

TREINAMENTO SIMULADOR DE REDE - NHR 9410



Aluno: CHRYSTIANO ALVES GALDINO

Professor Orientador: Dr. VICTOR FLORES MENDES

Belo Horizonte, Novembro de 2021

Sumário

1	Introdução	2
2	Características	3
2.1	Especificações do modelo 9410	3
2.2	Painel Frontal	3
2.2.1	Touch Painel	4
2.3	Painel Traseiro	5
3	Instalação	6
3.1	Modo 0 - Circuito trifásico AC	6
3.1.1	Ligação das Fases e sensores	6
3.2	Conexão via porta LAN	7
3.2.1	Configuração de endereço de IP	7
3.3	Configurações Iniciais	8
4	Programação	9
4.1	Softwares Disponíveis	9
4.1.1	NHR 9400 PANEL	9
4.1.2	SCPI Test PANEL	16
4.2	Linguagem SCPI	17
4.2.1	O que é ?	17
4.2.2	Comandos básicos	18
4.2.3	Comandos úteis	18
4.2.4	Exemplos	18
4.3	Macros	21
4.3.1	O que são ?	21
4.3.2	Comandos úteis	24
4.3.3	Exemplos	24
4.4	Erros	25
4.4.1	Código de erros	25
5	Considerações finais	25
	Referências	26

1 Introdução

Este treinamento foi desenvolvido com a finalidade de apresentar as principais funcionalidades do Simulador de Rede NHR-9410. O equipamento é produzido pela NH Research, e informações mais específicas sobre o mesmo devem ser obtidas no Manual do usuário ou junto ao fabricante no endereço eletrônico www.nhresearch.com. As informações dispostas neste treinamento são fundamentadas nos dois manuais fornecidos pelo fabricante conjuntamente com o aparelho, os quais são propriedades da NH REsearch, sendo os mesmos possuindo os seus direitos autorais protegidos por lei. O Manual do Usuário, Research (2019), possui as informações básicas sobre o uso e instalação, enquanto o Manual de Programação, Research (2020), apresenta informações sobre a comunicação do simulador com um computador e os comandos que devem ser utilizados para o controle e acesso dos valores medidos. Em caso de dúvidas, deve-se recorrer a estes para garantir uma correta interpretação dos comandos utilizados e suas consequências para a operação do simulador.

O simulador de rede 9410 é um equipamento com a finalidade de simular uma fonte bidirecional tanto em corrente alternada quanto em corrente contínua, podendo representar diferentes formas de onda de tensão e trabalhar em frequências diferentes de 60 HZ. Ele apresenta medições de formas de onda por meio de um osciloscópio além da capacidade de gerar distúrbios em formas de onda por meio de ferramentas de criação embutida. O seu uso principal se destina a testes de inversores de potência e outros equipamentos que trabalham conectados junto à rede de energia.

O simulador apresenta como principal característica a presença de um Painel em LCD Touch, o qual possibilita uma melhor interação do usuário com as funções programáveis, e a visualização dos parâmetros implementados e das formas de onda disponíveis por meio do osciloscópio.

O aparelho pode ser utilizado por meio da implementação dos comandos necessários diretamente no Painel Touch, via softwares fornecidos ou por meio de um programa criado pelo usuário em qualquer linguagem de programação capaz de enviar textos para o simulador via conexão TCP/IP.

2 Características

2.1 Especificações do modelo 9410

O modelo disponível no laboratório é o NHR 9410, Regenerative Grid Simulator. Este modelo apresenta uma potência máxima de saída de 12 kW monofásico ou de 4 kW por fase quando ligado em trifásico. O valor da frequência programada pode ser utilizada entre 30 e 100 Hz, e a saída pode ser em corrente alternada (AC) ou contínua (DC). Ele apresenta 13 modos de programação os quais são obtidos pela combinação dos três canais de saída disponíveis, e do tipo de tensão deles (AC ou DC). A tabela abaixo disponível em Research (2019), apresenta as treze configurações disponíveis para os instrumentos baseadas nas combinações possíveis:

Mode	Available Instruments	Channel 1	Channel 2	Channel 3
0	One 3-Phase AC	AC1 (Phase A) (Phase Ref)	AC1 (Phase B) (240° from A)	AC1 (Phase C) (120° from A)
1	One AC	AC1 (3x per channel power)		
2	One DC	DC1 (3x per channel power)		
3	Three AC	AC1	AC2	AC3
4	Three DC	DC1	DC2	DC3
5	One 2-Phase AC and One AC	AC1 (Phase A) (Phase Ref)	AC1 (Phase B) (180° from A)	AC3
6	One 2-Phase AC and One DC	AC1 (Phase A) (Phase Ref)	AC1 (Phase B) (180° from A)	DC3
7	Two AC	AC1 (2x per channel power)		AC3
8	One AC and One DC	AC1 (2x per channel power)		DC3
9	Two AC and One DC	AC1	AC2	DC3
10	One AC and Two DC	AC1	DC2	DC3
11	One DC and One AC	DC1 (2x per channel power)		AC3
12	Two DC	DC1 (2x per channel power)		DC3

Figura 1: Modos programáveis disponíveis

2.2 Painel Frontal

O painel frontal do aparelho apresenta a tela de touch-screen, os leds informativos de operação do aparelho, entradas para trigger e o disjuntor para ligar e desligar. O design da frente apresenta aberturas para permitir que o ar entre pelo aparelho e saia na parte posterior, efetuando a refrigeração durante a operação, conforme pode ser visto na figura de Research (2019):



Figura 2: Frente do simulador de rede

2.2.1 Touch Painel

O painel de LCD do tipo touch está presente na parte da frente do aparelho e possui a função de exibir a interface gráfica do simulador de rede. Por meio de comandos fornecidos diretamente é possível variar os valores durante o funcionamento ou programar uma rotina para execução posterior (Macro). Por meio das diferentes abas é possível acionar o osciloscópio, alterar os modos de programação e as visualizações dos valores medidos durante a operação. A figura de Research (2019), reproduzida abaixo mostra a tela principal de funcionamento do simulador:



Figura 3: Tela LCD do tipo touch screen

Na figura acima podem ser identificadas as sete abas que permitem a visualização das medições e formas de onda em tempo real. A implementação de rotinas pode ser feita na aba Macros e a modificação de parâmetros do simulador pode ser realizada pelas abas Control, Options e System.

No canto esquerdo é apresentado um menu contendo leds indicadores dos estados de operação. Os leds indicam se o aparelho está conectado, realizando medições, aguardando disparo de trigger, sofrendo variações de parâmetros programadas em relação ao tempo (corrente, tensão, etc) ou esta atuando como carga, recebendo energia (regen).

Na parte superior esquerda aparece o nome do aparelho e se o mesmo está sendo remotamente comandado e bloqueado, o que ocorre para evitar modificações indesejadas durante o acionamento remoto. Quando bloqueado desta forma, apenas a aba Monitor fica disponível, onde é possível apenas visualizar os valores das principais medições, conforme é apresentado em Research (2019):



Figura 4: Tela em acionamento remoto

Outra observação importante sobre os dados apresentados na tela, é que em caso de ocorrerem erros de execução, os mesmos serão exibidos na parte inferior da tela, conjuntamente com um valor numérico de

erro. Em caso de desconhecimento da causa deste erro, deve-se verificar o código do mesmo no Manual do Usuário, e realizar as devidas correções.

2.3 Painel Traseiro

A parte traseira do 9410 apresenta as portas de comunicação, as saídas de potência e de ventilação do aparelho. A parte traseira do aparelho é apresentada de Research (2019), onde é possível também se verificar as saídas dos sensores de medição das fases, ponto de aterramento e as diversas portas de conexão:



Figura 5: Painel traseiro

Deve observar que as ligações a serem efetuadas entre o simulador de rede e o aparelho ou carga devem também possuir as ligações dos sensores de acordo com o modo de operação escolhido. Esses sensores possuem a função de compensar as quedas de tensão resultantes dos cabos utilizados. Na figura abaixo é possível visualizar a ligação do Modo 0 (Circuito trifásico com neutro) implementada em laboratório da parte traseira do simulador de rede:



Figura 6: Ligações dos sensores, porta LAN e das fases

3 Instalação

3.1 Modo 0 - Circuito trifásico AC

Dentre os 13 possíveis modos de operação disponíveis para o 9410, este treinamento irá abordar apenas o Modo 0, onde são utilizadas as três fases e o neutro para ligar o aparelho ou carga que será submetida a testes. A escolha por este modo se deve a sua maior utilização para testes de cargas e equipamentos que são normalmente empregados em sistemas de transmissão e distribuição de energia. Esse modo de ligação apresenta a potência máxima de 12 kW com corrente máxima de 30 A por fase. O dispositivo a ser testado junto com o simulador de rede, recebe o nome de Unidade sobre teste, que do inglês possui a abreviação UUT (Unit Under Test).

3.1.1 Ligação das Fases e sensores

O esquema de ligação para o Modo 0, o qual é o primeiro da lista dos modos disponíveis é demonstrado de Research (2019) por meio da ilustração abaixo:

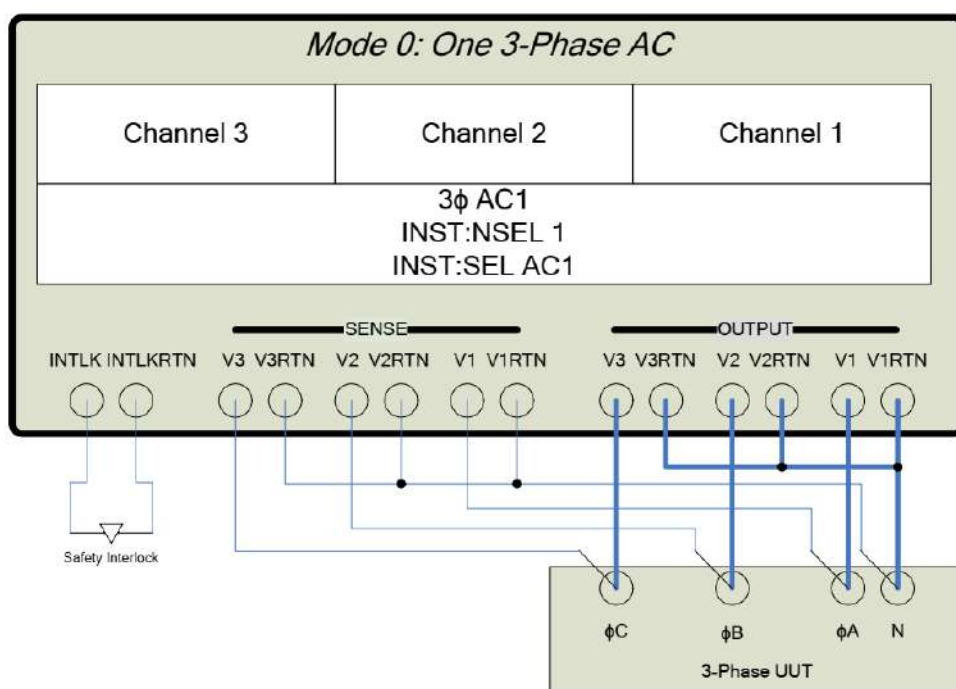


Figura 7: Ligação da Unidade sobre teste

Para a ligação deve-se observar que o neutro deve estar também conectado com o retorno dos sensores mesmo que o tipo de ligação entre o simulador de rede e a unidade em teste seja do tipo Delta com neutro isolado.

Outro fator importante é a escolha adequada para os cabos utilizados para as fases e para os sensores. Os cabos de força devem ser compatíveis com a corrente máxima a ser utilizada nos testes, e os cabos dos sensores devem ser do tipo empregados em instrumentação, onde são blindados contra ruídos e interferências eletromagnéticas.

Por questões de segurança pode ser utilizada uma botoeira de segurança, a qual deve ser conectada nas saídas de intertravamento. O simulador apenas funcionará, devido a questões de segurança, caso os contatos de intertravamento estejam fechados.

3.2 Conexão via porta LAN

A porta de conexão LAN se encontra na parte traseira do simulador, sendo a conexão primária para se utilizar um controlador externo, como um computador, PLC ou sistema em tempo real. Para a conexão pode ser utilizado um cabo crossover o qual pode ser ligado diretamente em um computador, ou em switch ou roteador, permitindo o acesso por meio de uma rede de computador ou até mesmo via internet. Para isso devem ser observadas as configurações de endereço IP que serão especificadas a seguir.

3.2.1 Configuração de endereço de IP

A conexão entre o simulador de rede deve utilizar TCP/IP (Ethernet), necessitando de um endereço de IP único, e um número de porta que indica a forma de comunicação entre os dispositivos. A porta que deve ser utilizada junto com os programas fornecidos e também para os programas realizados via linguagens de programação (Python, C++, C, etc) deve ser a 5025.

Conforme descrito em Research (2019), é recomendado que se utilize um endereçamento de IP estático ou DHCP com endereço MAC atribuído para um IP fixo, com a finalidade de se evitar conflitos de IP. O 9410 já sai de fábrica com um endereço de IP definido para o módulo principal e outro para o painel touch além de um endereço MAC. Na parte traseira do equipamento existe uma etiqueta com esses valores definidos de fábrica, os quais devem ser utilizados para a conexão. Em casos específicos quando necessário, é possível realizar a troca dos valores de IP, o que exige uma leitura mais aprofundada sobre este procedimento no manual do usuário. As figuras abaixo apresentam a etiqueta colada próxima a porta LAN do equipamento e a led indicativo da conexão LAN posicionado na frente do simulador:



Figura 8: Etiqueta contendo os endereços IP e o MAC



Figura 9: Led indicativo da conexão LAN

3.3 Configurações Iniciais

Após realizadas as ligações físicas entre o dispositivo a ser testado e o simulador de rede, deve-se verificar a integridade da conexão por meio da conexão direta com o simulador e a execução de alguns testes. Como exposto na sessão anterior, o IP do simulador é o 192.168.0.149, e o primeiro teste consiste em utilizar um navegador de internet para acessar o simulador de rede. Assim com os dois equipamentos ligados, deve-se digitar o endereço de IP (para o nosso caso http:192.168.0.149) e realizar a conexão. Com isso será aberto um tela de configurações conforme pode-se verificar abaixo:

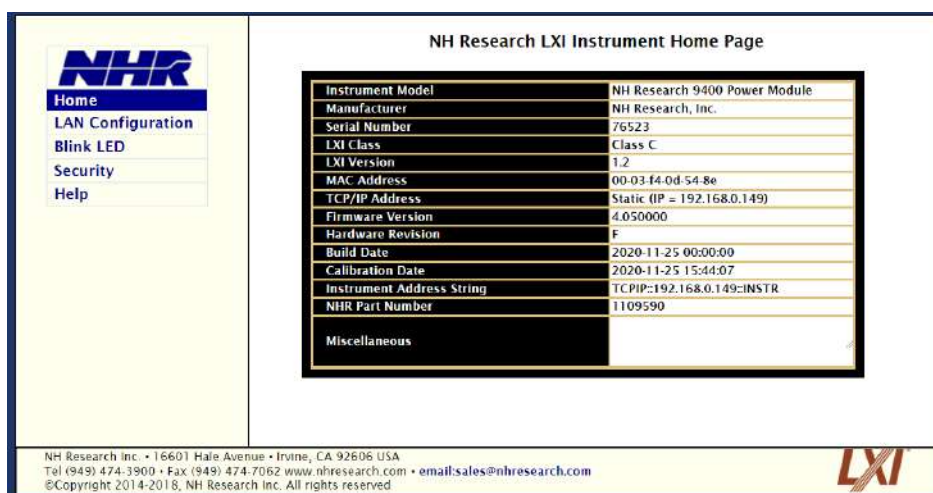


Figura 10: Tela de configurações

Nesta tela podem ser visualizadas as configurações básicas do equipamento, como a data de fabricação, calibração e o número de série. Na aba a esquerda da tela podem ser ajustadas as configurações de conexão e segurança, além de se poder realizar um teste do equipamento. O teste consiste em enviar um comando que irá fazer com que o led LAN do equipamento comece a piscar. Para isso deve-se apenas clicar em "BLINK LED" e observar no painel frontal do simulador se o led pisca com frequência diferente da normal. A realização deste teste garante que a conexão foi bem sucedida e que não existe problemas. Outra função deste teste é quando outros módulos adicionais estão conectados no simulador de rede, onde o teste serve para indicar em qual deles está sendo realizada as modificações.

Após essa configuração o simulador deve ser reiniciado, e após a sua inicialização, o painel touch também deverá receber o mesmo endereço de IP utilizado para o módulo do simulador. Isso ocorre pois este endereço de IP (192.168.0.149) não é o endereço do painel touch, ele ser apenas para informar o local onde o sistema deve ser procurado na rede. A figura abaixo mostra a tela touch com o endereço IP configurado:



Figura 11: Tela touch com o IP

4 Programação

Garantida a correta configuração e conexão do simulador de rede a um computador ou a uma rede, deve-se escolher a melhor forma de operar o equipamento, considerando os testes a serem realizados e os resultados pretendidos. Vários softwares podem ser utilizados para atender as demandas, entre eles podemos citar os dois que são fornecidos juntamente com o aparelho, O NHR 9400 PANEL e o SCPI Test PANEL. Podem ser utilizados também softwares capazes utilizar comandos na linguagem SCPI a qual será apresentada mais a frente. Um outro software que também pode ser utilizado é o LabVIEW VIs. Programas ou softwares podem ser desenvolvidos utilizando linguagens de programação, como por exemplo em Python, para atender a rotinas de testes mais específicas.

4.1 Softwares Disponíveis

A seguir serão apresentados os dois softwares fornecidos junto com o simulador de rede. Eles estão disponíveis no pen drive fornecido junto com a documentação. A primeira etapa necessária é a consulta e instalação destes aplicativos, e posteriormente, com o simulador de rede devidamente instalado deve-se realizar uma análise e entendimento do funcionamento dos mesmos.

4.1.1 NHR 9400 PANEL

O NHR 9400 PANEL é o software fornecido pelo fabricante, o qual é capaz de fornecer o acesso aos principais comandos do simulador de rede, fazendo uso de uma interface gráfica. O software também permite a execução dos comandos SCPI, os quais são interpretados pelo equipamento com a finalidade de efetuar ajustes nas variáveis e medições de valores. O programa permite ainda o acesso ao osciloscópio do aparelho, e a criação e edição de Macros, que são rotinas a serem executadas automaticamente.

Ao se executar o programa a tela inicial apresentada mostra as funcionalidades básicas disponíveis. O estado inicial de operação no qual o programa começa é desconectado, e para interagir com o aparelho a conexão deve ser realizada. Abaixo a tela inicial é apresentada:

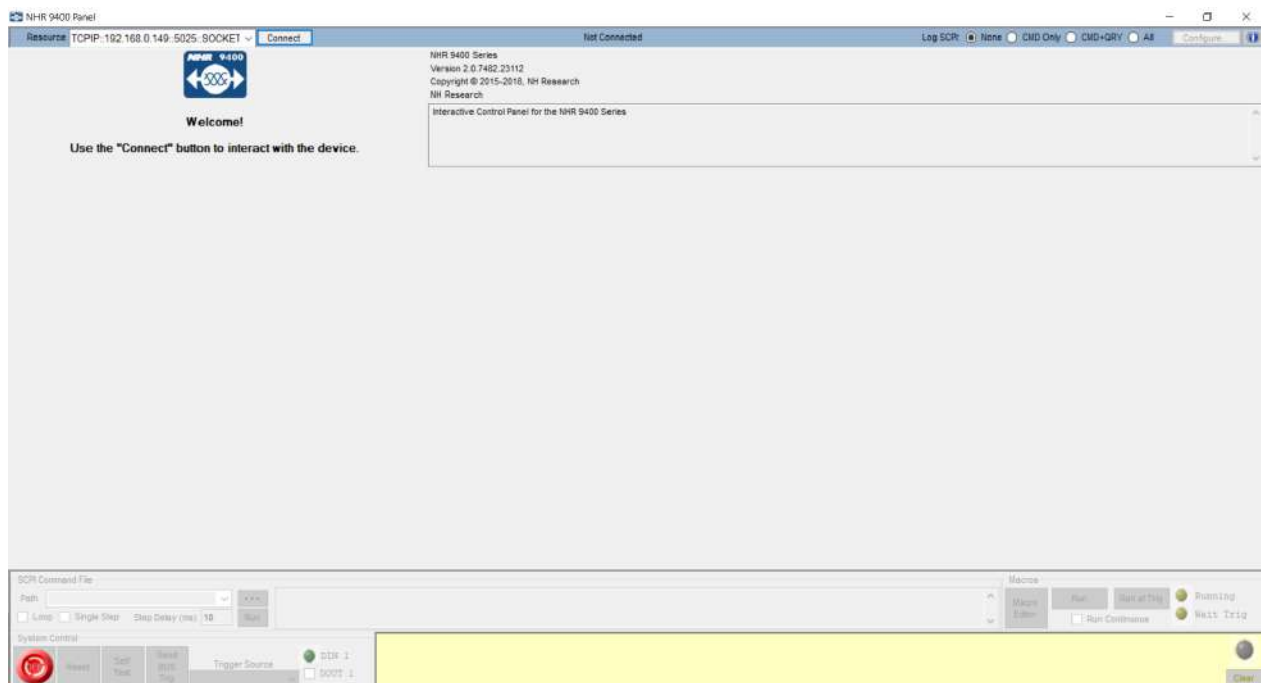


Figura 12: Tela inicial do NHR 9400 PANEL

Deve-se observar se o endereço de IP e a porta configurados no software coincidem com os valores da etiqueta do equipamento, os quais foram efetivamente testados pelos métodos apresentados anteriormente. Para o 9410 que configuramos o campo Resource deve apresentar a seguinte declaração:



Figura 13: Endereço de IP e porta do equipamento

Após realizar a conexão o software se conecta ao simulador de rede, fazendo uso do modo de operação ativado, o qual não é reiniciado apenas pela conexão ou desconexão. O modo padrão ao ser iniciado é o Modo 0, onde a ligação é realizada por um circuito trifásico, sendo exatamente o modo que estamos utilizando neste treinamento. A tela para o Modo 0 após a conexão possui a seguinte aparência:

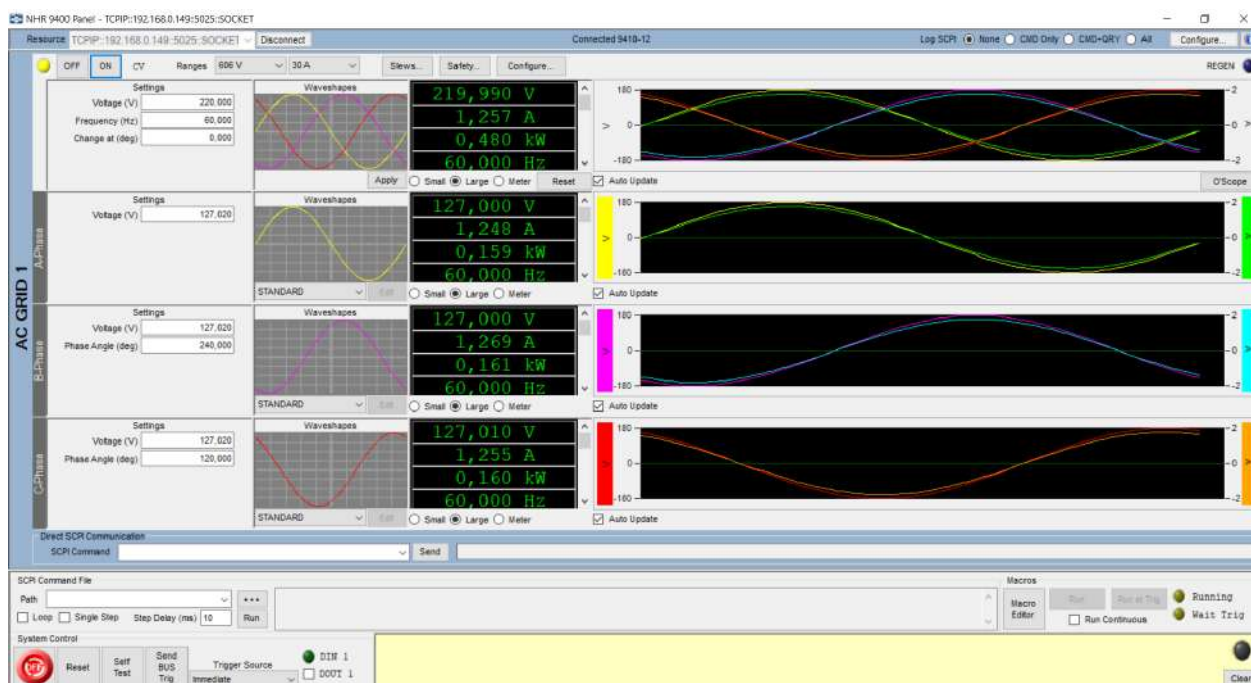


Figura 14: Modo 0 de operação

Com o software conectado diretamente ao simulador de rede, é possível alterar os valores de tensão, frequência e ângulo entre as fases. Estes valores podem ser modificados com as saídas desligadas, ou em tempo real, com as saídas ligadas permitindo-se a modificação instantânea destes valores. Os ajustes dos valores de tensão podem ser feitos atribuindo-se apenas a tensão de linha, onde as tensões entre as fases serão automaticamente calculadas. O mesmo ocorre com os valores dos ângulos entre as fases.

Nas colunas da parte central da tela é possível se visualizar as formas de onda que estão sendo utilizadas nas fases e os valores medidos. Os indicadores de valores das medições possuem três opções, Small, Large e Meter, as quais apresentam variações nas disposições dos dados:



Figura 15: Opções de exibição dos valores

A forma de onda utilizada pode ser alterada dentre três tipos pré definidos, a forma senoidal padrão (Standard) ou também pode ser criada por meio do editor de formas de onda:

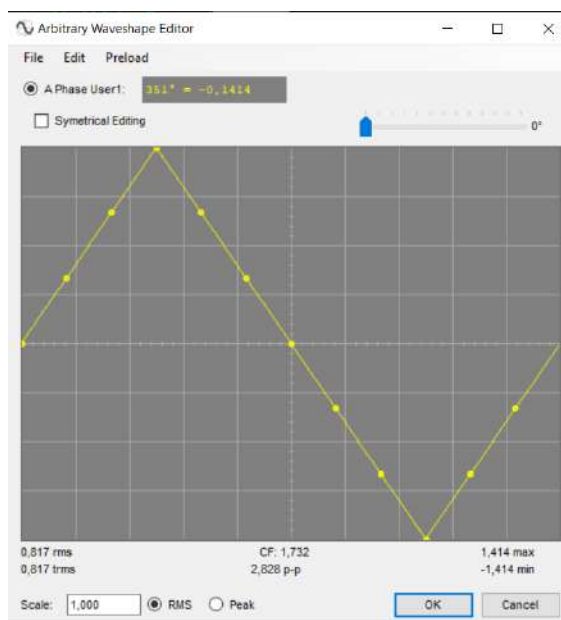


Figura 16: Editor de formas de onda

O editor é muito útil para simular distúrbios que ocorrem com as formas de onda. Além da edição gráfica, as formas de onda podem ser construídas por meio de equações matemáticas, as quais são transformadas em gráfico pelo editor. Com isso efeitos de harmônicos e distúrbios como o pulso de fase podem ser facilmente implementados.

Na última coluna da direita é possível se visualizar as formas de onda em tempo real por meio de miniaturas de osciloscópio. São exibidas as formas de onda das agrupadas e de cada fase. Para uma melhor análise das formas de onda é possível acessar o osciloscópio por meio do botão O'Scope:

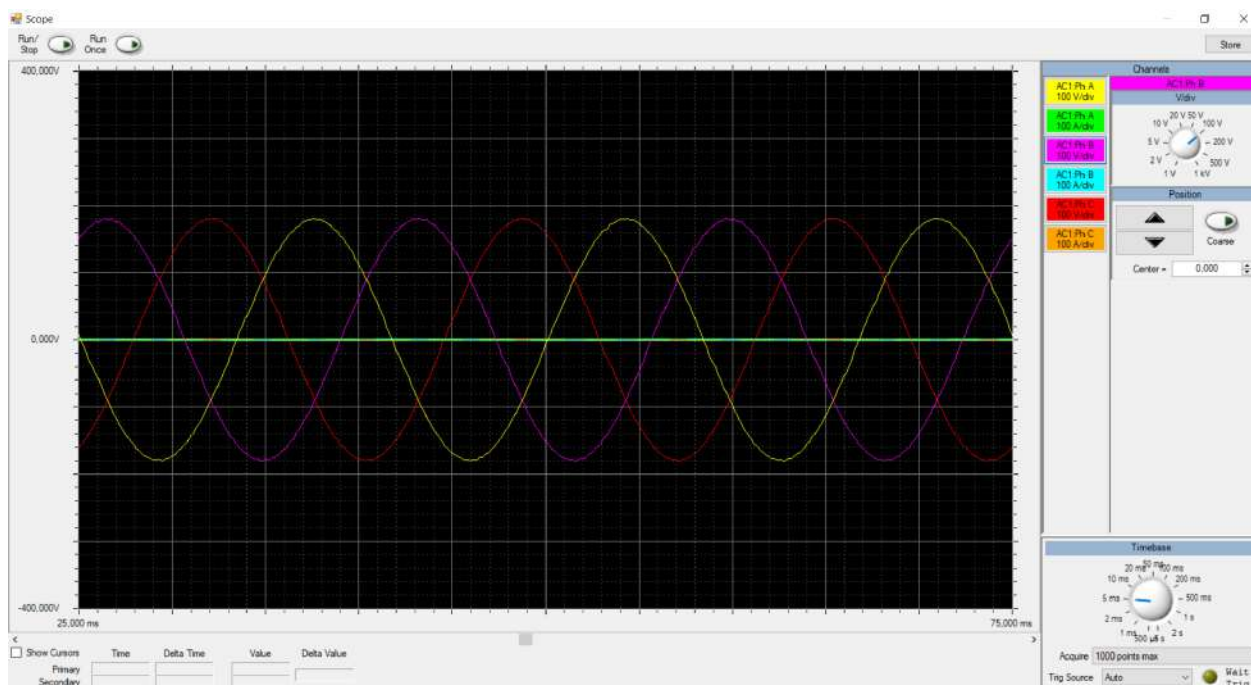


Figura 17: Tela do Osciloscópio

Este osciloscópio digital possui as funções similares a de um osciloscópio de bancada, possibilitando o uso de cursores, ajustes de verticais de escala e posição, além dos ajustes de números de amostras e base de tempo. O ajuste de base de tempo proporciona um efeito de zoom sobre a forma de onda, o que facilita a observação de pequenos detalhes. As formas de onda observadas ainda podem ser salvas por meio do botão Store, o qual irá salvar os dados em formato de arquivo .csv, o qual pode ser aberto posteriormente em programas como o Microsoft Excel. Abaixo um gráfico gerado em laboratório fazendo uso de uma forma de onda do editor e visualizada com o osciloscópio é apresentada:

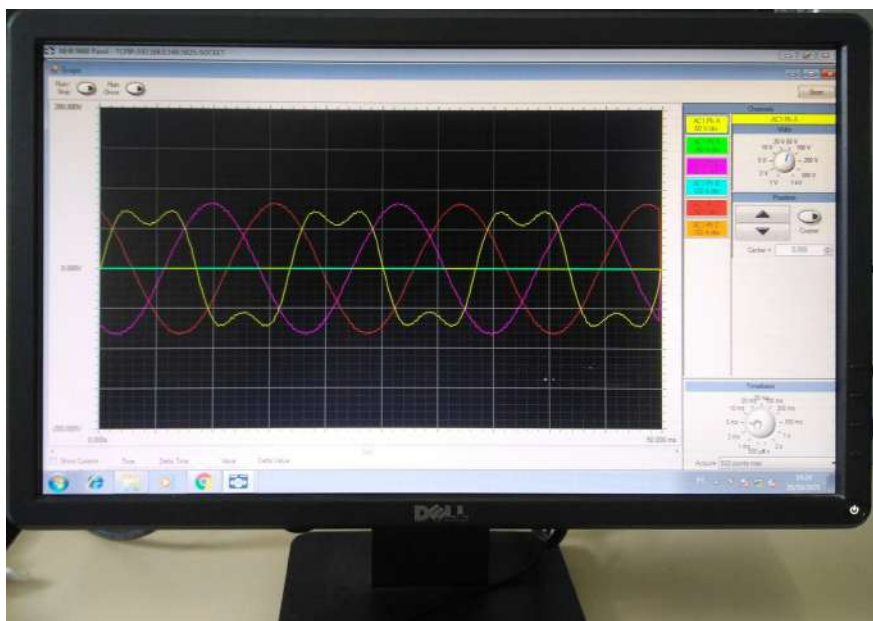


Figura 18: Tela do Osciloscópio com forma de onda do editor

Na barra superior do programa, ao lado do botão Connect/Disconnect é exibido o status de conexão com o aparelho, e no canto direito, são fornecidas as opções de salvamento de Log SCPI, o botão de configurações e de informações. O botão de informações nos leva para uma tela onde é possível verificar os dados técnicos do simulador de rede, bem como visualizar os dois manuais existentes para o aparelho:

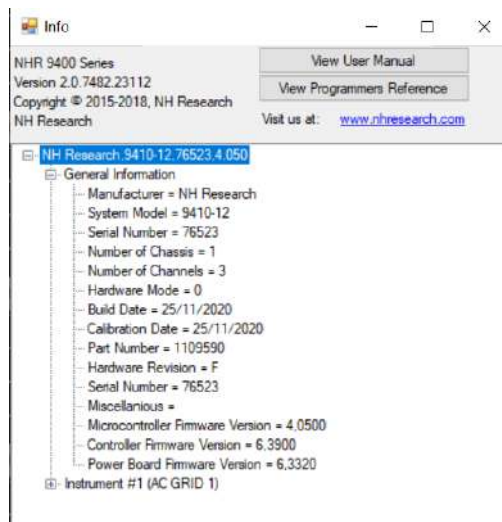


Figura 19: Tela de Informações

As opções de Log SCPI permitem todas as ações executadas no software sejam registradas em um arquivo de texto no formato txt, o qual pode ser utilizado posteriormente para análise de erros ou pode ser executado como um arquivo de comandos SCPI. Dentre as opções de salvamento estão presentes as opções de salvar apenas os comandos (CMD Only), os comandos e as perguntas (CMD+QRY), todas as ações incluindo as perguntas e respostas fornecidas (ALL). A opção None finaliza a gravação dos dados no arquivo de texto e após esse processo o arquivo pode ser visualizado ou executado, realizando as mesmas tarefas que foram gravadas. Na figura abaixo é apresentado um exemplo de arquivo gravado com o Log SCPI:

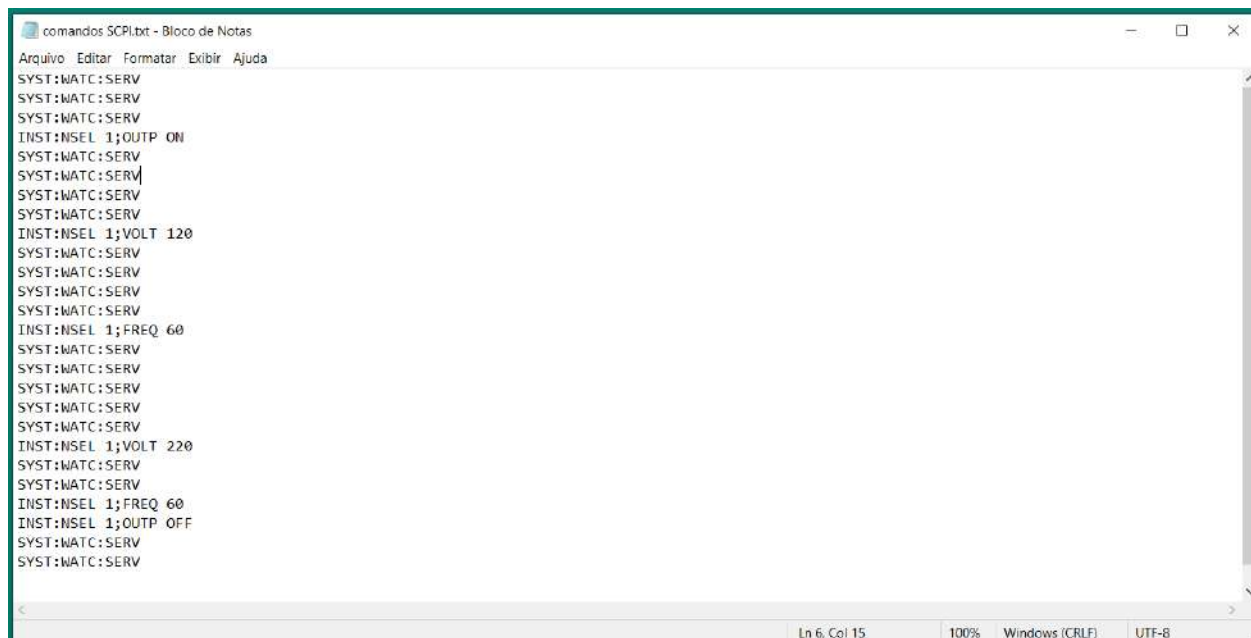


Figura 20: —Arquivo de texto com os comandos

Os comando implementados acima ligam a saída do aparelho, alteram a tensão de linha para 120 V, depois para 220 V e finalmente desliga a saída. Os comandos entre estas ações são para manter a conexão operante e são enviados automaticamente pelo software.

O software também apresenta um terminal onde é possível enviar comandos SCPI diretamente para serem executados. A resposta do comando é apresentada ao lado. Um exemplo deste uso pode ser visto abaixo, onde foi ligada a saída do aparelho:



Figura 21: Terminal de comunicação direta

Na parte inferior da tela é existe um espaço destinado as mensagens de erro que aparecem durante a operação do programa. Estas mensagens aparecem com instruções para a correção. Quando aparecer uma mensagem de erro um indicador irá piscar em vermelho e o botão Clear deve ser acionado para apagar estes registros de erro. Um exemplo de erros que podem aparecer são apresentados na figura a seguir:



Figura 22: Exemplo de mensagens de erro

Outro aspecto importante presente no programa é a capacidade de gerar e reproduzir macros. Para isso deve-se implementar no software as rotinas que devem ser executadas, além de dizer se elas serão executadas uma vez apenas ou serão repetidas. A tela do editor de macro possui a seguinte forma:

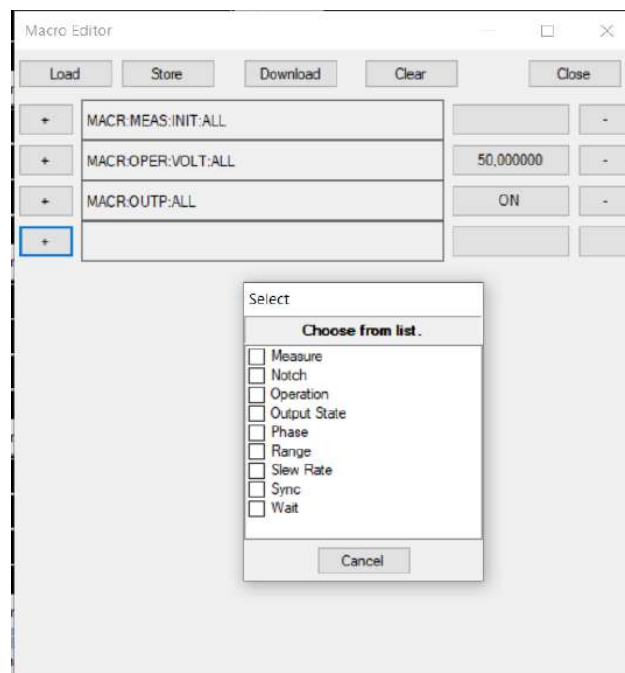


Figura 23: Editor de Macros

Os macros implementados devem ser baixados (download) para o simulador de rede para que possam ser posteriormente executados. Após o termino da edição dos macros o software verifica se os comandos foram salvos, fornecendo a opção de salva-los ou de sair e descartar as alterações:

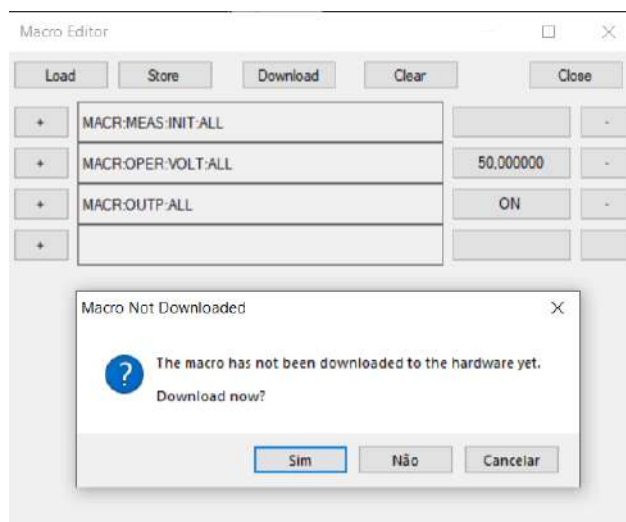


Figura 24: Editor de Macros - aviso sobre o download dos dados

Um recurso adicional disponível para proteção de erros de operação ou ajustes nos valores é o estabelecimento de valores limite para as tensões e correntes. Esta função pode ser acessada por meio do botão Safety na tela principal do software e possui a seguinte aparência:

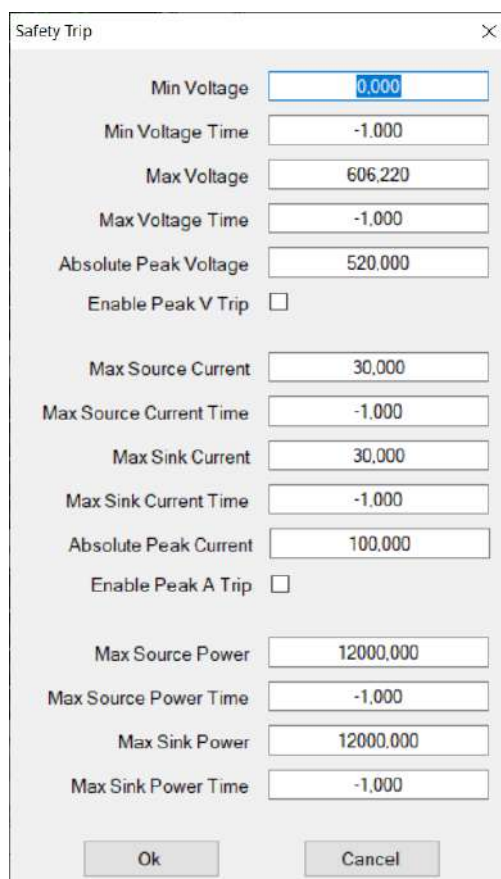


Figura 25: Tela do Safety Trip

4.1.2 SCPI Test PANEL

O segundo software fornecido é o SCPI Test PANEL, o qual possui como principal função realizar testes dos comandos SCPI conectado ao simulador de rede. No software é possível ainda ler os comandos em um arquivo de texto e escolher se eles devem ser repetidos ciclicamente ou apenas uma vez. A tela inicial do programa possui o seguinte formato:

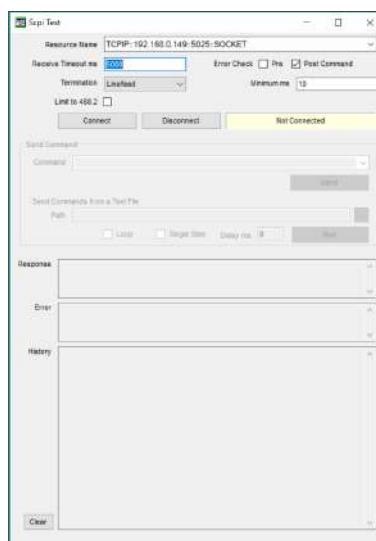


Figura 26: Tela inicial

Para se realizar a conexão ao simulador de rede deve-se utilizar o mesmo endereço IP e número de porta utilizados para a conexão com o software NHR 9400. Assim com os dados configurados corretamente, o acesso com o software conectado apresenta o ícone Connected em verde e uma mensagem de sucesso de conexão no campo de histórico:

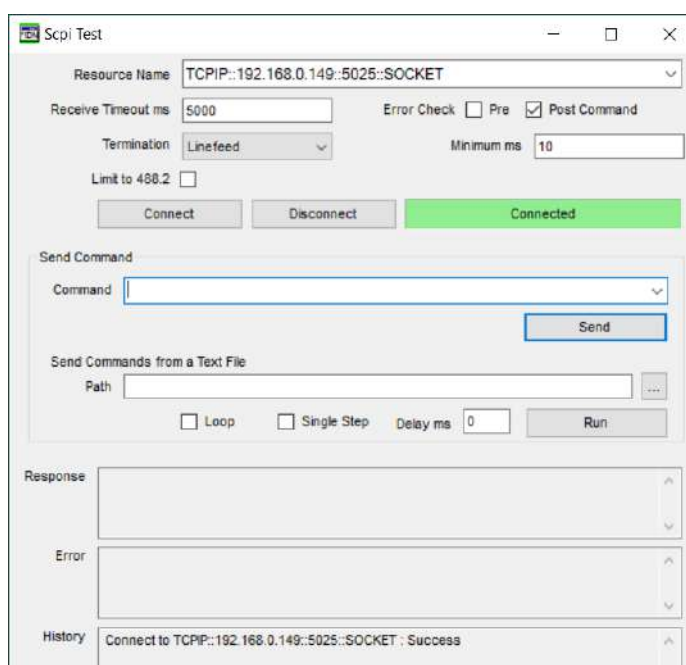


Figura 27: Software conectado

O campo de histórico armazena os comandos enviados via software e as respostas obtidas do simulador. O campo de resposta exibe apenas a resposta obtida e o campo de erro apresenta algum erro de comando ou execução caso ocorra. Abaixo é apresentado um exemplo onde após a conexão o valor da tensão é modificado para 220 V, a saída do simulador é habilitada e posteriormente é solicitada a medição do valor de tensão:

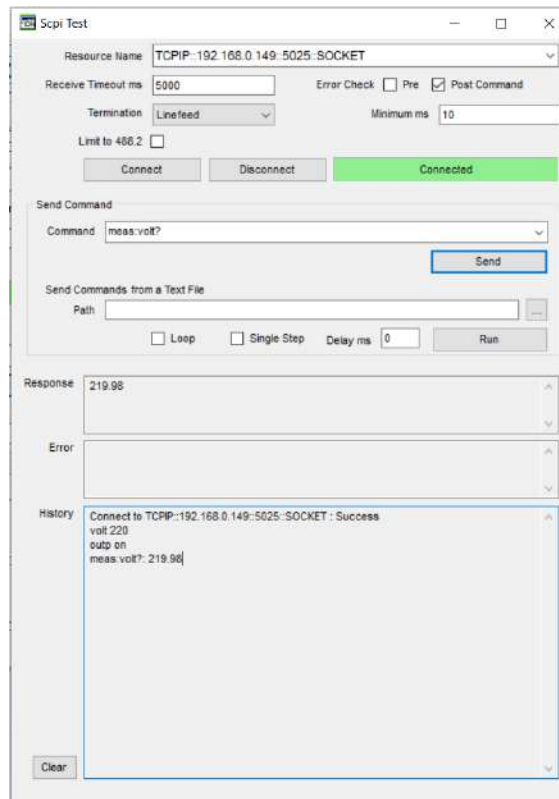


Figura 28: Respostas aos comandos enviados

4.2 Linguagem SCPI

4.2.1 O que é ?

A linguagem SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) ou em português, Comandos padrões para equipamentos programáveis é uma padronização de sintaxe e comandos para diversos equipamentos de medição e testes. O nome é comumente pronunciado como "Skippy" e os seus comandos podem ser empregados em vários tipos de equipamentos.

De acordo com Consortium (1999), os comandos SCPI são fáceis de aprender, alto-explicativos e capazes de efetuar o mesmo tipo de medição, em dois equipamentos diferentes fazendo uso do mesmo comando, o que permite mais consistência para o controle de instrumentos via programação remota. Isso remonta da origem da linguagem, que surgiu para unificar os comandos utilizados para controlar os equipamentos, uma vez que de acordo com Consortium (1999), a norma IEEE 488 definiu os padrões elétricos e mecânicos para os conectores utilizados nos equipamentos, e a IEEE 488.2 descreveu como enviar comandos aos instrumentos e as respostas para os controladores. Assim da necessidade de padronização e controlabilidade dos diversos equipamentos fabricados nasceu a linguagem SCPI.

Ainda segundo Consortium (1999), o principal objetivo da linguagem SCPI é reduzir o tempo de desenvolvimento de programas de teste automático de equipamentos, por meio de maior consistência para o ambiente de programação de controle e dados do instrumento, independente do seu fabricante. Essa redução de tempo também é devido aos formatos das respostas bem definidas obtidas do equipamento, o que reduz o tempo e esforços para o tratamento dos dados obtidos.

4.2.2 Comandos básicos

Utilizando SCPI existe duas definições básicas que devem ser observadas, que dizem respeito ao envio de comando (command) e de consulta (query) ao equipamento. Os comandos são textos enviados com o carácter de terminação () e as consultas são textos enviados com a terminação (?) e que também podem ter o seguinte formato (*IDN?), onde o comando descrito é a consulta de identificação do aparelho.

De acordo com Consortium (1999), os comandos em SCPI podem possuir uma forma curta ou longa, que devem ser respeitadas para que o comando seja entendido. A forma curta é formada pelo mnemônico do comando, enquanto a forma longa é constituída de toda a palavra, como por exemplo o comando para atribuir um valor de tensão, em sua forma curta seria VOLT 220, e na forma longa seria VOLTage 220.

Os comandos básico que devem ser entendidos por um equipamento devem de acordo com Consortium (1999) atender aos comandos comuns declarados pela norma IEEE 488.2. Alguns desses comandos são mais utilizados que outros, devendo o usuário da existência deles, e utiliza-los conforme demanda. Esses comandos são apresentados na tabela abaixo contendo uma pequena descrição das suas funções:

Mnemônico do comando	Nome	Descrição
*CLS	Clear Status Command	Limpa a fila de mensagens de erros
*ESE	Standard Event Status Enable Command	Programa o valor de status dos bits quando ligado
*ESE?	Standard Event Status Enable Query	Consulta o valor de status dos bits quando ligado
*ESR?	Standard Event Status Register Query	Consulta o valor de status dos bits do registrador
*IDN?	Identification Query	Consulta a identificação do aparelho, retornando o serial number e o firmware
*OPC	Operation Complete Command	Modifica o bit 0 do *ESR quando o aparelho finaliza todas as operações pendentes
*OPC?	Operation Complete Query	A consulta retorna o valor 1 quando todas as operações pendentes são realizadas
*RST	Reset Command	Reinicia o aparelho para o estado inicial de ligação
*SRE	Service Request Enable Command	Estabelece condições para os bits do *ESR
*SRE?	Service Request Enable Query	Consulta o estado atual do *SRE
*STB?	Read Status Byte Query	Consulta o status do registro, não efetuando a sua limpeza
*TST?	Self-Test Query	A consulta faz o aparelho reiniciar, rodar um auto-teste e retornar o resultado deste
*WAI	Wait-to-Continue Command	O aparelho para de executar outros comandos até que todas as operações sejam completas e o DSP esteja livre

Figura 29: Comandos básicos

4.2.3 Comandos úteis

Além de alguns dos comandos apresentados acima, outros comandos de maior utilização são apresentados na tabela abaixo. O usuário deve ter vista que deve pesquisar outros comandos não abordados neste treinamento, de acordo com a sua necessidade. O manual de programação do simulador de rede possui todos os comandos que podem ser utilizados junto ao aparelho, devendo ser consultado em caso de dúvidas.

Comando	Descrição
CONFIGure HW MODE	Modifica o modo de operação do aparelho dentre os 13 modos possíveis
CONFIGure HW MODE?	Consulta o modo de operação do aparelho
CONFIGure INSTRument SYNchronous	Configura se os comandos serão executados sincronamente ou por meio de ângulo de fase controlado
CONFIGure INSTRument SYNchronous?	Verifica o modo de operação síncrono utilizado
SYSTem ERRor?	Retorna o próximo número de erro seguido pela correspondente mensagem de erro da fila de erros de programação
SYSTem LED	Faz com que o led LAN do aparelho comece a piscar
SYSTem REMote	Faz com que a tela touch entre em modo remoto, utilizado para debug, onde o usuário ainda pode utilizar a tela para modificar os valores
SYSTem RWLock	Coloca o aparelho em modo de operação remoto, onde a tela touch fica bloqueada para modificações
SYSTem VERsion	Retorna qual é a versão do SCPI que o aparelho utiliza
SYSTem WATCHdog INTerval	Especifica o intervalo de tempo em segundos em que um comando deve ser recebido pelo aparelho, antes dele entrar em estado desligado e gerar um erro
SYSTem WATCHdog INTerval?	Verifica qual o intervalo de tempo programado para o watchdog
INSTRument CAPabilities APERture MAXimum ou MINimum ?	Retorna o máximo ou mínimo valor de tempo de abertura para a medição do aparelho, utilizado pelo osciloscópio ou outras medições.
INSTRument CAPabilities SAMPLe FREquency MAXimum ou MINimum ?	Retorna a máxima ou mínima frequência de amostragem utilizada pelo osciloscópio
INSTRument CAPabilities SAMPLe POINts MAXimum?	Retorna o maior valor de pontos salvos pelo osciloscópio na memória
INSTRument CAPabilities POWER MAXimum?	Retorna o máximo valor absoluto da potência True RMS (Watts) estabelecida para o equipamento
INSTRument CAPabilities VOLTage MAXimum ou MINimum ?	Retorna a tensão máxima absoluta para o instrumento selecionado (V_{me} linha ou V_{dc})
FREquency	Especifica a frequência de operação
FREquency?	Retorna a frequência de operação
OUTPut ON ou OFF	Liga ou desliga a saída do aparelho
OUTPut SYNC ANGLE	Para um instrumento em corrente alternada (AC), altera o ângulo de fase para a operação síncrona
SAFety	Estabelece os valores de limite de segurança e o tempo máximo permitido antes da proteção atuar
SAFety?	Retorna os valores dos limites de segurança
VOLTage	Estabelece o valor de tensão de linha para o instrumento selecionado
VOLTage?	Retorna o valor de tensão utilizado
VOLTage: APHase, BPHase ou CPHase	Estabelece o valor de tensão de fase (linha – neutro) para a fase do instrumento selecionada

Figura 30: Comandos úteis

4.2.4 Exemplos

São apresentados alguns exemplos do uso dos comandos em SCPI para operar o simulador de rede. Por questões de praticidade a linguagem de programação utilizada será Python. Primeiro será apresentado um exemplo fornecido no manual de programação e algumas observações sobre ele serão realizadas. Posteriormente será apresentado outros exemplos simples demonstrando alguns dos comandos abordados acima.

1. Exemplo do manual

Abaixo o exemplo fornecido em Research (2020) apresenta como se conectar e solicitar a identificação do aparelho:

```
# import socket.py
import socket

# establish the socket connection
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
s.settimeout(1)
s.connect(("192.168.0.3", 5025))

# Lock out the touch screen
s.send("SYST:RVL\n")

# send the commands as desired
s.send("*IDN?\n")      # Send IDN Query as example

# display the response
print s.recv(1024)

# Return the touch screen to local control
s.send("SYST:LOC\n")

# close the socket
s.close()
```

Figura 31: Exemplo de conexão em Python

O exemplo acima deveria receber como resposta os seguintes strings:

NH Research,9410-12,57114,1.003

Esses comandos se forem executados conforme digitados resultaram em uma mensagem de erro, e não será possível obter a identificação do simulador de rede. Isso ocorre pois a linguagem Python por ser bastante dinâmica, sofre atualizações no decorrer do tempo e o código apresentado no manual necessita de algumas correções para que funcione. Pequenas modificações devem ser feitas e o mesmo código reescrito e funcionando para a versão atual do Python (3.10.0) é apresentado abaixo:

```
1  #Programa para o simulador de rede - NHR 9012
2
3  #Importar o módulo de socket do Python
4  import socket
5
6  # Estabilizar a conexão do socket
7  s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) #variável s com os parametros
8  s.settimeout(20)
9  s.connect(("192.168.0.149", 5025))      #endereço e porta de conexão
10
11 #Envio dos comandos
12
13 # Comando de consulta IDN
14 data1 = "*IDN?\r\n"
15 s.send(data1.encode())
16
17 #mostrar a resposta obtida
18 dadosRecebidos = s.recv(1024)
19 print("Identificação do Simulador de Rede:", dadosRecebidos.decode())
20
21 #bloquear o touch screen
22 data2 = "SYST:RVL\r\n"
23 s.send(data2.encode())
24
25 #Habilitar o touch screen para controle local
26 data3 = "SYST:LOC\r\n"
27 s.send(data3.encode())
28
29 #Fechar a conexão do socket
30 s.close()
```

Figura 32: Exemplo de conexão com as correções

Conforme pode ser visto no código corrigido acima, as modificações realizadas consistem em se alterar a forma de enviar e receber os strings para o equipamento, o que é feito por meio das funções encode e decode. O usuário deve ficar atento também aos marcadores de fim do string, que passam de `\n` para `\r\n`.

2. Exemplo medições de valores

Agora será apresentado um exemplo mais elaborado onde o equipamento terá sua saída ligada com um determinado valor de tensão, e medições de grandezas serão realizadas:

```
#Importar o módulo de socket do Python
import socket
# Estabilizar a conexão do socket
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM) #variável s com os parametros
s.settimeout(20)
s.connect(("192.168.0.149", 5025))          #endereço e porta de conexão

#bloquear o touch screen
data2 = "SYST:RWL\r\n"
s.send(data2.encode())

#Ligar a saída
data1 = "SOUR:OUTP 1\r\n"
s.send(data1.encode())

#mudar a tensão para 100 v
data2 = "SOUR:VOLT: 100\r\n"
s.send(data2.encode())

#Medir o valor da tensão de saída
data4 = "MEAS:VOLT?\r\n"
s.send(data4.encode())
dadosRecebidos4 = s.recv(1024)
print("O valor da tensão medida é: ", dadosRecebidos4.decode())

#Medir o valor da corrente de saída
data4 = "MEAS:CURR?\r\n"
s.send(data4.encode())
dadosRecebidos4 = s.recv(1024)
print("O valor da corrente medida é:", dadosRecebidos4.decode(), "A")

#Medir Potência
data4 = "FETCH:Power?\r\n"
s.send(data4.encode())
dadosRecebidos4 = s.recv(1024)
print("Potência:", dadosRecebidos4.decode(), 'W')

#desligar a saída
data1 = "SOUR:OUTP 0\r\n"
s.send(data1.encode())

#Habilitar o touch screen para controle local
data3 = "SYST:LOC\r\n"
s.send(data3.encode())

#Fechar a conexão do socket
s.close ()
```

Figura 33: Exemplo de medições

4.3 Macros

4.3.1 O que são ?

De acordo com Research (2019), macros são um conjunto de sequências pré programadas as quais são baixadas para o equipamento e executadas localmente, com a finalidade de promover ciclos diretos e controle de sub-ciclos. As mudanças podem ser efetuadas em todos os canais ou fases dos instrumentos além de poder executar qualquer outra função que seja programável.

Segundo Research (2020), o macro do simulador de rede permite um controle preciso sobre o conjunto de operações programadas, as quais não são confiáveis quando executadas por um controlador externo. Observações também são feitas em relação aos cuidados que se deve ter quando construir macros, pois eles podem afetar diretamente todas as saídas dos aparelhos.

Os macros programados via software NHR 9400, painel touch ou em SCPI fazendo uso de linguagem de programação, como por exemplo Python, possuem estrutura similares, e são executados de acordo com a ordem em que são inseridos. Abaixo uma figura do Macro Editor do NHR 9400 é apresentada junto com alguns comandos implementados:

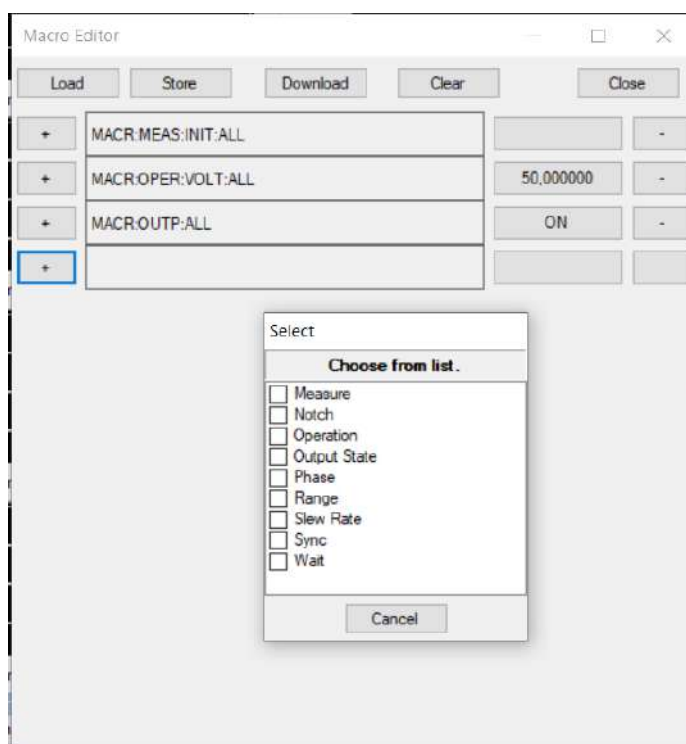


Figura 34: Macro Editor

Deve observar que ao utilizar o Macro Editor é possível carregar ou salvar uma lista de macros em arquivos e efetuar o download para o simulador de rede, o qual pode executar a sequência especificada.

Para adicionar um comando basta clicar no símbolo de + no canto esquerdo e para remover basta clicar no - no canto direito de cada linha. Ao lado do comando fica um campo para atribuir valores numéricos com o caso da tensão de saída ou valores lógicos, como no caso da saída que pode estar ligada (ON) ou desligada (OFF).

Cada novo comando possibilita a escolha de uma opção em um menu que se abre, onde pode ser escolhidos comandos de medição, operação, pausa, escala, e outros. Depois de se escolher um tipo, mais opções dentro dele são abertas, possibilitando um maior detalhamento do comando a ser utilizado.

Após a configuração do macro a ser executado deve-se carregá-lo para o simulador por meio do botão Download, e recomenda-se que seja salvo por meio do comando Store, o que pode ser útil para ajustes ou correções adicionais.

As opções disponíveis no menu são apresentadas por meio de diagramas esquemáticos disponíveis em Research (2019), as quais são apresentadas abaixo:

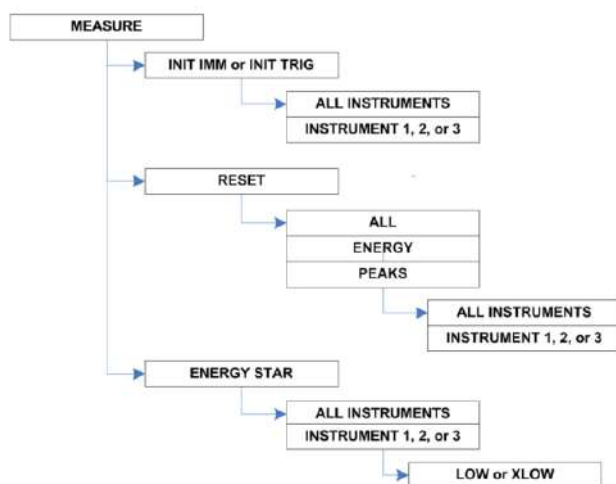


Figura 35: Measure

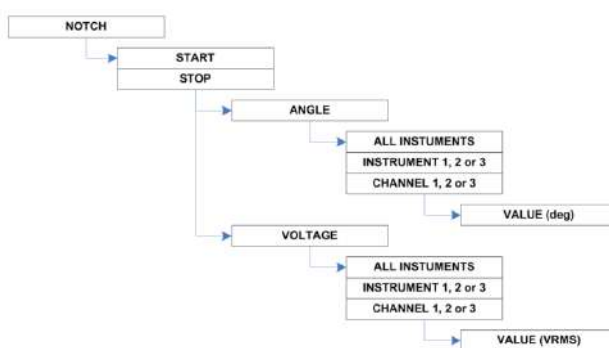


Figura 36: Notch

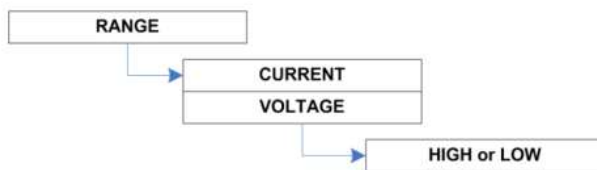


Figura 37: Range

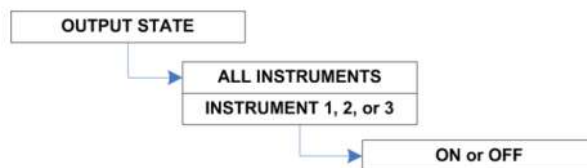


Figura 38: Output

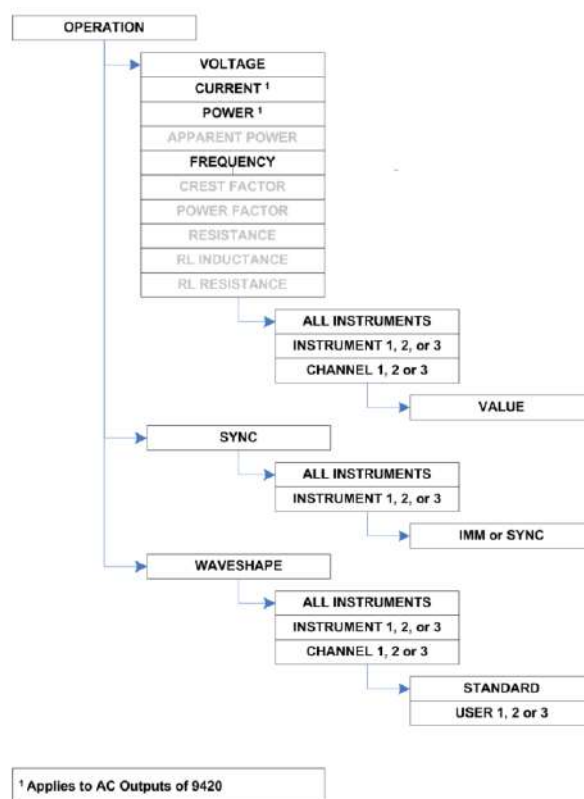


Figura 39: Operation

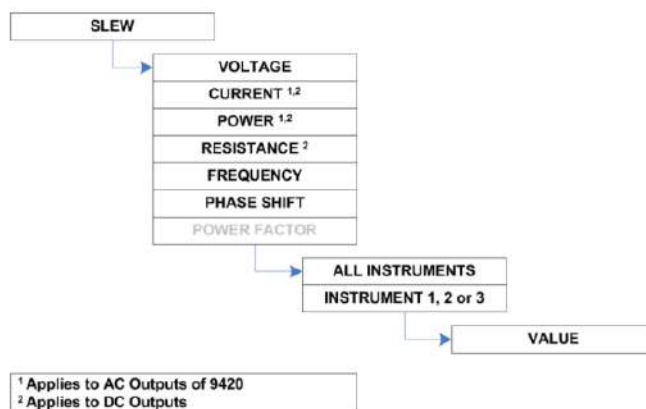


Figura 40: Slew



Figura 41: Sync

4.3.2 Comandos úteis

Para a edição de macros, alguns comandos mais utilizados serão apresentados a seguir. Para maiores informações sobre os comandos utilizados para macros, o usuário deve recorrer ao manual de programação do simulador de rede para maiores detalhes.

A tabela abaixo apresenta alguns comandos úteis para a programação de macros no simulador de rede:

Comando	Descrição
MACRo:LEARn	Controla o modo de aprendizado de macros, iniciando e finalizando a rotina macro.
MaCRo:RuN:ONCE	Executa a sequência de macro gravada entre os comando MACRo:LEARn.
MaCRo:RuN:ONCE:TRIGger	Executa a sequência de macro após receber um sinal de trigger.
MaCRo:RuN:ONCE:CONTInuous	Executa a sequência de macro continuamente até que um comando para abortar a execução seja recebido.
MaCRo:RuN:ONCE:CONTInuous:TRIGger	Executa a sequência de macro continuamente após receber um sinal de trigger.
MACRo:MEASure:INITIate:ALL	Inicia a captura de medições para todos os instrumentos.
MACRo:MEASure:TRIG:ALL	Inicia a captura de medições para todos os instrumentos iniciada por um trigger.
MACRo:MEASure:RESet:ALL:ALL	Reinicia as medições para todos os instrumentos.
MACRo:NOTCh:START ou STOP:ANGLE:ALL	Aplica o ângulo a ser utilizado no sub-ciclo notch.
MACRo:NOTCh:START ou STOP:VOLTage:ALL	Aplica o valor de tensão para o sub-ciclo notch.
MACRo:OPERation:FREQuency:ALL	Aplica o valor de frequência para todos os instrumentos.
MACRo:OPERation:POWer:ALL	Aplica o valor limite de potência total para cada instrumento.
MACRo:OPERation:SYNC:ALL	Configura se os comandos serão realizados de forma síncrona ou pelo controle do ângulo de fase.
MACRo:OPERation:VOLTage:ALL	Configura os valores de tensão para todos os instrumentos.
MACRo:OPERation:WAVeshape:ALL	Aplica a forma de onda escolhida (Standard, User1, User2, User3) em todas as saídas.
MACRo:OUTPut:ALL	Liga ou desliga as saídas de todos os instrumentos.

Figura 42: Comandos Macro

Com a utilização dos comandos descritos acima é possível criar rotinas de testes que serão executadas diretamente do simulador de rede, sem a necessidade de interferência externa do usuário. Com isso fica mais fácil adquirir os resultados esperados, sem a preocupação de ter que variar valores ou tempo de atuação dos comandos.

4.3.3 Exemplos

Com base nos comandos apresentados anteriormente, alguns exemplos de programação de macros serão apresentados, buscando demonstrar os procedimentos a serem utilizados para a implementação das rotinas no simulador. Os exemplos apresentados estão disponíveis em Research (2019) e em Research (2020), e são apresentados de forma resumida, devendo o usuário buscar mais informações nos respectivos manuais caso precise de maiores detalhes.

1. **Sequência de macro típica** Uma sequência básica de macros é definida pelos comandos inseridos entre os comandos de aprendizado. O exemplo contendo uma sequência típica apresentado em Research (2020) possui a seguinte forma:

Comando	Descrição
MACRo:LEARn 1	Inicia o processo de aprendizado da sequência macro
MACRo:OPERation:VOLTage:INST1 200	Modifica a tensão do instrumento 1 para 200 V
MaCRo:WAIT:TIME 1	Pausa a execução da sequência por 1 segundo
MACRo:OPERation:VOLTage:INST1 240	Modifica a tensão do instrumento 1 para 240 V
MACRo:LEARn 0	Finaliza o processo de aprendizado da sequência macro
MACRo:RuN	Executa a sequência de macro aprendida

Figura 43: Sequência de Macro típica

Conforme pode ser visto do primeiro exemplo, a forma de se escrever uma rotina de macro é bastante simples, mas deve-se possuir um bom conhecimento sobre os comandos disponíveis para que a rotina implementada corresponda ao resultado esperado.

O comando utilizado para executar a sequência vai rodar apenas uma vez e após essa execução irá deixar a saída com ligada e com o valor de 240 V. Esse é um ponto importante a se observar, pois dependendo da finalidade desejada é necessário programar os valores da saída para um valor estacionário, ou zero (desligada).

2. **Sequência de macro contínua** Um outro exemplo apresentado em Research (2020), é uma sequência de macro que é executada continuamente até que receba um comando de interrupção. O comando de pausa é executado de forma diferente, ao invés de para por um instante de tempo, ele pausa por um ciclo. Esse ciclo é definido por meio de um angulo de sincronismo que deve ser previamente especificado pelo comando OUTPUT:SYNC:ANGLE. A sequência de macros possui os comandos:

Comando	Descrição
MACRo:LEARn TRUE	Inicia o processo de aprendizado da sequência macro
MACRo:OPERation:VOLTage:ALL 208	Modifica a tensão das três fases para 120 V _{RMS}
MaCRo:WAIT:CYCLes:INST1 1	Pausa a execução da sequência por 1 ciclo
MACRo:OPERation:VOLTage:CHAN1 100	Modifica a tensão da fase A para 100 V _{RMS}
MaCRo:WAIT:CYCLes:INST1 1	Pausa a execução da sequência por 1 ciclo
MACRo:LEARn FALSE	Finaliza o processo de aprendizado da sequência macro
MACRo:RUN:CONTinuous	Executa a sequência de macro aprendida continuamente

Figura 44: Sequência de Macro contínua

Essa rotina de macro difere da anterior apresentada pela forma como a pausa é realizada, e também pela continuidade de execução da rotina. A possibilidade de pausar a execução por determinados ciclos pode ser utilizada para gerar defasamento entre fases além de distúrbios não síncronos.

4.4 Erros

Parei akii !!!

4.4.1 Código de erros

5 Considerações finais

Referências

- S. Consortium. *SCPI Volume 1 : Syntax and Style*. SCPI Consortium, 1999.
- N. Research. *NHR 9410 9420 Series - User's Manual*. NHR Research, Incorporated, 2019.
- N. Research. *NHR 9400 Series AC / DC Power Module - Programmer's Reference Manual*. NHR Research, Incorporated, 2020.