Especificação de equipamentos para laboratórios de mobilidade elétrica

cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PROFISSIONAIS PARA ENERGIAS DO FUTURO

Especificação de equipamentos para laboratórios de mobilidade elétrica

Projeto
Sistemas de Energia do Futuro - Iniciativa Profissionais para Energias do Futuro
Sistemas de Propulsão Eficiente (PROMOB-e)

Coordenação de trabalho
Martin Studte (GIZ)

Autor
Nicolas Bogdanski (TÜV Rheinland)

Coautores
Carlo Humberg (TÜV Rheinland)
Ricardo Duarte (TÜV Rheinland)

Revisores Técnicos
Bruno Carvalho (GIZ)
Roberta Knopki (GIZ)
Roberto Bigonha (GIZ)

Agradecimentos e contribuições
Alexandre José Araújo dos Santos (SENAI SC)
Celson Pantoja Lima (SENAI SC)
Edilson de Oliveira Caldas (SENAI DN)
Luciane Canha (UFSM)
Otávio Derenievicki Filho (SENAI PR)
Renato Simão (SENAI SC)
Valério Mendes Marochi (SENAI PR)

Capa, projeto gráfico e diagramação
Núcleo de Comunicação e Processos Digitais (NCPD) - GIZ no Brasil

Agosto de 2021

Projeto Sistemas de Energia do Futuro
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
SCN Q.1 Bloco C Sala 1501 – 15o andar Ed. Brasília Trade Center
Brasília-DF, 70.711-902
+55 (61) 2101-2170
giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

INFORMAÇÕES LEGAIS

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra desde que citada como fonte o Projeto Sistemas de Energia do Futuro e para outros usos comerciais, duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito da GIZ.

Índice

1. Estrutura do relatório 4
2. Descrição dos conceitos 5

2.1 Layout de nível básico (faça-você-mesmo) 6
2.2 Layout de nível médio 7
2.3 Layout de nível avançado 7

3. Componentes previstos nos laboratórios.....9

3.1 Controlador de interface 9
3.2 Fonte AC e DC controláveis 9
3.3 Dispositivo de monitoramento do isolamento 10
3.4 Medidor universal de energia 10
3.5 Emulador EVSE Universal 10
3.6 Medidor de potência de alta precisão 11
3.7 Simulador de rede 11
3.8 Sistema de armazenamento de bateria 12
3.9 Simulador de bateria 12
3.10 Sistema FV 12
3.11 Simulador FV 12

4. Exercícios técnicos laboratoriais 14

4.1 Implementação de estações de carga Tipo 2 (nível 1) 14
4.2 Implementação da estação de carga CCS DC (nível 1) 14
4.3 Teste de imunidade de carga de CCS de veículos elétricos (nível 2) 15
4.4 Teste de compatibilidade da infraestrutura de recarga (nível 2) 15
4.5 Otimização da estratégia de cobrança para um caso de uso (nível 3) 15
4.6 Desenvolvimento de uma infraestrutura otimizada para um determinado perfil de carga (nível 3) 16

5. Equipamentos de Formação Profissional 17

1. Estrutura do relatório

Este documento traz uma especificação técnica para um laboratório de treinamento em mobilidade elétrica (foco na infraestrutura de recarga), dividido em três níveis:

1) equipamentos simples,

2) equipamentos de média complexidade/investimento,

3) equipamentos mais complexos.

A fim de atender aos diferentes perfis de requisitos dos institutos de pesquisa e ensino brasileiros, um conceito escalonado em três níveis foi desenvolvido. Estes três conceitos são descritos com mais detalhe no capítulo 2, juntamente com uma discussão sobre a aplicabilidade dos equipamentos aos diferentes objetivos das instituições de ensino e pesquisa.

A descrição dos conceitos é feita primeiro de uma forma genérica para destacar a ideia geral por trás do uso dos equipamentos de diferentes níveis. No capítulo 3, os níveis dos equipamentos são então detalhados e são dados exemplos que resultam das diferentes especificações e variações com relação à qualidade. Desta forma, também é possível fazer mais ajustes nas três categorias de layout descritas em termos de orçamento disponível, bem como de precisão e desempenho.

Visando permitir uma visualização mais concreta dos layouts apresentados, ao final do capítulo 3 é fornecida uma lista de componentes sob a forma de links para possíveis fornecedores. Ressalta-se que se trata de uma seleção indiscriminada, ou seja, os links têm por objetivo apenas servir como exemplos.

O capítulo 4 introduz exercícios selecionados para os quais o equipamento escolhido pode ser utilizado com alunos e alunas. Trata-se de aplicações básicas e muitas outras atividades podem ser desenvolvidas pelos docentes locais.

2. Descrição dos conceitos

Os protocolos de comunicação comuns entre veículos elétricos (VE) e estações de recarga (EVSE - Electric Vehicle Supply Equipment) são baseados no respectivo padrão de carregamento. Os padrões de carregamento são divididos em carregamento AC (corrente alternada) monofásico e trifásico e carregamento DC (corrente contínua).

Para carregamento AC, o conector IEC 62196 tipo 2 é amplamente utilizado na Europa e o conector IEC 62196 tipo 1 é amplamente utilizado na América. Aqui, o barramento CLP (Controlador Lógico Programável) é usado como base de comunicação entre VE e EVSE. Os plugues tipo 1 e tipo 2 são equipados com contatos DC adicionais para carregamento DC e assim formam os conectores Combo 1 (América) e Combo 2 (Europa), que continuam a permitir a comunicação via CLP. Na Ásia, são utilizados conectores CHAdeMO (Japão) e conectores GB/T 20234 (China). Nesta aplicação, o CAN (Controller Area Network) é utilizado para comunicação com o VE.

A concepção de soluções que permitem testar a infraestrutura de tarifação e realizar treinamentos sobre conceitos de tarifação de forma simples ou muito abrangente é, por si só, muito complexa. Esta complexidade resulta da variedade de diferentes conceitos de tarifação e das interfaces não padronizadas.

Assim, mesmo conceitos muito simples resultam em uma lista mais ou menos extensa de requisitos para o escopo dos serviços e o número de equipamentos. Por este motivo, a descrição dos equipamentos necessários aqui apresentada nem sempre trata separadamente dos seus requisitos no que diz respeito à magnitude da energia elétrica, uma vez que se assume que os dispositivos com uma potência elétrica correspondentemente grande devem ser utilizados para a aplicação e nos teste dos níveis de desempenho correspondentes.

Um obstáculo particular na maioria dos conceitos de carregamento é a interface de comunicação entre o equipamento de carregamento e o objeto a ser carregado. Por esta razão, mesmo para conceitos simples de ensino e teste, o esforço já deve ser despendido em relação às interfaces de comunicação. No entanto, os conceitos apresentados perseguem a ideia de utilizar o menor número possível de componentes, preferencialmente com baixo custo de investimento, para o conceito de nível básico, a fim de criar um ambiente de teste prático através da sua combinação e do correspondente tempo necessário para a implementação por parte do usuário.

O conceito de nível médio baseia-se em uma solução pré-montada por vários fabricantes. Em termos de investimento, este conceito já envolve um certo esforço, compensado por um nível de flexibilidade extremamente elevado, que permite testar tanto os sistemas de carregamento como os veículos e, sobretudo, avaliar detalhadamente a comunicação entre os dois. Este conceito entra em grande detalhe nos vários protocolos de carregamento e, portanto, também permite examinar erros, inclusive de pacotes de dados trocados. Assim, já com o conceito de nível médio é possível uma consideração abrangente de todos os aspectos relacionados à EVSE.

A combinação dos conceitos de nível básico e médio também deve ser considerada para o conceito avançado. Em contraste com os conceitos anteriores, a integração de diferentes fontes e cargas também deve ser considerada aqui e interligada sob a forma de gestão do fluxo de carga. O objetivo aqui também é descrever um conceito que seja o mais aberto possível, considerando a realidade de infraestrutura muito diferente entre os institutos de ensinos e pesquisa brasileiros. Assim, este conceito também leva em conta a utilização de fontes e cargas reais (por exemplo, fotovoltaicos, armazenamento de baterias) e descreve simultaneamente a utilização de simuladores correspondentes.

2.1 Layout de nível básico (faça você mesmo)

Usando uma quantidade mínima de equipamentos de carregamento para testar as funções básicas do procedimento de carregamento de veículos eléctricos (VE), esse nível permite um nível mais baixo de geração de dados relativos a questões típicas de comunicação e funcionais.

A instalação de uma bancada de teste básica requer os seguintes componentes:

- Um **controlador de interface (comunicação)** para os vários protocolos de comunicação baseados nos padrões de carregamento AC (Tipo-1, Tipo-2) e carregamento DC (CCS, CHAdeMO e GB/T).
- Uma **fonte AC e DC controlável e ajustável** para alimentar a recarga no VE ou ajustar a energia do EVSE após um início bem sucedido.
- Um **medidor de energia universal** para monitoramento da energia carregada.
- Um plugue para ligar o VE à estação de recarga ou ao carregador, transferir a energia e possibilitar a comunicação com base nas normas Type-1, Type-2, GB/T, CCS e CHAdeMO.

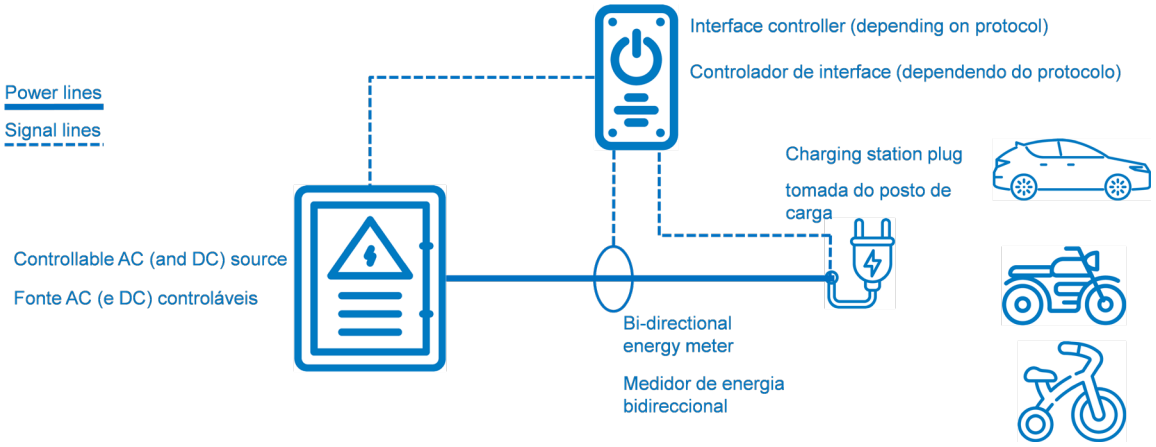

Figura 1: Esquema dos componentes básicos da estação de carga

O controlador de interface combina a comunicação entre o VE e o controle da eletrônica de potência para configurar os parâmetros de carga desejados pelo veículo. Ele é capaz de traduzir vários padrões de comunicação entre EVSE e VE em Ethernet para a comunicação com a eletrônica de potência, por exemplo. Ao mesmo tempo, ele visualiza o estado do processo de carga e pode fornecer os respectivos parâmetros de carga reais por meio de um medidor de

energia externo. Um software de gestão de estações de carga pode subordinar este sistema, que forma a base de uma bancada de ensaio com o equipamento listado. No entanto, é flexível e pode também receber atualizações, se necessário. Assim, podem ser implementadas capacidades de carga mais elevadas, novas normas de carga ou um campo de aplicação alargado (por exemplo, pantógrafo).

Faixa de custo: aproximadamente 65.000 BRL - 1.000.000 BRL

2.2 Layout de nível médio

Para poder utilizar todas as funções do layout de nível básico de forma flexível, sem esforço de desenvolvimento, o layout de nível médio consiste em uma solução pronta para a simulação de VE ou EVSE (Figura 2). Normalmente, esta solução oferece a possibilidade de gravar uma comunicação de carga como *man-in-the-middle* entre dois participantes ativos (VE e EVSE) e de manipulá-la, se necessário.

Simulações abrangentes de falhas, mas também propriedades específicas do veículo, podem ser mapeadas tanto na função como VE, como EVSE, quanto como *man-in-the-middle*.

Todas as aplicações deste sistema podem ser implementadas com os padrões comuns. Estas incluem, por exemplo, Type-1, Type-2, CCS, CHAdeMO e GB/T.

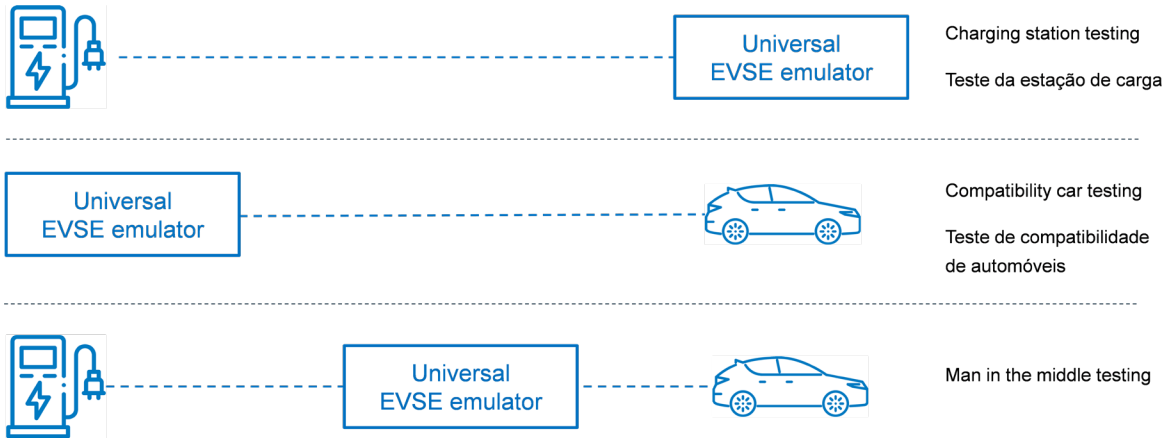

Figura 2: *Esquema dos casos de utilização de uma solução de teste de carga universal*

Este sistema é modular e pode ser renovado ou adaptado pelo fabricante, se necessário. Dependendo da configuração, a eletrônica de potência adequada para testes elétricos pode ser incluída. No entanto, o foco aqui são os testes de conformidade e interoperabilidade da comunicação das normas mais comuns. Além disso, a reação do dispositivo em teste (DUT – *Device Under Test*) pode ser analisada através da manipulação direcionada da comunicação ou dos parâmetros de carga.

As sequências de teste podem ser automatizadas e os resultados são então visualizados.

Faixa de custo: aproximadamente 50.000 BRL - 2.000.000 BRL

2.3 Layout de nível avançado

Em contraste com os conceitos de teste descritos acima, que trataram principalmente da estação de carga e do objeto a ser carregado, o conceito aqui descrito visa um espectro muito mais amplo. Devido ao poder de carga por vezes elevado, mas também devido à integração de diferentes fontes de energia (por exemplo, energias renováveis), pode fazer sentido realizar uma gestão de carga. Desta forma, diferentes geradores, mas também a potência de carga, podem ser combinados de uma forma ideal e a sua utilização pode ser otimizada.

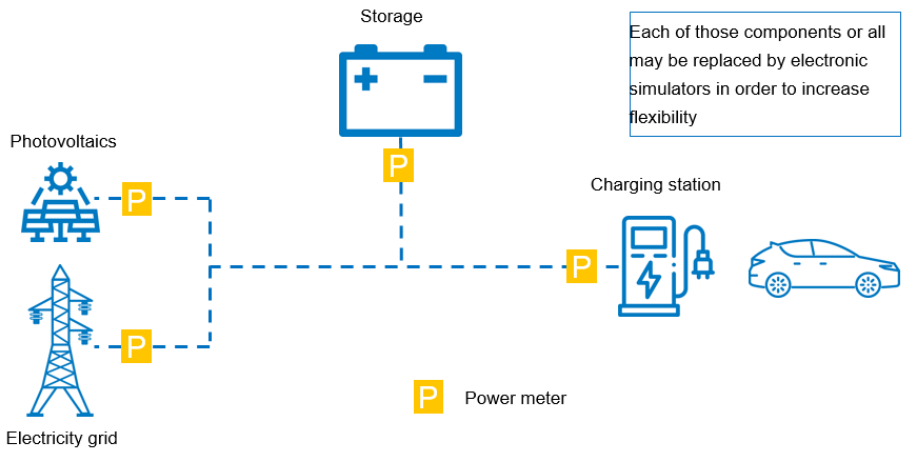

Figura 3: Esquema do layout do nível avançado do laboratório (níveis 1 e 2 incluídos mas não mostrados aqui)

A fim de assegurar o maior grau de flexibilidade possível, este conceito tem uma estrutura muito modular. Cada um dos geradores ou consumidores envolvidos pode ser integrado sob a forma de dispositivos reais (fotovoltaicos, energia eólica, armazenamento de energia etc.) ou substituído sob a forma de simuladores correspondentes. Esta última abordagem é muito mais ampla no que diz respeito às possíveis áreas de aplicação dos equipamentos, uma vez que dispositivos reais dependem, por exemplo, de condições limite como a radiação do sol ou a velocidade do vento, reduzindo o espectro de curvas de carga que podem ser simuladas. Por outro lado, o uso de simuladores significa um custo muito mais elevado. Conceitos mistos também são geralmente possíveis e podem ser ampliados conforme necessário.

O componente central de todas as soluções é um controle acurado dos componentes utilizados, que deve ser baseado em uma medição sólida de todos os fluxos de energia significativos. Para este fim, todos os componentes relevantes devem ser equipados com interfaces adequadas (de preferência Ethernet) para permitir o seu controle central. O mesmo se aplica aos dispositivos de medição de potência correspondentes. No caso mais simples, estes podem consistir em medidores de potência ativa, que podem ser lidos através de uma interface. Para considerações mais aprofundadas e para o balanceamento de possíveis picos de potência transientes, é aconselhável utilizar dispositivos de medição de alta qualidade ou até analisadores de potência de ponta. No entanto, estes últimos só são adequados para aplicações puramente laboratoriais, pois dificilmente suportam a medição de sistemas distribuídos.

A leitura central, assim como a avaliação dos valores medidos e o controle dos geradores e consumidores com base em conceitos de controle definidos, deve ser controlada por computador e realizada com o auxílio de software apropriado[1].

Faixa de custo: aproximadamente 2.600.000 BRL - 6.000.000 BRL

1 Para a obtenção desses softwares pode-se recorrer a programas já existentes e comprovados, muito utilizados por laboratórios (como, por exemplo, Matlab e Labview) ou podem ser desenvolvidos pelos próprios laboratórios (o que pode demandar bastante tempo).

3. Componentes previstos nos laboratórios

É necessária uma vasta gama de equipamentos para implementar as abordagens descritas no capítulo anterior. De uma forma não exaustiva, os componentes individuais são descritos neste capítulo com mais detalhes na sua função. Finalmente, na tabela 2 são dados exemplos para uma possível seleção de componentes.

3.1 Controlador de interface

O controlador de interface é um controlador de comunicação flexível e aplicável. Ele representa um dispositivo para todas as funções de comunicação do EVSE ou do VE e está em conformidade com as normas comuns de carregamento de veículos elétricos. As seguintes características são as mais relevantes para a configuração de um banco de teste de carga.

Conformidade com as normas comuns de carregamento de veículos elétricos (Tabela 1)

- Comunicação com a eletrônica de potência via rede em barramento
- Flexível e aplicável como controlador VE ou EVSE
- Identificação do veículo possível através de Meios de Identificação Externa (EIM – *External Identification Modes*), RFID, Autocharge, Plug & Charge ready)
- Atualizável para padrões futuros

Os padrões das interfaces de carregamento comuns estão listados na Tabela 1.

Padrões da interface de carregamento DC	IEC 61851-23 DIN 70121 ISO 15118-2/-3 ISO 15118-20 SAE J1772 SAE J2847/2 CHAdeMO GB/T 27930 OppCharge
Padrões de interface de carregamento AC	IEC 61851-1

***Tabela 1**: Padrões de interfaces de carregamento*

3.2 Fonte AC e DC controláveis

Para simular o EVSE ou o VE e testar o outro lado, a energia elétrica é alimentada ou absorvida com a eletrônica de energia AC e DC. A eletrônica de potência é controlada através de uma rede em barramento e é ajustável de forma flexível na sua tensão, potência e frequência do sinal de saída.

Uma função adicional opcional é o registro de dados. Se utilizada em uma forma adequada e de comunicação ativa com o controlador, um contador de energia adicional torna-se redundante.

Um dispositivo de monitoramento de isolamento deve fazer parte da fonte de energia. Se este não for o caso, o equipamento de expansão correspondente é descrito a seguir.

3.3 Dispositivo de monitoramento do isolamento

Por razões de segurança, o circuito de carga é configurado como um sistema de alimentação de corrente contínua não ligado/desligado com monitoramento do isolamento. Durante o carregamento, o dispositivo de monitoramento de isolamento (IMD – *Insulation Monitoring Device*) monitora todo o circuito de carregamento desde a estação de carregamento até o veículo elétrico. Nesta configuração, o IMD do VE deve ser desligado.

3.4 Medidor universal de energia

Utilizando um medidor de energia, a potência de carga pode ser monitorada e comunicada ao controlador de carga. O monitoramento pode ser desde básico de quilowatts-hora até monitoramento bidirecional AC e DC da produção e consumo de energia. O aparelho lê, registra e armazena dados de energia, tensão, corrente e ampère-hora para posterior download, relatório e análise. Uma rede em barramento é usada para transmitir os dados medidos para o controlador. Além disso, tal dispositivo, no caso de conectado a todos os geradores e cargas relevantes, permite desenvolver e otimizar estratégias de carregamento baseadas em fontes de energia renováveis em combinação com dispositivos de armazenamento. Os medidores de energia ou medidores de potência permitem determinar a geração e o consumo de energia em qualquer momento e, portanto, permite que o operador desenvolva estratégias de controle dedicadas.

3.5 Emulador EVSE Universal

Uma combinação de controlador, conector, medidor de energia e fonte forma o emulador EVSE universal (UEE – *Universal EVSE Emulator*), que possibilita a realização de testes específicos. O equipamento apresenta uma gama muito ampla de aplicações, que são resumidas nos três casos a seguir.

Aplicação 1- Teste VE: O UEE é usado como uma insfraestrutura de carga universal, livremente configurável (por exemplo, polo de carga DC ou polo de carga AC). Testes funcionais da interface de carga de qualquer VE, bem como testes de segurança, interoperabilidade, conformidade e durabilidade são possíveis usando o dispositivo.

***Figura 4**: Esquema do emulador EVSE universal em teste VE*

Aplicação 2 - Teste EVSE: O UEE forma uma emulação de interface de carga universal e livremente configurável de um EV. Mesmo nesta configuração, isto permite testes funcionais, de segurança, interoperabilidade, conformidade e durabilidade para qualquer EVSE.

Figura 5: Esquema do emulador EVSE universal no teste EVSE

Aplicação 3 - Teste "Man-in-the-Middle": Nesta aplicação, o UEE está ligado a dois dispositivos reais. Todos os sinais elétricos, assim como a comunicação digital entre um EVSE e um VE, são capturados e manipulados, se necessário. O usuário pode identificar e rastrear possíveis problemas de interoperabilidade.

Figura 6: Esquema do emulador EVSE universal no teste "Man-in-the-Middle".

3.6 Medidor de potência de alta precisão

Para aplicações que requerem um alto grau de acurácia na determinação dos fluxos de carga, recomenda-se substituir os medidores de energia descritos no capítulo 3.4 por um medidor de potência de alta precisão. Desta forma, também é possível determinar processos transitórios ao longo do tempo e, sobretudo, cobrir requisitos mais amplos no que diz respeito à acurácia da potência. Além disso, também é possível avaliar os requisitos das estações de carga em relação à resposta da rede resultante de muitos critérios de conexão da rede local, tais como os utilizados pela maioria dos fornecedores de energia ao conectar as estações de carga à rede pública de abastecimento.

3.7 Simulador de rede

Um simulador de rede pode executar várias funções, conforme descrito no layout de teste. Basicamente, é uma fonte AC bidirecional livremente programável. Ele pode executar a função descrita no capítulo 3.2, mas também pode ser usado como um simulador de rede e assim simular diferentes redes de alimentação (50 Hz, 60 Hz, 230 V, 110 V). Neste contexto também simular diferentes estados de rede (variação da tensão limite e frequência limite, bem como diferentes cos ϕ).

Para poupar custos, tal fonte pode ser dispensada e a configuração de teste pode ser ligada diretamente à rede elétrica. No entanto, neste caso, outra função prática do simulador de rede é omitida, nomeadamente a possibilidade de o utilizar para qualificar diferentes estações de carregamento no que diz respeito aos critérios de ligação à rede local.

3.8 Sistema de armazenamento de bateria

Um sistema de armazenamento de bateria oferece uma possibilidade simples de armazenar energia em um sistema com recursos energéticos distribuídos (RED), e assim reduzir os picos do gerador e de carga. Tais sistemas estão se tornando cada vez mais populares em conexão com as energias renováveis e estão disponíveis em muitas formas com conceitos diferentes. A capacidade e o desempenho de tais sistemas devem ser ajustados aos geradores e consumidores existentes, a fim de permitir um equilíbrio ideal entre consumidores e geradores.

3.9 Simulador de bateria

Um simulador de bateria cumpre o mesmo propósito que uma unidade de armazenamento de bateria, mas pode ser usado de forma muito mais flexível. Podem ser definidas diferentes capacidades para uma determinada saída de energia e o comportamento de diferentes tipos de células pode ser simulado.

3.10 Sistema FV

O objetivo dos veículos movidos a eletricidade é evitar a emissão de CO2, o que só faz sentido se a energia for gerada a partir de energias renováveis. Fontes como a fotovoltaica e a eólica são intermitentes e seu perfil de geração deve ser levado em consideração para uma utilização otimizada. Por isso, faz sentido incluir uma instalação fotovoltaica com o seu perfil característico num ambiente de teste (as instalações eólicas também seriam possíveis aqui). O tamanho da usina está diretamente relacionado ao desempenho dos outros recursos utilizados. Para permitir o controle do sistema FV, deve ter-se o cuidado de garantir que o inversor do sistema possa ser controlado através de uma interface Ethernet. Neste caso, os componentes descritos no capítulo 3.4 normalmente não são necessários, uma vez que os valores reais dos valores de potência também são disponibilizados através da interface.

3.11 Simulador FV

Um simulador FV geralmente tem o mesmo propósito que um sistema FV. No entanto, oferece um grau de flexibilidade muito maior. Sistemas FV de diferentes tamanhos (kWp) podem ser simulados e um ponto ótimo pode ser encontrado para a aplicação correspondente. Uma vez que os sistemas FV reais dependem da respectiva irradiação solar no dia do teste, com a ajuda de um simulador podem ser simuladas diferentes situações de irradiação em qualquer período do dia.

***Tabela 2**: Lista exemplos de equipamentos com seu respectivo nível de layout.*

Dispositivo	Nível de layout	Classe do dispositivo	Fontes, potenciais Provedores	Especificações
Fonte DC controlável	1, 2, 3	Fonte	Pacific Power Source Inc. CromaATE Inc, Regatron Inc., KeysightTechnologies Inc.	Dependendo do caso de uso, exemplo: 50 kW, 0...650 Vdc
Fonte AC controlável	1, 2, 3	Fonte	Pacific Power Source Inc. Regatron Inc., Croma	50 kW, 0...230 VacLN 0...400 VacLL
Controlador de interface	1, 2, 3	Controlador	Vector Informatik GmbH Instrumentos do Texas	Interfaces: PLC, Ethernet, CAN, (RS232 / RS485)
Simulador de rede	3	Fonte, Afundamento	Regatron Inc., Croma, NH Research Inc.	por exemplo. 50 kW
Medidor de potência de alta precisão	3	Equipamento de medição	Dewesoftd.o.o. , Yokogawa Test & Measurement Corporation, Chroma ATE Inc. , Dewesoftd.o.o. , Yokogawa Test & Measurement Corporation, Chroma ATE Inc.	≥ 4 canais (em cascata) Precisão de 0,1% DC a 100 kHz Largura de banda
Medidor de Energia Universal	1	Equipamento de medição	AccuenergyCanada Inc. , SMA, Janitza, Instrumentos Nacionais, Dewesoftd.o.o.	Interfaces: RS232 / RS485, Ethernet Para corrente, tensão, potência, ver fonte controlável
Dispositivo de Monitoramento do Isolamento	1	Equipamento de medição	Bender GmbH & Co. KG	Interfaces: RS232 / RS485,
Emulador EVSE Universal	2	Controlador, Fonte	ComemsoGmbH, VectorInformatik GmbH, Chroma Systems Solutions Inc. , Keysight Technologies Inc.	Interfaces: Ethernet Incluindo suporte do tipo de carregamen-to preferido (CCS, Tipo 2, etc.)
Simulador de bateria	3	Fonte, Afundamento	CromaATE Inc, Regatron Inc. , KeysightTechnologies Inc. NH Research Inc. , Aerovironment Inc.	por exemplo, 50 kW, 1000 Vdc regenerativo incluindo emulação de bateria
Sistema FV	3	Fonte	Fornecedor local de FV	por exemplo, 15 kWp, Inversor deve permitir o controle via interface Ethernet
Simulador FV	3	Fonte	Croma, Regatron	por exemplo, 30 kW
Sistema de armazenamento de bateria	3	Fonte, Afundamento	Fornecedor local de ESS	por exemplo, 10 kWh AC ou DC acoplados

4. Exercícios técnicos laboratoriais

A seguir, são descritos alguns exercícios de laboratório que podem ser realizados com os equipamentos acima descritos. Além disso, muitas outras aplicações podem ser definidas. Dependendo do equipamento selecionado (especialmente a faixa de potência), as experiências podem ser estendidas e aplicadas a diferentes tecnologias de carga. Assim, os tópicos para carga indutiva e pantógrafos também podem ser cobertos por extensões relativamente simples.

4.1 Implementação de estações de carga Tipo 2 (nível 1)

Um dos primeiros passos que pode ser realizado com o layout de nível 1 e que também pode ser usado como um exercício no manuseio da tecnologia é o comissionamento das interfaces usando uma fonte AC controlável. Para este fim, as peças são fornecidas individualmente de forma desconectada e comissionadas com a ajuda de um computador. A tarefa aqui é inicialmente familiarizar-se com a tecnologia usando os manuais e conectar corretamente todos os componentes.

No passo seguinte, a fonte AC deve ser controlada de acordo com os regulamentos e ligada e desligada através da interface Ethernet. Diferentes configurações de energia podem ser feitas. Depois disso, a interface de carregamento pode ser colocada em funcionamento para finalmente testar um processo de carregamento de um dispositivo de teste, veículo elétrico ou numa motocicleta elétrica monofásica.

4.2 Implementação da estação de carga CCS DC (nível 1)

A segunda tarefa segue uma abordagem semelhante à anterior, exceto que, neste caso, deve ser criada uma estrutura de carregamento CCS (alternativamente CHAdeMO ou outras). Para tanto, uma fonte DC controlável é utilizada neste caso. Em geral, os mesmos passos descritos no capítulo 4.1 devem ser seguidos para carregar um VE via CCS.

O exercício pode ser estendido tentando detectar e decodificar a comunicação CLP do protocolo CCS usando um osciloscópio digital adequado ou um registrador de transientes (não incluído na descrição técnica). Para isso, é possível gravar o sinal de comunicação da linha correspondente, por exemplo, por acoplamento indutivo. No entanto, esta tarefa envolve alguma complexidade (especialmente na decodificação dos sinais) e nem sempre será bem sucedida.

4.3 Teste de imunidade de carga de CCS de veículos elétricos (nível 2)

A configuração de nível 2 do laboratório inclui equipamentos que permitem a comunicação entre a estação de carga e o veículo a ser monitorado em detalhe. Ao contrário do nível 1, esta comunicação também pode ser ativamente influenciada. Desta forma, os dados trocados entre a estação de carga e o veículo podem ser influenciados de uma forma direcionada. Também é possível investigar a susceptibilidade dos veículos e das estações de carregamento a pequenos desvios dos protocolos de comunicação pré-definidos, permitindo inclusive estudar e comparar estações de carregamento e veículos de diferentes fabricantes. Esta tarefa é muito extensa, uma vez que o número de parâmetros trocados é muito grande. Ao criar a tarefa concreta, é importante salientar claramente que nenhum parâmetro crítico que afete a segurança das baterias deve ser alterado.

4.4 Teste de compatibilidade da infraestrutura de recarga (nível 2)

Embora as interfaces de comunicação entre a estação de carga e o veículo sejam em grande parte definidas por protocolos correspondentes, incompatibilidades são repetidamente observadas em campo.

Em alguns casos, os tipos de veículos não são reconhecidos por certas estações de carregamento, a comunicação falha e o carregamento não pode ser feito. A este respeito, uma tarefa adicional interessante pode ser a verificação da compatibilidade entre a estação de carregamento e os tipos de veículos. Para tanto, as características dos diferentes tipos de postos de carga, bem como dos tipos de veículos, devem ser primeiro registradas (se ainda não forem fornecidas pelo fabricante dos dispositivos emuladores) e armazenadas numa base de dados. Desta forma, testes de compatibilidade com estas características, em movimento ou em laboratório, podem ser realizados, simulando um tipo de estação de carga com o emulador e testando-o contra muitos tipos diferentes de veículos, e vice-versa.

4.5 Otimização da estratégia de cobrança para um caso de uso (nível 3)

As estações de carregamento representam um desafio considerável para a rede de distribuição de energia. Em particular, as estações de carga DC com alta potência podem levar a instabilidades na rede. Por esta razão, a maioria dos operadores da rede requer precauções especiais por parte das estações de carga nos chamados códigos de rede. No caso da rede ameaçar tornar-se instável, as estações de carga devem reagir de determinadas formas. Além disso, existem requisitos relacionados a outras reações que a estação de carregamento pode exercer na rede de energia.

Portanto, investigar diferentes tipos de estações de carga no que diz respeito à sua conformidade com os códigos locais da rede pode ser uma tarefa interessante. Não será possível cobrir todos os requisitos (por exemplo, não podemos cobrir as emissões eletromagnéticas – EMC), mas as muitas medições que podem ser realizadas se mostram bem interessantes.

4.6 Desenvolvimento de uma infraestrutura otimizada para um determinado perfil de carga (nível 3)

O layout de nível 3 permite uma visão abrangente dos fluxos de carga em uma configuração real composta por diferentes geradores e diferentes cargas. Provavelmente, uma das tarefas mais complexas é capturar fluxos de carga comuns durante um período de tempo. Desta forma, um rico conjunto de dados para diferentes perfis de geração e de consumo pode ser criado ao longo do tempo.

Posteriormente, pode ser feita uma tentativa de otimização. Em um primeiro momento, isto deve ser simulado virtualmente, por exemplo, com Matlab. Desta forma, diferentes estratégias de otimização podem ser desenvolvidas e implementadas.

Em uma outra etapa, os dados, em particular os perfis de consumo (e possivelmente o consumo futuro quando as capacidades de carga forem expandidas), podem ser utilizados para otimizar a infraestrutura de geradores renováveis em conjunto com os sistemas de armazenamento.

5. Equipamentos de Formação Profissional

Nos capítulos acima foram apresentados layouts para laboratórios com equipamentos reais necessários à infraestrutura da mobilidade elétrica. Para laboratórios de formação profissional, há opcionalmente bancadas e equipamentos didáticos que também se apresentam como uma boa opção para uma série de atividades de ensino. Nesse caso, há diferentes fornecedores que podem ser facilmente identificados pelas instituições de ensino.