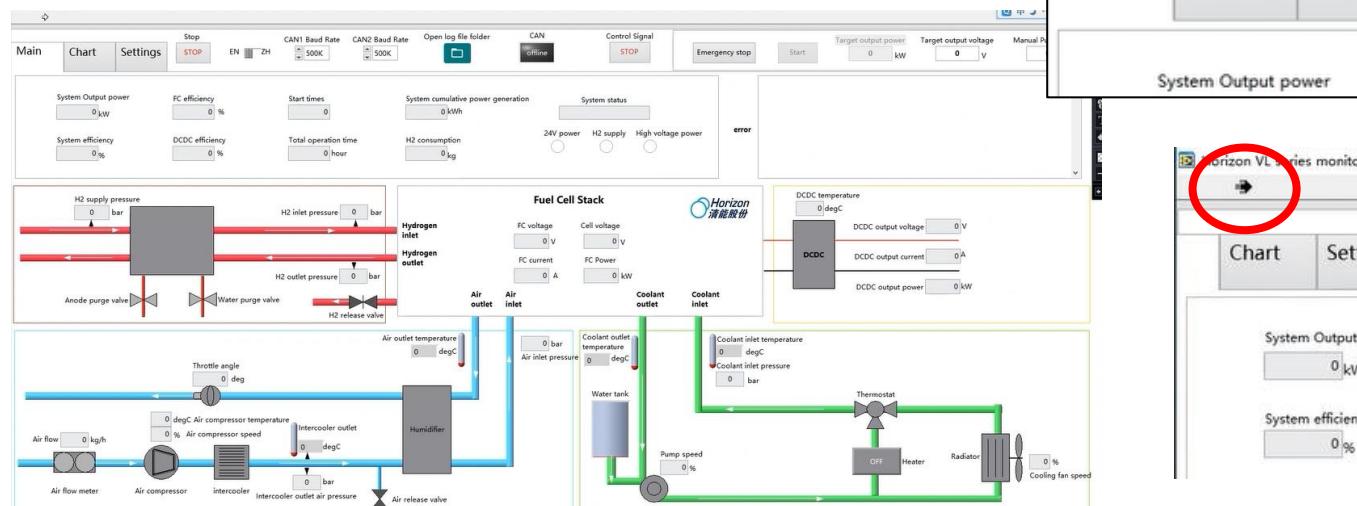
- **Controlador**
- **Condicionamento de energia:** O controlador condiciona a energia elétrica gerada pela célula a combustível, garantindo que ela atenda aos requisitos da aplicação que está alimentando.
- **Monitoramento de segurança e detecção de falhas:** Ele monitora diversos parâmetros do sistema e aciona alarmes ou desligamentos em caso de falhas ou desvios das condições seguras de operação.
- **Aquisição e análise de dados:** O controlador coleta dados operacionais de vários sensores, que podem ser usados para análise de desempenho e diagnóstico.
- **Controle de Sistemas Periféricos:** Em alguns casos, o controlador também pode gerir outros sistemas periféricos, como o sistema de armazenamento de combustível.

PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

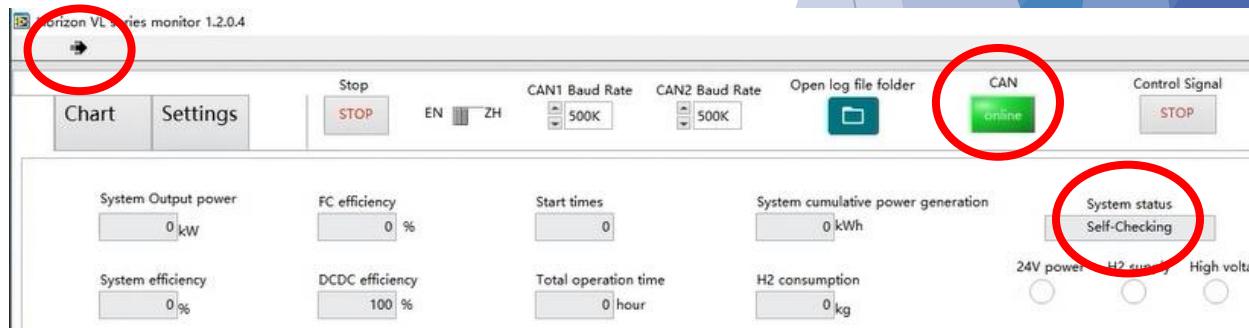
- Antes de realizar a partida da célula a combustível, deve-se retirar o ar que pode estar dentro da tubulação do líquido de refrigeração que passa pelo filtro deionizador, bomba d'água, radiador. Também, pode-se atualizar o firmware.

33) Partida: clicar na seta no lado superior esquerdo. A seta ficará preta, a comunicação CAN é acionada (verde) e vários parâmetros são atualizados.

- Pressão de suprimento (hydrogen supply pressure)
- Water tank
- Coolant inlet temperature and pressure
- Coolant outlet temperature
- Air outlet temperature
- H₂ inlet pressure (stack – valvula ainda fechada)

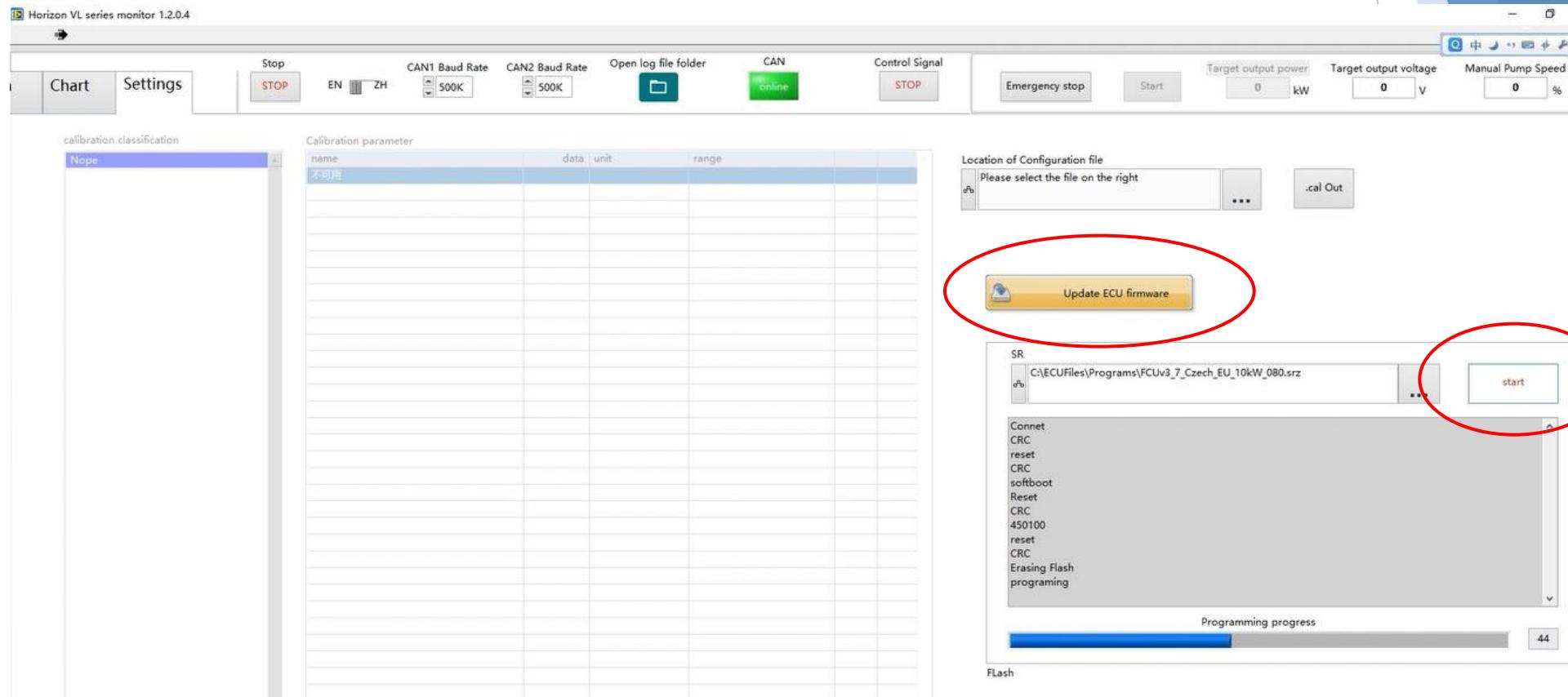


34) System Status entra no processo de Self-Checking (varredura das condições do sistema de célula a combustível)



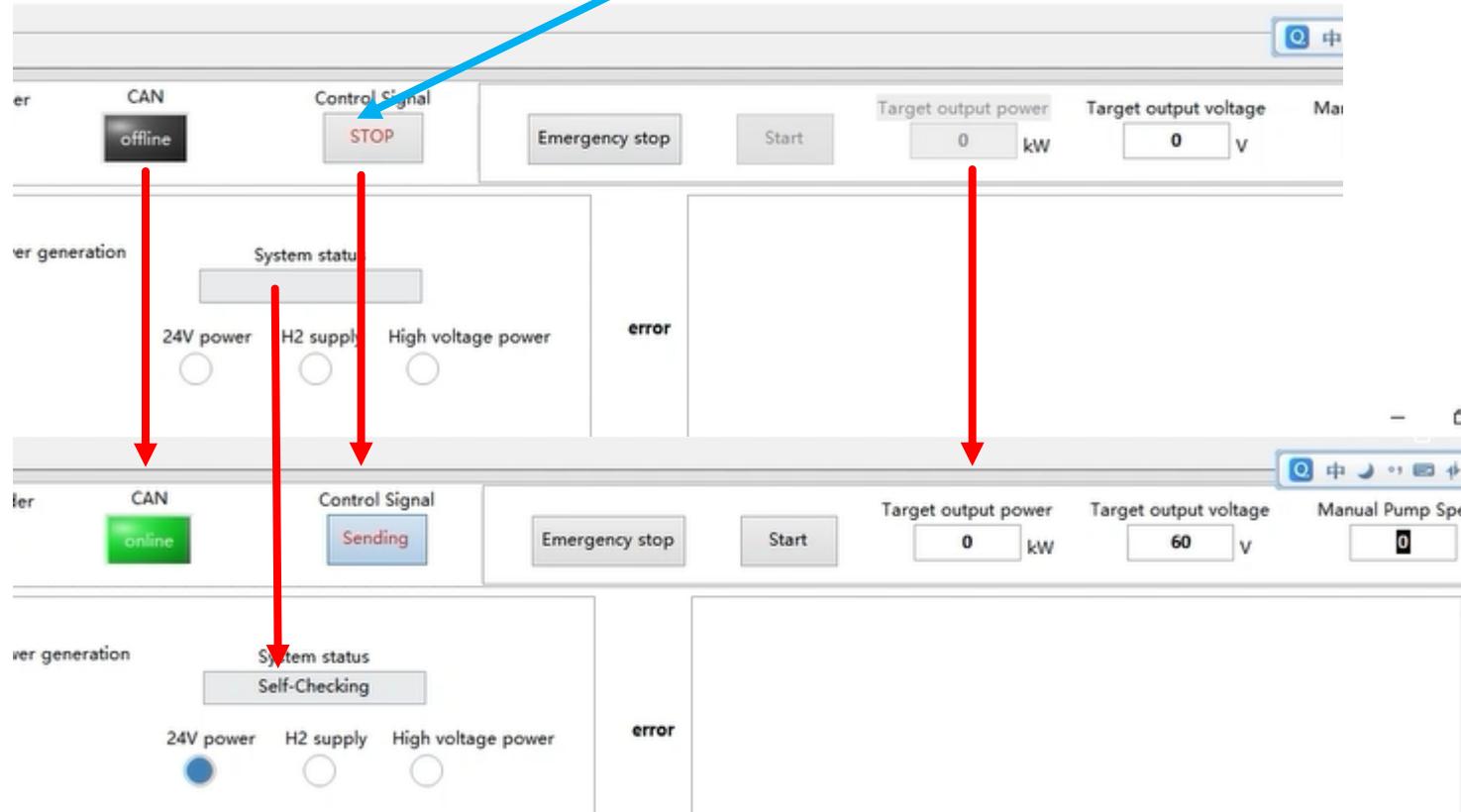
PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

- 35) Caso a célula esteja há muito tempo sem operar e exista a possibilidade de atualizar o firmware, deve-se clicar em Settings
- 36) Clicar em Update ECU Firmware
- 37) Arquivo SRZ e clica start e espera a barra de atualização ficar verde



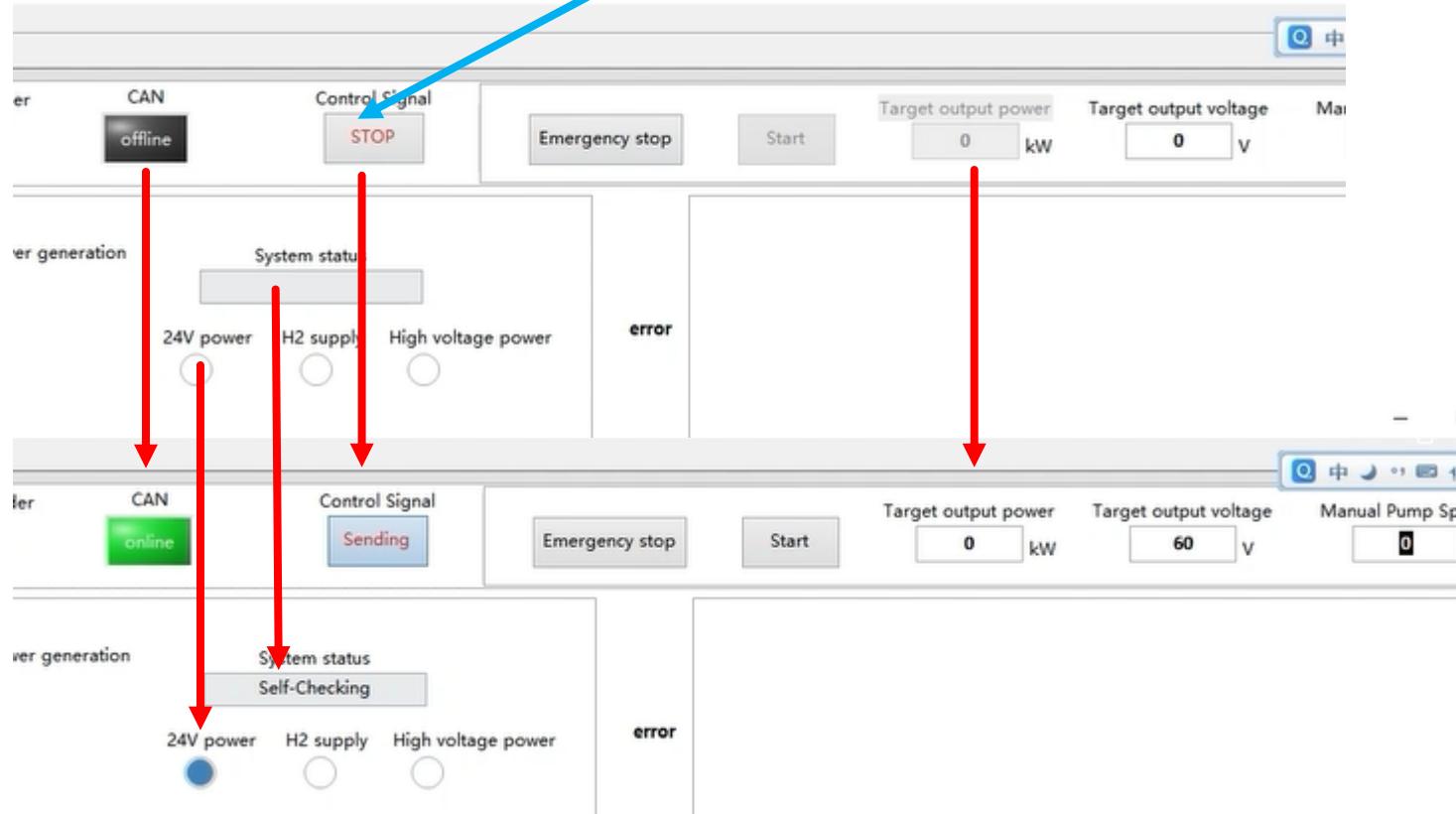
PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

- 38) Desligar a célula a combustível a partir do botão da seta no lado esquerdo superior
- 39) Clica novamente no botão da seta para ligar e reconectar a comunicação
- 40) Habilitar a inserção de informações clicando no botão STOP (mudará para Sending) abaixo de Control Signal



PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

- 38) Desligar a célula a combustível a partir do botão da seta no lado esquerdo superior
- 39) Clicar novamente no botão da seta para ligar e reconectar a comunicação
- 40) Habilitar a inserção de informações clicando no botão STOP (mudará para Sending) abaixo de Control Signal
- 41) A alimentação de 24V do sistema de célula a combustível será ativada em System Status

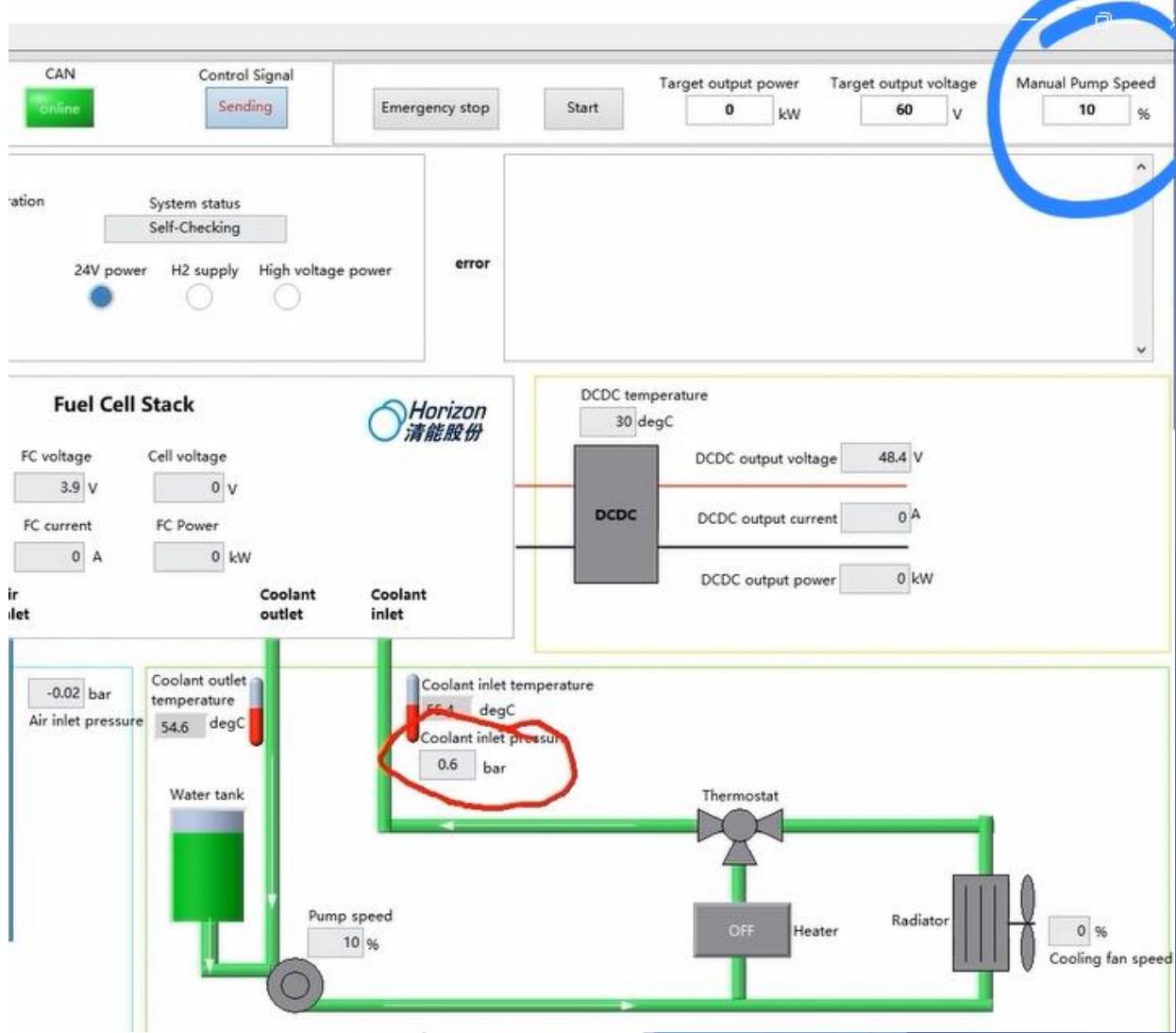


PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

42) Retirada do ar da tubulação do líquido de arrefecimento. Ligar a bomba d'água e executar uma sequencia passo a passo até atingir a pressão de 0,02 bar ou menos.

43) No campo de preenchimento Manual Pump Speed, deve-se executar etapas de incrementos da velocidade, por dois minutos cada. 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 0%.

44) Ao finalizar o processo de retirada do ar, verifique se o nível da água deionizada no tanque abaixou. Adicione com mais água deionizada até o limite permitido.

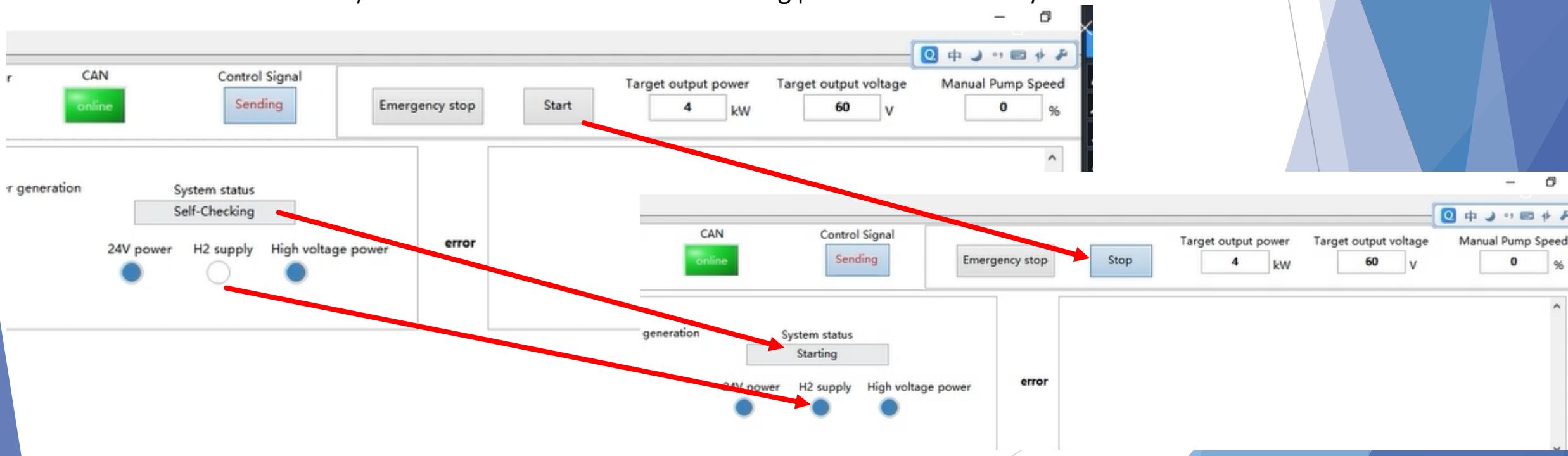


PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

- Bateria conectada, carga conectada, tubulação do líquido de arrefecimento sem ar, aterramento realizado, firmware atualizado, pode-se colocar a célula a combustível HFC-P10 para operar.

45) Operação da célula combustível. 4 passos após ligar a célula combustível pela interface no computador.

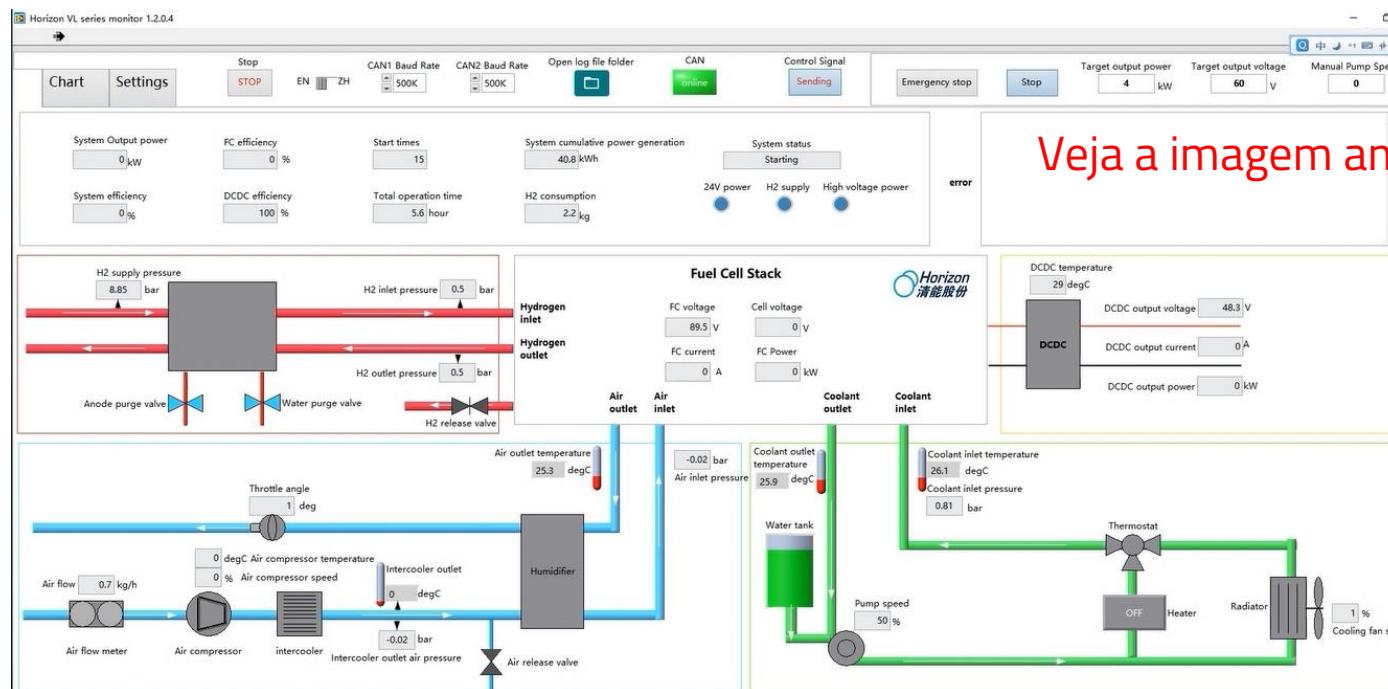
- Habilitar a inserção de informações a partir do botão abaixo do Control Signal (mudar STOP para Sending)
- Inserir a tensão de saída em Target Output Voltage (não superior a 60V)
- Inserir a potência desejada em Target Output Power.
 - Após inserir a potência, o High Voltage Power será ativado em System Status
 - O System Status mudará de Self-checking para o modo Standby



PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

45) Operação da célula combustível. 4 passos após ligar a célula combustível pela interface no computador.

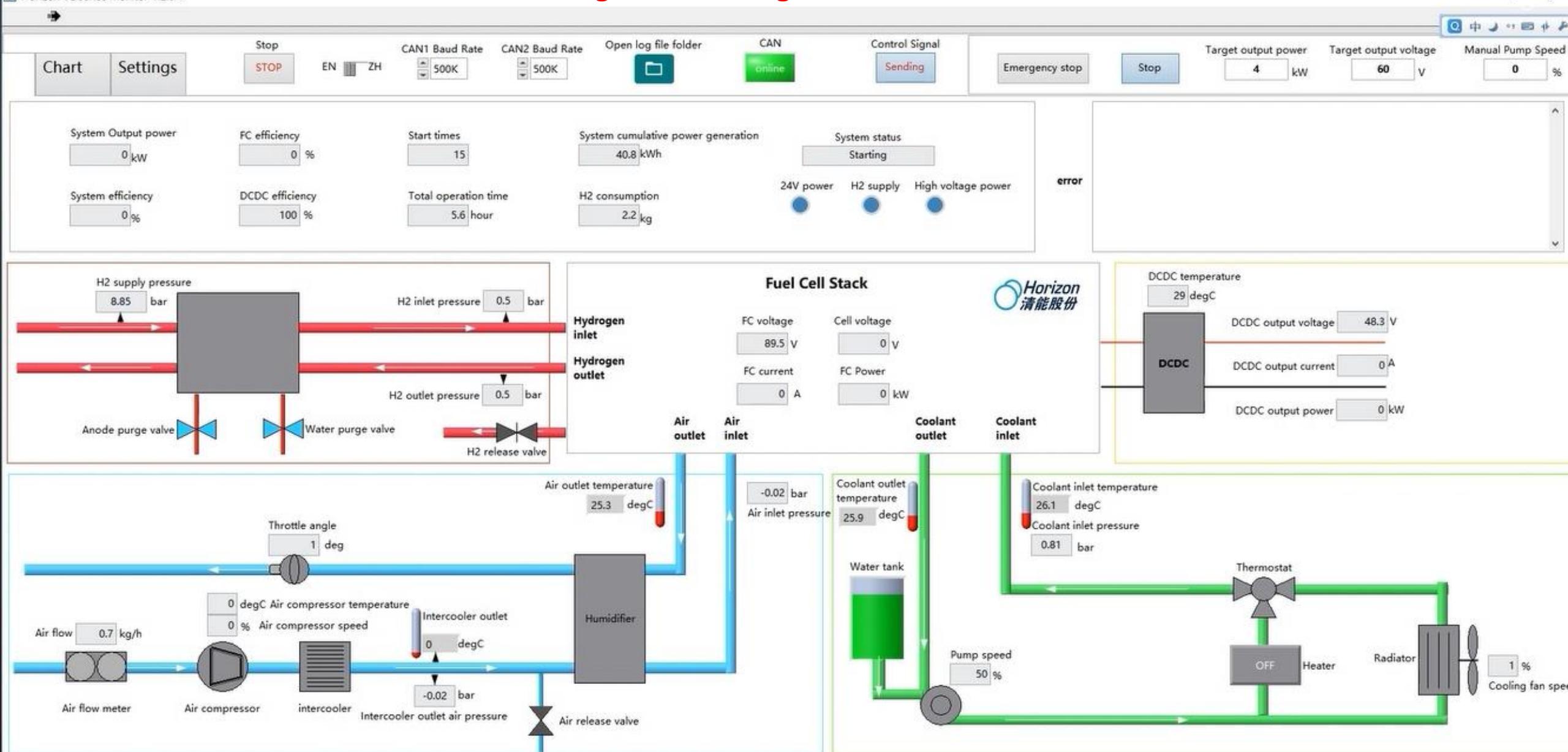
- d. Clique em Start após o System Status estiver no modo Standby
 - i. O System Status mudará do modo Standby para Starting
 - ii. Suprimento de hidrogênio é liberado e ativado no System Status
 - iii. A pressão do hidrogênio na fuel cell Stack fica em torno de 0,5bar
 - iv. As válvulas de purga são acionadas para realizar a limpeza na tubulação. Não precisa realizar limpeza prévia com nitrogênio
 - v. A tensão da fuel cell Stack em circuito aberto está em torno de 89V.
 - vi. Ao começar a produzir corrente elétrica, a tensão é reduzida.
 - vii. O System Status mudou de Starting para Running, isto é, a célula a combustível está produzindo energia elétrica e incrementando a potência até a potência alvo escolhida.



PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

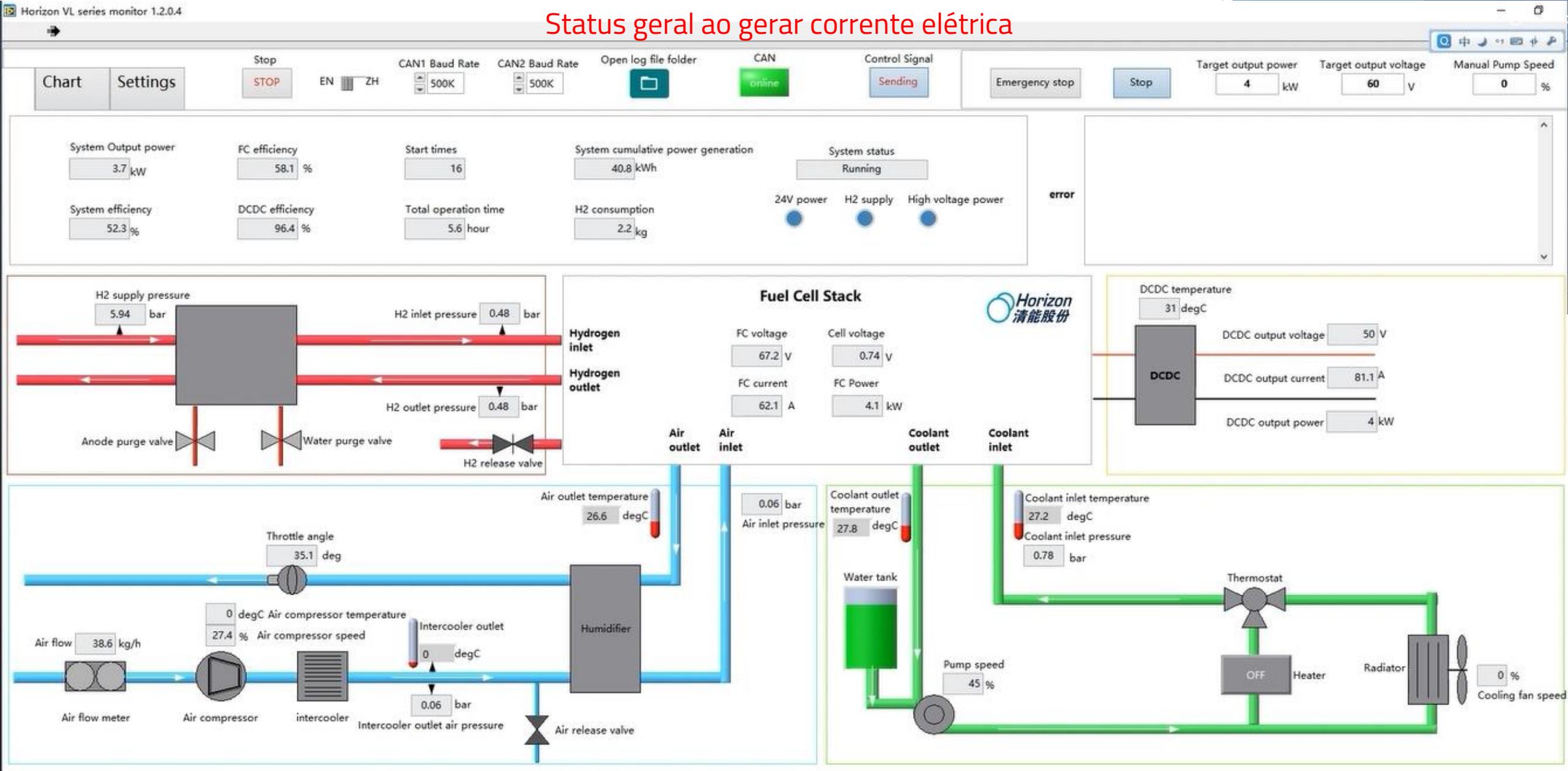
Status geral antes de gerar corrente elétrica

Horizon VL series monitor 1.2.0.4



PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

Status geral ao gerar corrente elétrica



PARTIDA DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

46) Pode-se observar alguns parâmetros durante a operação:

- a. A temperatura do líquido de arrefecimento na entrada e saída da fuel cell Stack. À medida que aumenta a potência, aumenta a temperatura na fuel cell Stack. Dependendo da temperatura ambiente, do tempo de operação da célula a combustível e da potência de saída, o ventilador do radiador será mais ou menos exigido.
- b. O compressor de ar é mais exigido quanto maior a potência para atender a vazão necessária para as reações eletroquímicas do oxigênio.
- c. A eficiência elétrica da fuel cell Stack e do sistema (Stack mais balanço de planta) reduzirá devido ao maior consumo dos componentes do balanço de planta.

DESLIGAMENTO DA CÉLULA A COMBUSTÍVEL HFC-P10

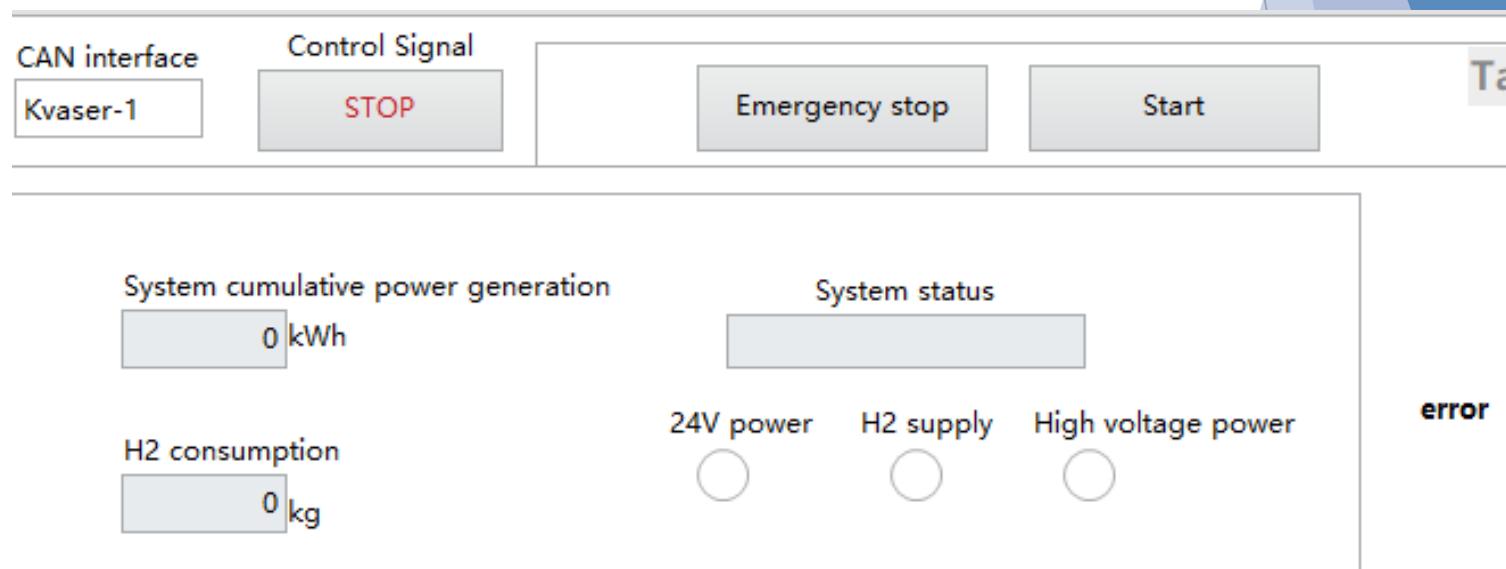
47) Desligamento: clicar em STOP

- a. System Status muda para Shutting Down
- b. A potência é reduzida até cessar a geração de energia (Potência e corrente elétrica zerada).
- c. Suprimento de hidrogênio é fechado e o System Status muda para Standby
- d. A pressão na linha de gás interna da fuel cell Stack começa a cair devido ao processo de purga de hidrogênio até zerar. Pode levar entre 30 segundos e 10 minutos.
- e. A célula a combustível desliga após realizar todo o processo de desligamento;

Operação de reinicialização por falha do sistema

Se o sistema relatar informações de falha relevantes durante a operação, para retornar o status do sistema ao estado de espera, proceda da seguinte forma:

1. Desligue a fonte de alimentação de 24 V (clique em Sending abaixo de Control Signal ou na seta preta no lado esquerdo superior);
2. Repita o processo normal de inicialização e o status do sistema exibirá "Standby" na interface.



Screen display control instructions

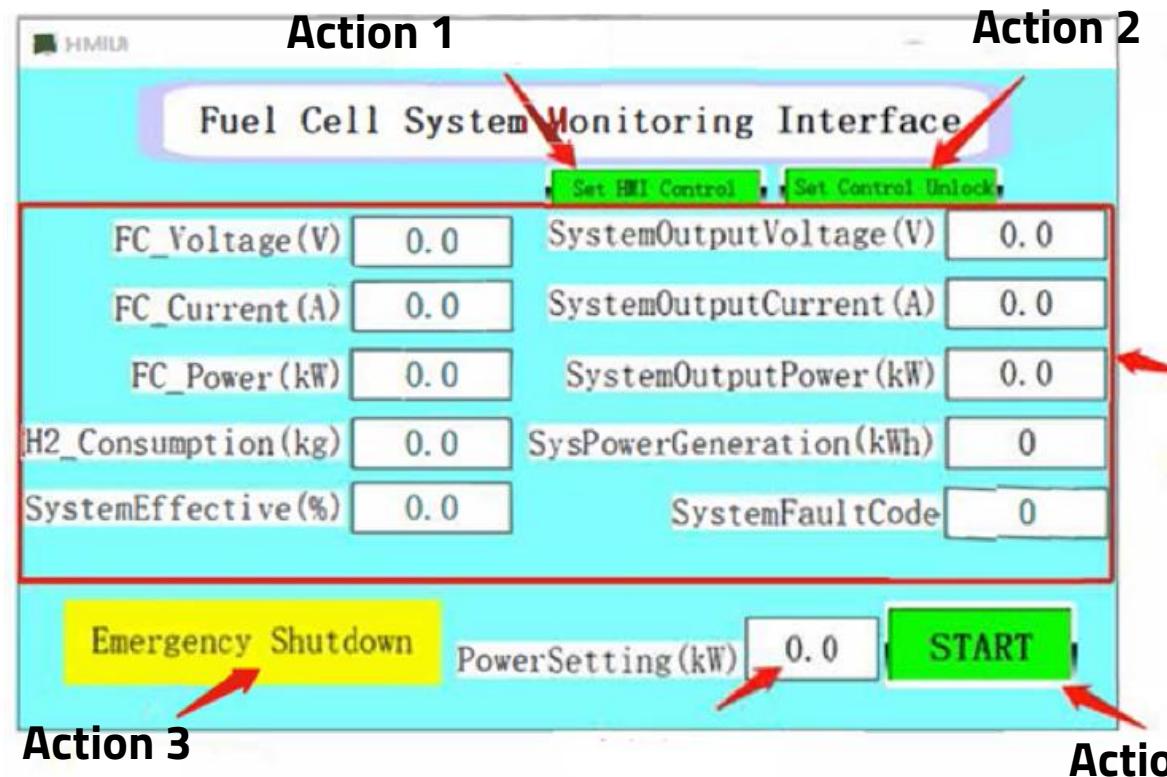
As shown in Figure 4-3, it is the control interface of our system. You can start and shut down the system and modify the power supply through the control of the screen.

Set Remote Control

Action 1: When you click this button (**Set HMI Control**), it will change to (**Set Remote Control**). At this point, it can operate on the display, otherwise, network operations will be performed (Set Remote Control).

Action 2: This button is the **lock** key of the screen. Before performing power settings and other operations, click this button and it will become (Set Control Lock). Otherwise, the screen will not work.

Set Control Lock

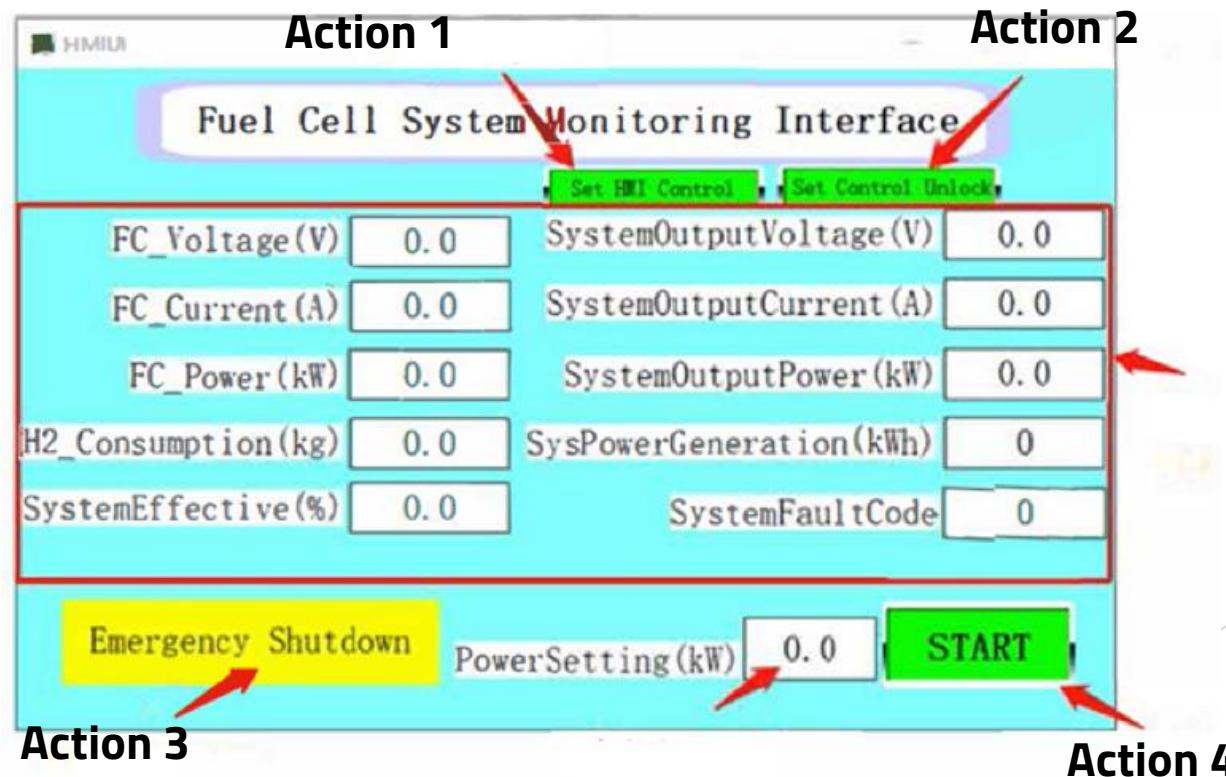


Screen display control instructions

As shown in Figure 4-3, it is the control interface of our system. You can start and shut down the system and modify the power supply through the control of the screen.

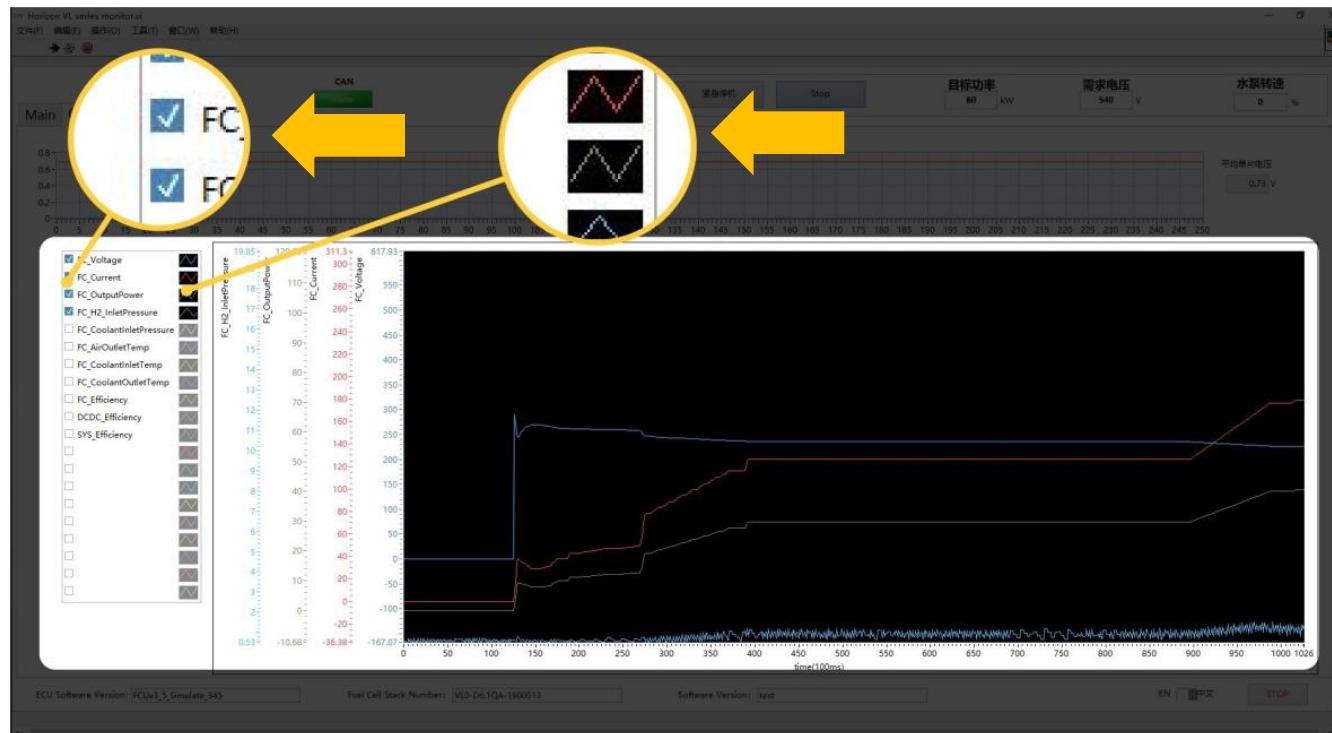
Action 3: This is the system **emergency stop button**. When the button changes to (Reset Normal Mode), the system will be in emergency stop state.

Action 4: After the power settings are completed, click this button (START) to change to (STOP) to start the system. Clicking again will stop the system.



Chart

- Na interface de visualização do gráfico, você pode visualizar os históricos dos dados. Tanto o eixo X quanto o eixo Y podem alterar o intervalo do eixo, modificando os números em ambos os lados. O eixo Y suporta a operação do mouse. Quando o mouse se move para o intervalo correspondente do eixo Y, o eixo Y pode ser ampliado e reduzido usando a roda do mouse.
- Você pode marcar as opções no lado esquerdo do gráfico para mostrar/ocultar as curvas.
- A caixa à direita contém as opções de configuração da curva, e você pode alterar a cor da curva e outros itens de configuração.



Gravação de dados

Após o programa ser executado corretamente, o Labview salvará automaticamente os dados em uma pasta chamada SAVE, que pertence à mesma pasta onde o aplicativo está localizado.

名称	修改日期	大小	类型
2020-07-27_08-56.xls	2020/7/27 9:26	190 KB	Microsoft Excel ...
2020-07-27_08-56-21.blf	2020/7/27 9:26	5,411 KB	Binary Logging ...
2020-07-27_10-31.xls	2020/7/27 10:43	75 KB	Microsoft Excel ...
2020-07-27_10-31-57.blf	2020/7/27 10:43	2,294 KB	Binary Logging ...
202004170333.xls	2020/7/24 16:55	53 KB	Microsoft Excel ...
readme.txt.txt	2020/5/26 14:10	1 KB	TXT 文件

Manutenção do Sistema de Célula a Combustível

A manutenção do sistema de célula a combustível é dividida em:

- Inspeção e manutenção diária
- Inspeção e manutenção semanal
- Inspeção e manutenção mensal
- Inspeção e manutenção de armazenamento de longa duração.

A seguir, uma breve descrição das atividades de manutenção para cada período.

Inspeção e manutenção DIÁRIA do sistema de célula combustível

Item	Item de manutenção	Método de execução	Tempo estimado	Observações
1	Após a partida, observe se cada parâmetro está normal.	Após ligar o equipamento, ocorre a partida e vários parâmetros são observados na tela de exibição e inspecionados visualmente.	5min	

Inspeção e manutenção SEMANAL do sistema de célula combustível

Item	Item de manutenção	Método de execução	Tempo estimado	Observações
1	Verifique o nível da água de resfriamento	Verifique visualmente o nível do tanque de água	3min	Quando o nível do líquido estiver abaixo da linha inferior, reabasteça o líquido refrigerante a tempo e não exceda o nível superior do tanque. Em ambientes com temperatura superior a 5 graus, utilize água deionizada.
2	Detecção de vazamento no sistema	O sistema é ligado, o hidrogênio é introduzido através do controle do sistema e o instrumento de medição portátil detecta vazamentos.	5min	Detector de vazamento não mostra vazamento de hidrogênio
3	Limpeza do sistema	Limpe com uma pistola de ar ou aspirador de pó para remover materiais estranhos	5min	Limpo e livre de corpos estranhos

Inspeção e manutenção MENSAL do sistema de célula combustível

Item	Item de manutenção	Método de execução	Tempo estimado	Observações
1	Componentes elétricos de alta e baixa tensão	Verifique se os plugues de alta e baixa tensão estão soltos, se o chicote elétrico está bem fixado e se há algum desgaste.	5min	Fornecer informações oportunas quando anormalidades forem descobertas
2	Inspeção da fixação de componentes do sistema	Verifique se todas as peças estão firmemente fixadas e se os parafusos estão soltos	5min	Fornecer informações oportunas quando anormalidades forem descobertas
3	Inspeção do Radiador	Verifique se o radiador está bloqueado por matéria estranha	5min	

Manutenção em períodos de armazenamento acima de 30 dias

Item	Item de manutenção	Método de execução	Tempo estimado	Observações
1	Antes do desligamento e armazenamento de longo prazo	Certifique-se de que a célula combustível esteja desligada e purgada normalmente, e que o interruptor principal de alimentação de 48V esteja desligado. Se água deionizada ou purificada for adicionada, drene o líquido de arrefecimento na tubulação.	10min	Certifique-se de que a célula combustível esteja desligada e purgada normalmente, e que a fonte de alimentação de 48V esteja desligada. Se água deionizada ou purificada for adicionada, drene o líquido de arrefecimento na tubulação (se a temperatura ambiente mais baixa for inferior a 5 °C, deve-se usar anticongelante especial para célula a combustível).
2	Verifique o combustível regularmente	Ligue o interruptor de 48V, faça a célula a combustível funcionar por mais de 20 minutos e depois desligue o sistema normalmente.	30min	Ligue e deslique a célula a combustível uma vez por mês

Troca regular dos componentes de manutenção

Para garantir a operação segura e estável do sistema de célula combustível, é necessária a manutenção preventiva periódica do sistema para garantir que o sistema continue operando com segurança. Os usuários devem realizar as tarefas de manutenção de acordo com o cronograma de manutenção e registrar cada tarefa e a data. Os requisitos de manutenção são mostrados na a seguir.

Item	Item de manutenção	Método de execução	Tempo estimado	Observações
1	Filtro de ar	1. Purga e remoção de poeira 2. Substituição	O elemento filtrante deve ser trocado após 150 horas de trabalho	
2	Deionizador	troca	500h	Recomenda-se substituí-lo a cada dois meses após o primeiro uso.
3	Líquido refrigerante	troca	1 Ano	
4	Pontos de fixação e conectores	solução de problemas	Meio ano	Verifique todos os pontos fixos e conectores do sistema de célula combustível a cada seis meses

