

Sistema Automatizado de Testes de Estações de Recarga de Veículos Elétricos em Corrente Alternada

Jonas Menon da Rosa, Cassiano Rech, Rafael C. Beltrame, Gabriel A. Salvatti, Ademir Toebe
Grupo de Eletrônica de Potência e Controle - GEPOC
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brazil

jonas.menonrosa@gmail.com, rech.cassiano@gmail.com, beltrame@gepoc.ufsm.br,
salvatti.gabriel@acad.ufsm.br, ademir.eng.eletrica@gmail.com

Resumo—A quantidade de veículos elétricos (VE's) vendidos anualmente vem crescendo exponencialmente por todo o mundo, e uma das principais necessidades de quem adquire um VE é encontrar formas de recarregar em casa. Muitos fabricantes de equipamentos já se atentaram a essa demanda crescente de soluções de carregamento. Porém, antes de lançarem seus produtos no mercado, estes fabricantes precisam garantir que seu equipamento funciona corretamente e está de acordo com as normas vigentes relacionadas ao tema. A automatização, a velocidade e a confiabilidade são os três aspectos principais buscados em rotinas de testes de validação da qualidade do item. Desta forma, este trabalho tem por objetivo apresentar um sistema automatizado de testes aplicado a estações de recarga de veículos elétricos em corrente alternada, permitindo assim, a validação da qualidade do produto em larga escala.

Palavras-chave—Automatização de ensaios, estações de recarga de veículos elétricos, rotinas de testes, veículos elétricos

I. INTRODUÇÃO

O número de veículos rodando nas ruas cresce a cada ano. Somente em 2018 foram licenciados 2,5 milhões de veículos leves no Brasil segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores [1], sendo a grande maioria destes a combustão interna. Entretanto, utilizar combustíveis fósseis no setor de transportes causa diversos prejuízos ambientais, em virtude da emissão de poluentes na atmosfera [2].

Por sua vez, os veículos elétricos (VE's) não emitem nenhum gás poluente ao circular, e devido ao aumento das preocupações ambientais o interesse nestes veículos vem aumentando nos últimos anos [3]. Aliado a isso, o desenvolvimento de novas tecnologias de armazenamento de energia, tais como as baterias de lítio-íon tornou mais viável a construção e melhorou o desempenho dos veículos elétricos [4].

Porém, para rodarem estes veículos precisam ser recarregados e o processo de recarga tende a ser lento. No entanto, pode ser feito em qualquer lugar, bastando para isso a existência de um carregador que esteja adequado as características da rede elétrica disponível e do VE [5]. Em relação a velocidade de recarga, a norma internacional IEC 61851-1 (2017) considera que há quatro modos de carregamento, sendo o Modo 1 o modo de carregamento mais lento e que drena menor corrente

da rede elétrica, e o Modo 4 o modo mais rápido e que drena maior corrente da rede elétrica. Além disso, também há diferenças na forma como a energia é disponibilizada ao VE. Os Modos 1, 2 e 3 fornecem energia ao VE em corrente alternada, e o Modo 4 fornece energia em corrente contínua.

Atualmente, o Modo 1 é raramente utilizado devido ao seu baixo nível de proteção, sendo inclusive proibido em alguns países. O Modo 2 é essencialmente residencial. O Modo 3 pode ser utilizado tanto em ambientes residenciais, quanto em postos de recarga. Já o Modo 4 são as estações de recarga rápida, comumente instaladas em rodovias. A Fig. 1 ilustra cada um desses modos.

Os veículos elétricos novos costumam ser vendidos com um carregador portátil com proteção e controle em seu próprio cabo, comumente chamado de IC-CPD [7]. Este carregador pertence ao Modo 2 de recarga, sendo monofásico, e usualmente possuindo corrente máxima de 10 A, para que possa se adequar as tomadas residenciais [8]. Já as estações de recarga Modo 3 podem ser monofásicas ou trifásicas, e possuem corrente máxima de até 63 A, permitindo assim uma recarga mais rápida [9].

A norma IEC 61851-1 (2017) também estabelece os requisitos necessários para a validação do correto funcionamento dos carregadores de veículos elétricos. Estes requisitos estão relacionados a questões elétricas, eletrônicas, de comunicação e de segurança, o que sugere o uso de múltiplos equipamentos para conseguir medir essa gama de sinais e validar o funcionamento. Além disso, como os testes diferem uns dos outros, uma constante reconfiguração dos equipamentos é necessária para garantir a qualidade da medida. Tudo isso acaba por fim elevando o tempo necessário de validação de um produto o que acaba sendo atrapalhando a produção em larga escala. Sabendo disso, este trabalho tem por objetivo propor um sistema automatizado de testes de estações de recarga de veículos elétricos em corrente alternada, que busca através de um único aparelho de testes realizar todos os ensaios de validação descritos na norma IEC 61851-1.

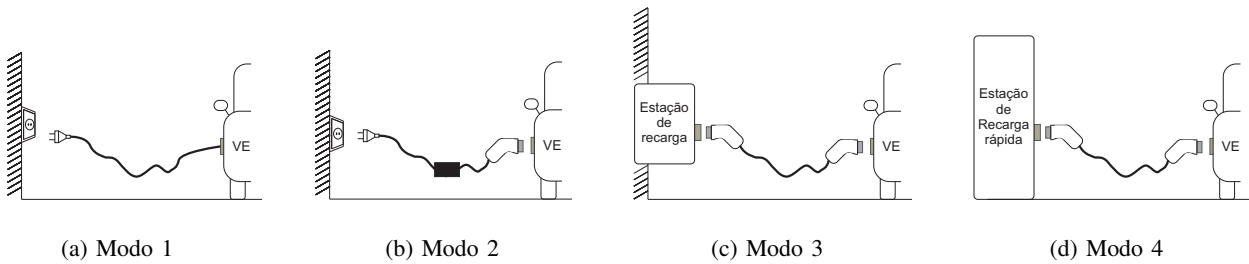


Figura 1: Modos de recarga.

II. ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Para serem comercializadas, as estações de recarga de veículos elétricos precisam estar adequadas as exigências das normas vigentes. O Brasil segue as recomendações das normas da International Electrotechnical Commission (IEC), sendo os requisitos apresentados nessas normas relacionados principalmente a segurança, comunicação e conexão com o VE.

A. Requisitos de segurança

Em relação a segurança, a IEC 61851-1 (2017) descreve os seguintes requisitos:

1) *Chave comutadora*: A chave comutadora que comanda o fornecimento de energia deve possuir corrente nominal de operação maior ou igual a corrente máxima que a estação pode fornecer, ter um tempo de atuação menor do que 100 ms, e estar de acordo com a norma IEC 60947-4-1 (2018) que descreve os requisitos mínimos relacionados a contadoras.

2) *Proteção contra sobrecarga*: A proteção contra sobrecarga deve ser realizada através de disjuntor. Sendo que o tempo de atuação deve ser menor ou igual a 1 minuto caso a corrente exceda 1,3 vezes a corrente permitida pelo cabo de recarga.

3) *Proteção contra poeira e água*: Estações de recarga instaladas em ambientes internos necessitam possuir grau de proteção mínimo contra poeira e água igual a IP41. Caso instaladas em ambientes externos o grau mínimo de proteção é IP44.

4) *Proteção contra correntes de fuga*: As estações de recarga precisam ser protegidas contra correntes de fuga alternadas, ou contínuas pulsadas maiores ou iguais a 30 mA, e correntes puramente contínuas maiores que 6 mA. Quando isso acontecer, o fornecimento de energia deve ser imediatamente interrompido, assim como todas as condutores vivos devem ser desenergizados.

5) *Aterramento das partes*: Todas as estações de recarga necessitam possuir condutor de proteção, e assim como suas partes metálicas expostas, o mesmo deve estar devidamente conectado ao sistema de aterramento conforme recomendações da NBR 5410 (2004). Na perda do condutor de proteção a estação de recarga deve automaticamente interromper o fornecimento de energia.

B. Plugues e Tomadas

Como os fabricantes de veículos elétricos estão espalhados pelo globo, e inicialmente não havia um padrão mundial de plugues e tomadas, cada região criou seu padrão e os veículos produzidos em sua área de influência seguiram seus modelos [10]. São ao menos 3 modelos de plugues para recarga em corrente alternada, e 5 para recarga em corrente contínua [11]. Como o foco aqui é recarga em corrente alternada, serão analisados apenas os dois principais plugues desse modo de recarga.

1) *SAE J1772 Tipo 1*: A América do Norte adotou o padrão SAE J1772 [12], em que o plugue e a tomada possuem 5 pinos, sendo eles: fase, neutro, de proteção, piloto, e proximidade. Sua trava de segurança é mecânica, e o travamento realizado pelo usuário, dessa forma permite erro humano.

2) *IEC 62196 Tipo 2*: Já na Europa o padrão mais utilizado é o Tipo 2, possuindo a vantagem com relação ao anterior de ter dois condutores fase a mais, como mostra a Fig. 2, possibilitando assim, a recarga trifásica. Além disso, a trava de segurança é eletrônica, sendo o travamento realizado pela estação de recarga.

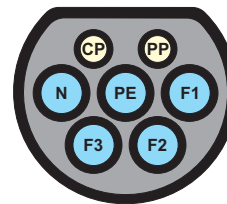


Figura 2: Plugue Tipo 2.

Neste trabalho foi escolhido o padrão europeu de plugues e tomadas Tipo 2, visto que ele possui maior nível de segurança, e é adotado na maioria dos veículos elétricos comercializados no Brasil.

C. Identificação do cabo de recarga

Tanto a estação de recarga quanto o veículo elétrico identificam a conexão de um cabo de recarga através do pino proximidade (PP). Os plugues e tomadas Tipo 2, utilizam esse pino também para informar a corrente nominal permitida pelo cabo de recarga. A codificação da corrente máxima do cabo

é realizada através de uma resistência que fica eletricamente conectada entre o pino proximidade (PP) e o proteção (PE).

D. Comunicação entre a estação e o veículo

A comunicação entre a estação de recarga e o veículo é realizada utilizando o condutor piloto (CP), e é chamada de função piloto. Para a função piloto funcionar é necessário o circuito piloto, que pode ser dividido em duas partes: a parte da estação, e a parte do VE, sendo estas duas partes conectadas através do cabo de recarga, como ilustrado na Fig. 3.

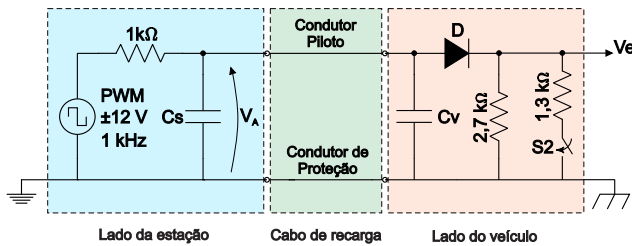


Figura 3: Circuito da função piloto.

E. Informações fornecidas pela estação e pelo VE

A estação de recarga informa ao veículo elétrico através da razão cíclica do sinal modulado por largura de pulso (PWM - *Pulse Width Modulation*), se ela está ou não pronta para realizar a recarga. Caso não esteja disponível, a razão cíclica será de 0 ou 100 %. Caso ela esteja disponível, a razão cíclica do PWM fica entre 5 e 96 %, sendo a razão cíclica a forma de informar ao VE a corrente máxima que ele pode drenar naquele momento.

O circuito piloto do lado do VE possui uma associação de resistores que juntamente com o diodo D tem a função de atenuar a parcela positiva do sinal PWM gerado pela estação medido em V_A , de modo a comunicar à estação de recarga o estado do VE.

III. EQUIPAMENTO DE TESTES

Sem dúvida nenhuma uma boa rotina de testes começa pela escolha do equipamento certo de medição. Para isso, precisamos primeiramente compreender qual é a natureza dos sinais a serem medidos. Por exemplo, se o objetivo é testar a comunicação e como foi visto anteriormente a base da comunicação é um sinal modulado em largura de pulso (PWM), é necessário para isso utilizar um equipamento que tenha a capacidade de medir frequência, amplitude e razão cíclica, como um osciloscópio por exemplo. Já para medir a corrente que circula na saída do carregador durante um teste de sobrecarga, faz-se necessário o uso de um amperímetro. E ainda, para testar a resistência presente no pino proximidade (PP), faz-se necessário o uso de um ohmímetro.

Como é possível perceber, diversos medidores são necessários para conseguir medir as grandezas envolvidas nos testes de estações de recarga, e utilizar mais de um equipamento para isso acaba fazendo com que o tempo de montagem

do teste acabe sendo maior do que o próprio teste em si. Dessa forma, pensando na automatização e na velocidade em que os testes são realizados, foi escolhido o equipamento *Charging Discovery System* (CDS) da empresa Keysight Technologies para efetuar a validação do correto funcionamento das estações de recarga de veículos elétricos, visto que este equipamento é capaz de medir todos os sinais necessários durante a etapa de validação, o que aumenta a simplicidade de montagem e a velocidade dos testes. A Fig. 4 mostra uma imagem do equipamento.



Figura 4: *Charging Discovery System*.

Além disso, este equipamento também permite a programação de rotinas de testes automatizadas através de linhas de códigos. Estas rotinas são programadas através do software *Charging Discover* que foi disponibilizado juntamente com o CDS. Uma linguagem de programação foi desenvolvida especialmente para este aparelho, mas em partes ela se assemelha com a linguagem de programação C, o que faz com que a adaptação para essa nova linguagem não seja muito difícil para a maioria dos programadores.

A estrutura básica do código utilizado para programar os casos de teste é a seguinte:

- *Step*: A execução do código é dividida em partes, chamadas no software de *Step*. Em cada *Step* podem ser programadas *Actions*, *Pass Conditions* e *Fail Conditions*.
- *Actions*: São ações, como medir tensão, corrente, potência, etc. Também podem ser consideradas ações, o ato de imprimir um valor ou uma informação, ou mudar as características do equipamento, como por exemplo, abrir um relé que conecta a comunicação da estação com o CDS.
- *Pass Conditions*: São condições para passar para a próxima parte (próximo *Step*). Essas condições podem ser o ato de esperar um período de tempo, esperar que a estação seja conectada ao CDS, ou até esperar que a recarga chegue em um certo ponto.
- *Fail Conditions*: São condições colocadas buscando verificar se a estação de recarga está de acordo com os requisitos das normas.

Caso a estação não consiga passar de um determinado *Fail Conditions*, o caso de teste será encerrado e a estação será considerada reprovada neste caso de teste. Caso a estação de recarga consiga passar por todos os *Steps* e não viole nenhuma

1	Step	Wait until cable be plugged	:
	<input checked="" type="checkbox"/>	io.IsCPState("C2");	
2	Step	Wait 7 seconds	:
	<input checked="" type="checkbox"/>	time.IsElapsed(7);	
3	Step	Measure of maximum current indicated by the PWM duty cycle	:
	<input checked="" type="checkbox"/>	\$I_max=meas.EV_CP_I_MAX;	
4	Step	Print Maximum current	:
	<input checked="" type="checkbox"/>	io.Printf("Maximum current %1", \$I_max)	
5	Step	Current limits conditions	:
	<input checked="" type="checkbox"/>	//Maximum error is 5 us or 0.5% of duty cycle;	
	<input checked="" type="checkbox"/>	\$I_max<31.7;	
	<input checked="" type="checkbox"/>	\$I_max>32.3;	

Actions
 Pass Conditions
 Fail Conditions

Figura 5: Exemplo de caso de teste.

Fail Conditions, ela será considerada aprovada neste caso de teste. A Fig. 5 mostra um exemplo simples de caso de teste.

É importante mencionar que podem ser desenvolvidos diversos casos de teste, cada um buscando testar um único aspecto da norma, porém no momento de testar a estação de recarga, eles podem ser agrupados em uma única rotina de testes que executará os diversos casos de teste na ordem em que o testador acreditar ser a mais adequada. Com isso, se bem programados os casos de teste e a rotina de testes, a validação do correto funcionamento de uma estação de recarga torna-se um processo bem simples, automatizado e rápido, aspectos essenciais para a avaliação da qualidade de um produto que será comercializado em larga escala.

Outra característica importante do conjunto software mais CDS é ele armazena automaticamente em cada caso de teste todas as medidas elétricas (tensões, correntes, resistências, etc.), além das informações transmitidas através da comunicação, ou seja, mesmo que você não solicite essas informações durante o caso de teste, ele salva todos os dados em uma tabela e depois é possível acessar essas informações, inclusive gerar gráficos.

IV. RESULTADOS

Após a conclusão do desenvolvimento de todos os casos de teste, foi avaliado o funcionamento da estação de recarga de veículos elétricos em corrente alternada que atualmente está em fase de desenvolvimento no Grupo de Eletrônica de Potência e Controle da Universidade Federal de Santa Maria (GEPOC/UFMSM), tendo por objetivo avaliar se a mesma está adequada as exigências das normas internacionais relacionadas a estações de recarga.

Com base no que é apresentado na norma IEC 61851-1 (2017), os testes podem ser divididos em 7 partes, as quais são listadas abaixo:

- frequência do sinal PWM;
- limites de tensão do PWM;
- codificação da corrente máxima disponível ao veículo;
- tempo de subida e descida do PWM;
- resposta da estação em reação as transições de estados;
- resposta da estação em reação a perda do condutor de proteção;

- resposta da estação em reação a um curto-circuito no condutor piloto.

Devido a grande quantidade de informações, não serão apresentados neste artigo os resultados referentes a resposta da estação em reação as transições de estados.

A. Frequência do sinal PWM

Como a geração do sinal PWM é algo crucial para o correto funcionamento da estação de recarga, o primeiro teste que deve ser realizado é verificar se a frequência do sinal PWM gerado pelo circuito piloto do lado da estação é de 1 kHz, com erro máximo de $\pm 2\%$. A Fig. 6 apresenta o resultado obtido para este teste.

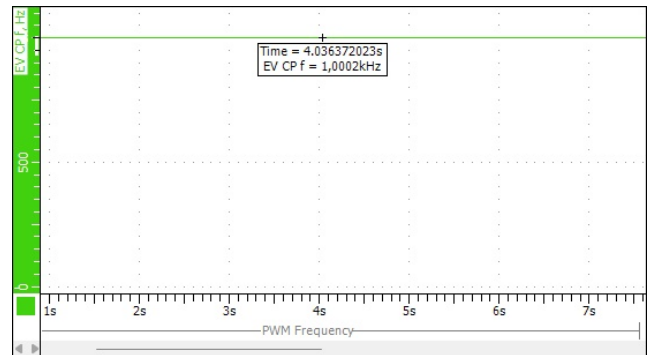


Figura 6: Frequência do sinal PWM gerado.

B. Limites de tensão do sinal PWM

O segundo teste é verificar se a amplitude do sinal PWM em V_A está de acordo com os valores estabelecidos nas normas. A Fig. 7 apresenta na forma de gráficos as tensões medidas em V_A durante o teste. Já a Tabela I apresenta os limites para cada estado do veículo elétrico e os valores obtidos nos testes.

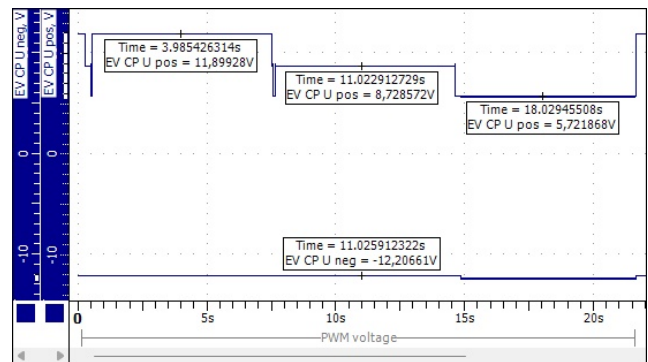


Figura 7: Tensões medidas em V_A durante o teste.

C. Codificação da corrente máxima disponível ao VE

Com o objetivo de testar se a estação de recarga está codificando corretamente a informação da corrente máxima que ela pode fornecer ao veículo naquele momento, este terceiro teste analisa a largura de pulso do PWM gerado pela estação. Sabendo que a corrente nominal de saída da estação

Tabela I: Limites de tensão do sinal PWM para cada estado.

	Estado	Tensão mínima (V)	Tensão máxima (V)	Tensão obtido (V)
Parte positiva	A1 e A2	11,4	12,6	11,89
	B1 e B2	8,37	9,59	8,72
	C1 e C2	5,47	6,53	5,72
Parte negativa	A2, B2 e C2	-12,6	-11,4	-11,20

é 32 A, espera-se que o valor da razão cíclica medida seja de 53,3 %, com erro máximo de $\pm 0,5 \%$. A seguir, a Fig. 8 apresenta o valor de razão cíclica medida durante este teste.

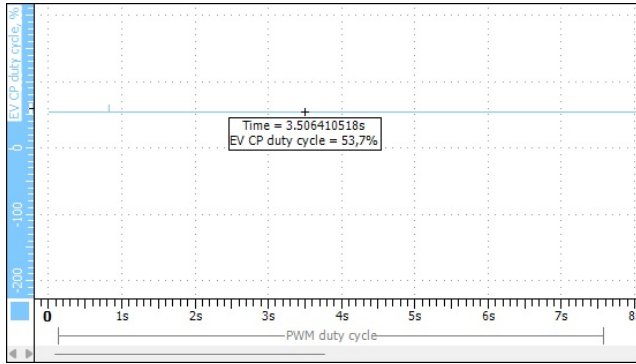


Figura 8: Razão cíclica para a corrente nominal da estação.

D. Tempo de subida e descida do sinal PWM

Outra exigência das normas internacionais relacionadas a carregadores de veículos elétricos, é a verificação dos tempos de subida e de descida do sinal PWM. A Fig. 9 e a Tabela II apresentam os resultados obtidos para os teste dos tempos de subida e descida do sinal PWM.

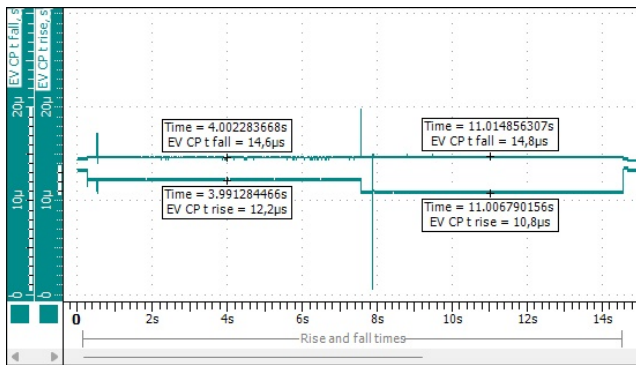


Figura 9: Tempos de subida e descida do sinal PWM medidos pelo CDS.

Tabela II: Tempos de subida e descida do PWM em V_A .

	Estado	Tempo máximo	Tempo obtido
Tempos de subida	B2	10 μ s	12,2 μ s
	C2	7 μ s	10,8 μ s
Tempo de descida	B2 e C2	13 μ	14,6 e 14,8 μ s

E. Resposta da estação em reação a perda do condutor de proteção

Caso durante a recarga do veículo elétrico, ou seja no estado C2, haja uma interrupção no condutor de proteção entre a estação de recarga e o veículo elétrico, a estação de recarga deve em menos de 100 ms cessar o fornecimento de energia ao VE através da abertura da contatora. Sabendo disso, este teste verificou se esse requisito era realmente atendido pela estação de recarga sob teste. A Fig. 10 mostra o resultado.

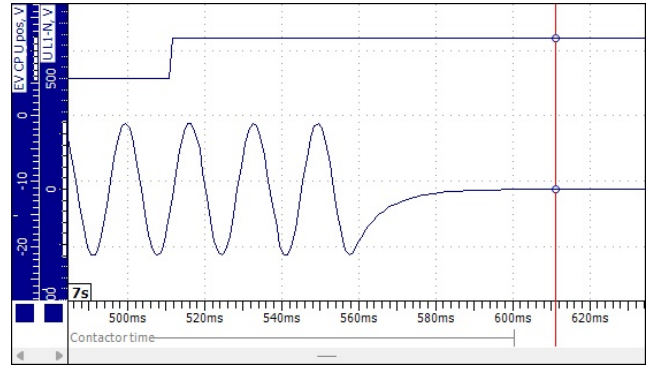


Figura 10: Resultado da interrupção do condutor de proteção.

A linha vertical na cor vermelha presente na Fig. 10 mostra o momento limite em que a estação deve cessar o fornecimento da energia. Porém, é possível perceber na Fig. 10 que muito antes desse momento já não havia tensão aplicada na saída.

F. Resposta em reação a um curto-circuito no condutor piloto

Caso haja um curto-circuito entre o condutor piloto e o condutor de proteção a tensão V_A apresentará valores menores do que ± 1 V, com isso a estação de recarga deve identificar o estado E, e tomar as ações de abrir a contatora caso ela esteja fechada, e destravar a trava da tomada de saída da estação, ambas as ações em no máximo 3 segundos. Sabendo disso, durante a emulação do estado C2, ou seja, veículo e estação prontos para realizarem a recarga, utilizando o emulador de veículos elétricos foi realizado um curto circuito entre o condutor piloto e o condutor proximidade, com isso, foram obtidos os resultados apresentados na Fig. 11.

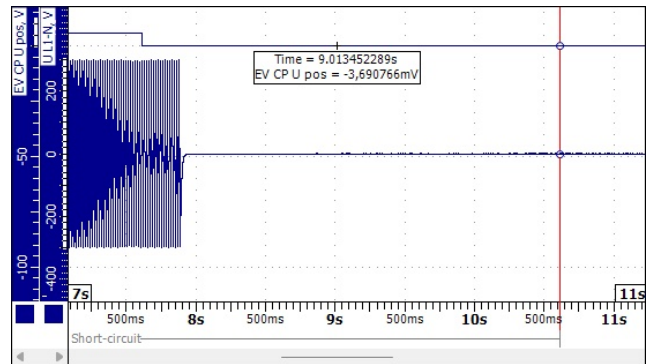


Figura 11: Resposta da estação em reação a um curto-circuito entre o condutor de proteção e o piloto.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho é proposto um sistema automatizado de testes que tem por objetivo principal tornar mais simples, rápido e igualmente confiável o processo de validação do correto funcionamento de estações de recarga de veículos elétricos em corrente alternada. A escolha do equipamento *Charging Discovery System* facilitou o processo de automatização dos testes, visto que o mesmo possui diversos recursos que possibilitam a realização de todos os testes em um único aparelho.

A programação dos casos de teste não se mostrou algo difícil devido a sua similaridade com outras linguagens de programação já conhecidas. O software que acompanha o CDS também se mostrou versátil ao possuir funcionalidades que permitem, como por exemplo, a geração de gráficos com os dados, o que torna o processo de análise dos resultados muito mais rápida.

Os resultados obtidos mostram que a estação de recarga em desenvolvimento pelo GEPOC/UFSM está adequada a maioria dos aspectos exigidos pelas normas relacionadas ao tema. Em um único teste ela não foi aprovada, que é o teste do tempo de subida e descida do sinal PWM. Porém, isso já era esperado, visto que em análises anteriores utilizando outras ferramentas de teste, esta mesma estação de recarga também não foi aprovada neste teste.

Com isso, conclui-se que a proposta cumpriu o seu objetivo de tornar mais automatizado e rápido o processo de comprovação da qualidade de estações de recarga de veículos elétricos, sem que isso comprometa a confiabilidade dos testes.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES/PROEX) – Código de Financiamento 001, e também com o apoio da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – Fundep, Rota 2030 - Linha V.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA, "Anuário da indústria automobilística brasileira 2019," Ponto & Letra, p.152, 2019.
- [2] T. Jacinto, B. Dias, T. Ramos, A. Marcatto, I. Silva, L. Oliveira and B. Borba, "Impact of electric vehicles in electric costs considering the long-term operation planning," 2018 Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), pp.1-6, May 2018.
- [3] B. H. de Castro and T. T. Ferreira, "Veículos elétricos : aspectos básicos, perspectivas e oportunidades," BNDES Setorial 32, pp. 267–310, 2010.
- [4] C. O. Lafuente, "Carregador de baterias monofásico para aplicação em veículos elétricos," Universidade Federal do Ceará - UFC, p.154, 2011.
- [5] C. J. Sebastião, "Projeção e desenvolvimento de carregadores para veículos elétricos," Instituto Politécnico de Tomar, p. 100, 2014.
- [6] International Electrotechnical Commission (IEC), "Electric vehicle conductive charging system - Part 1: general requirements," Available: <https://webstore.iec.ch/publication/33644>, p. 141, ed. 3.0, 2017.
- [7] International Electrotechnical Commission (IEC), "In-cable control and protection device for mode 2 charging of electric road vehicles," Available: <https://webstore.iec.ch/publication/24284>, p.327, ed. 1.0, 2016.
- [8] APTIV, "User manual electric vehicle charging equipment IC-CPD," Aptiv Services Deutschland GmbH, p.21, 2016.
- [9] ABVE, "Veículos elétricos: O que se deve levar em consideração antes de adquirir um," Associação brasileira do veículo elétrico, Available: <http://www.abve.org.br/veiculos-eletricos-o-que-se-deve-levar-em-consideracao-antes-de-adquirir-um/>.

- [10] A. M. Foley, I. J. WinningG and B. P. Ó. Ó Gallachóir, "State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure," 2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, p.1-6, 2010.
- [11] H. Tu, H. Feng, S. Srdic and S. Lukic, "Extreme fast charging of electric vehicles: a technology overview," IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol.5, num. 4, pp. 861-878, 2019.
- [12] Society of Automotive Engineers - SAE, "SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler," Available: https://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/, p. 116, October 2017.
- [13] International Electrotechnical Commission (IEC), "Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles," Available: <https://webstore.iec.ch/publication/60947>, p. 126, ed. 2.0, 2016.
- [14] Keysight Technologies, "Scienlab Charging Discovery System", Available: <https://www.keysight.com/br/pt/assets/7018-06414/data-sheets/5992-3488.pdf>, p.35, 2019.
- [15] J. M. d. Rosa, "Desenvolvimento de uma Estação de Recarga Modo 3 para Veículos Elétricos", 13th Seminar on Power Electronics and Control (SEPOC 2021), p. 6, 2021.