

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



**Uniformização de Metodologias de
Ensaaios e Normalização do Protocolo
CEI 61850 em Sistemas de Proteção
Comando e Controlo (SPCC)**

Isa Carvalho Cruz

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Dr. Hélder Filipe Duarte Leite

Co-orientador: Eng.º Alberto Pinto

Julho de 2017

Resumo

Os objetivos desta dissertação centram-se no estudo das melhores práticas na área de operação e manutenção de Sistemas de Proteção, Comando e Controlo (SPCC). Pretende-se uniformizar e standardizar o tipo de ensaios a efetuar aos sistemas, de modo a tornar os procedimentos mais eficientes e automatizados, principalmente aquando da entrega de ativos à Manutenção e normalizar o protocolo CEI 61850.

Neste seguimento, foi desenvolvido um Protocolo-Guia de Ensaios para cada Painel Tipo com base em ensaios reais de manutenção realizados em Subestações da Operadora da Rede de Distribuição portuguesa e dois modelos de ensaios automatizados, para a proteção diferencial do Transformador de Potência e para a proteção de Distância de uma Linha de Alta Tensão, com recurso à ferramenta OMICRON *Control Center* (OCC) da mala de ensaios, CMC 256-6 da OMICRON.

Sendo o grande objetivo da Norma CEI 61850 a garantia de interoperabilidade entre dispositivos de fabricantes diferentes numa Subestação e com a identificação de alguns entraves à obtenção desta condição, é objetivo desta dissertação a definição de requisitos à interoperabilidade entre IED's na Rede Elétrica Portuguesa. Através da análise da implementação feita pelos diferentes fornecedores das Subestações da Rede de Distribuição, é apresentada uma normalização para os Dispositivos Lógicos (LD's), Nós Lógicos (LN's) e Atributos a ser utilizada na implementação de cada uma das sinalizações, medidas e controlos de um Painel Tipo de Média Tensão, segundo a Norma CEI 61850.

Palavras-chave: Sistemas de Proteção Comando e Controlo, Ensaios Automatizados, Norma CEI 61850, Interoperabilidade

Abstract

The main goal of this dissertation is focused on the study of the best practices on the operation and maintenance areas of the Systems of Protection, Command and Control (SPCC). It is pretended to uniforme and standardize the type of experiments to perform on systems, in a way which will create more efficient and automated procedures, specially by the delivery of actives to the maintenance and normalization of the IEC 61850 standard.

Following this, it was developed an Experiment Guided-Protocol to each Panel Type based in real experiments of maintenance done in Portuguese substations of the Distribution Network Operator and two models of experiments automated for the diferentative protection of the power transformer and to the protection of the distance on a high tension line, with resource to the OMICRON Control Center (OCC) tool of the experiments suitcase, CMC 256-6 of OMICRON.

Being the great objective of the IEC 61850 normative with the guarantee of the interoperability between devices of distinct manufacturer in a substation and with the identification of some obstacles related to the acquisition of it, it's the scope of this dissertation the definition of the interoperability requirements between IED's in the Portuguese Electric Network.

Through the analysis of the implementation made by the different substation suppliers of the Distribution Network, it is presented a suggestion of normalization for the Logic Devices (LD's), Logic Nodes (LN's) and Atributes to be used in the implementation of each one of the signaling, measures and controls, accordingly to the IEC 61850 Standard for a Medium Tension Panel Type.

Key words: Systems of Protection, Command and Control, Automated Test Models, IEC 61850, Interoperability

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Hélder Leite e ao Engenheiro Alberto Pinto por todo o apoio, conselhos e sugestões que generosamente puseram à minha disposição.

À EDP Distribuição pela oportunidade concedida em realizar a dissertação em ambiente empresarial, nomeadamente ao Departamento de Manutenção de Subestações do Porto. Agradeço em especial ao Engenheiro Hélder Heitor, ao Técnico Nuno Carreiro e também a todo o pessoal do departamento pela boa disposição e pela transmissão de toda a sua experiência e conhecimentos técnicos, sempre cedidos com toda a paciência e disponibilidade possível.

À minha família, em especial aos meus pais e às minhas irmãs por me terem apoiado e proporcionado as condições necessárias para o sucesso na vida académica.

A todos os meus amigos e colegas que me incentivaram e me proporcionaram momentos de boa disposição e amizade durante esta fase importante do meu percurso académico.

*“If you want to find the secrets of the universe,
think in terms of energy, frequency and vibration”*

Nikola Tesla

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Estrutura da Dissertação	2
2	Ensaio Atuais e Equipamentos de Teste	3
2.1	Notas Introdutórias aos Ensaio Realizados pela Operadora da Rede de Distribuição	3
2.2	Sistema de Proteção Comando e Controlo (SPCC): Tipos de Ensaio	3
2.2.1	Ensaio Tipo	4
2.2.2	Ensaio Série ou de Rotina	4
2.2.3	Ensaio em Fábrica (FAT)	5
2.2.4	Ensaio no Local da Instalação (SAT)	6
2.2.5	Ensaio de Manutenção Preventiva ou Corretiva	8
2.3	Ensaio atuais na Operadora da Rede de Distribuição de Energia Elétrica	9
2.4	Mala de Ensaio CMC 256-6 da OMICRON	11
2.4.1	Características da Mala de Ensaio	11
2.4.2	Software Test Universe	13
2.5	Considerações Finais	17
3	A Norma CEI 61850: Redes de Comunicação e Testes de Funcionamento	19
3.1	Sistemas de Proteção Comando e Controlo	19
3.2	Motivação para a criação da Norma CEI 61850	22
3.2.1	Modelo de Dados	23
3.2.2	Nós Lógicos	23
3.2.3	Classes Nós Lógicos	24
3.2.4	Semântica dos Nós Lógicos	25
3.2.5	Nó Lógico Zero (LLN0)	27
3.2.6	Organização Funcional dos Nós Lógicos	27
3.2.7	Tipos de Comunicações	28
3.2.8	Mensagens GOOSE	29
3.2.9	Linguagem de Configuração de Subestações	30
3.2.10	Funcionamento de uma Subestação com Norma CEI 61850	31
3.3	Benefícios da Norma CEI 61850 para o Operador da Rede de Distribuição	32
3.4	Necessidade de Interoperabilidade na Rede de Distribuição Portuguesa	33
3.5	Testes de Funcionamento numa Subestação com Norma CEI 61850	34
3.5.1	Testes de Conformidade	34
3.5.2	Testes de Interoperabilidade	36
3.6	Considerações finais	38

4	Guia de Ensaio por Painel Tipo e Desenvolvimento de OCC's	39
4.1	Protocolo-Guia de Ensaio por Painel Tipo	39
4.2	Modelo de Ensaio com OMICRON Control Center	40
4.2.1	Regulação da Proteção Diferencial do Transformador de Potência	40
4.2.2	OMICRON Control Center para a Proteção Diferencial do Transformador de Potência AT/MT	42
4.2.3	Regulação da Proteção de Distância	47
4.2.4	OMICRON Control Center para a Proteção de Distância da Linha AT	49
4.3	Considerações Finais	55
5	Normalização do Protocolo CEI 61850	57
5.1	Teste de Interoperabilidade Vertical	57
5.2	Comparação dos Nós Lógicos utilizados atualmente por diferentes Fabricantes nas Subestações da EDP Distribuição SA	59
5.3	Normalização do Descritivo segundo a Norma CEI 61850	60
5.3.1	Normalização do Dispositivo Lógico	61
5.3.2	Normalização dos Nós Lógicos e respetivos Atributos	64
6	Conclusões e Perspetivas Futuras	69
6.1	Conclusões	69
6.2	Trabalhos Futuros	70
A	Protocolo-Guia de Ensaio por Painel Tipo	71
A.1	Verificações Gerais para todos os Painéis	71
A.1.1	Painel de Linha AT	72
A.1.2	Painel de Barras AT	76
A.1.3	Painel Transformador de Potência AT/MT	77
A.1.4	Painel de Barras MT	79
A.1.5	Painel da Bateria de Condensadores	81
A.1.6	Painel de Linha MT	82
B	Relatório do Ensaio para a Proteção Diferencial do Transformador de Potência	85
C	Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância em RNE, REE e com o Disjuntor dos TT's Desligado	97
D	Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância: Religação em Z1	113
E	Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância com Verificação de Sincronismo	125
F	Nós Lógicos	141
F.1	Nós Lógicos para Funções de Proteção	141
F.2	Nós Lógicos para Controlo	143
F.3	Nós Lógicos para Medidas	144
F.4	Nós Lógicos para Dispositivos Físicos	144
F.5	Nós Lógicos para Sistema e Segurança do Dispositivo	144
F.6	Nós Lógicos relacionados com os equipamentos primários	145
F.7	Nós Lógicos relacionados com Serviços de Sistema	146
G	Estados Associados a cada Descritivo	147

CONTEÚDO

xi

Referências

151

Lista de Figuras

2.1	Mala de ensaios CMC 256-6 da OMICRON	11
2.2	Módulos de saídas analógicas de corrente	12
2.3	Módulos de saídas analógicas de tensão	12
2.4	Módulo de entradas binárias	13
2.5	Interface principal do <i>software Test Universe</i>	13
2.6	Configuração de <i>hardware</i>	14
2.7	Ambiente gráfico do módulo QuickCMC	14
2.8	Ambiente gráfico do Módulo de Teste <i>State Sequencer</i>	15
2.9	Ambiente gráfico do Módulo de Teste <i>Ramping</i>	16
2.10	Ciclo de reaproveitamento do plano de testes OMICRON <i>Control Center</i>	17
3.1	Sistemas de Comando e Controlo Numérico	20
3.2	Comunicação Horizontal (cinzento) e Vertical (preto)	21
3.3	Modelo de dados do IED segundo CEI 61850	23
3.4	Interação de Nós Lógicos, IEC61850-5	24
3.5	Troca de dados entre LN's	24
3.6	Classe do nó lógico XCBR	26
3.7	Classe DPC	26
3.8	Estrutura da informação	27
3.9	Exemplo de Organização Funcional	28
3.10	Aplicação do modelo <i>Generic Substation Event</i>	29
3.11	Ligações dos ficheiros SCL entre ferramentas de engenharia	31
3.12	Funcionamento de uma Subestação com base na Norma CEI 61850	32
3.13	Etapas dos testes de conformidade	35
4.1	Esquema de Proteção Diferencial de um Transformador monofásico	40
4.2	Característica Operacional da Proteção Diferencial Restrita	41
4.3	Extração do ficheiro RIO a partir do IED	43
4.4	Parâmetros do IED	44
4.5	Parâmetros da Proteção Diferencial: Dispositivo de Proteção (Figura à Esquerda) e Característica de Operação (Figura à Direita)	44
4.6	Configuração de <i>hardware</i> (entradas binárias) para o Módulo <i>Diff Operating Characteristic</i>	45
4.7	Ambiente Gráfico do Módulo <i>Diff Operating Characteristic</i>	45
4.8	<i>Diff Operating Characteristic</i> com os pontos de teste definidos para um Defeito F-F-F	46
4.9	Rede representativa para o processo de parametrização da proteção de distância	47
4.10	OMICRON <i>Control Center</i> para a Proteção de Distância	49

4.11	Parâmetros do IED (Figura à Esquerda) e parâmetros da Proteção de Distância (Figura à Direita)	50
4.12	Configuração de <i>hardware</i> (entradas binárias) para o Módulo <i>Advanced Distance</i>	51
4.13	<i>Advanced Distance</i> com os pontos de teste definidos	51
4.14	Módulo <i>State Sequencer</i> para teste da função de religação em Z1 sem condições de sincronismo	53
4.15	Visualização do sinal em função do tempo no teste da função de religação em Z1 sem condições de sincronismo	53
4.16	Módulo <i>State Sequencer</i> para teste do fecho manual do disjuntor sem condições de sincronismo	54
4.17	Visualização do sinal em função do tempo no teste da função de religação em Z1 sem condições de sincronismo	54
5.1	Esquema da SE utilizada para o teste	58
5.2	Trace da comunicação do teste realizado	58
5.3	Nó Lógico XCBR	63
5.4	Classe de Dados Comuns DPC	63
A.1	Característica Operacional de uma Proteção de MIHD	73
A.2	Característica de Funcionamento da Proteção Distância	73
A.3	Característica de Funcionamento da Proteção Diferencial de Linha	74
A.4	Esquema do princípio operacional da função SOTF	75
A.5	Característica de Funcionamento da Proteção Diferencial do Transformador	78
A.6	Característica Operacional de uma Proteção de MIHD	83

Lista de Tabelas

3.1	Categorias de Nós Lógicos	25
4.1	Correntes de teste de acordo com os pontos de disparo do plano I_{diff} e I_{estab} para um defeito F-F-F	46
5.1	Descritivos utilizados para a função Bloco Disjuntor pela GE	59
5.2	Descritivos utilizados para identificação do Dispositivo Lógico (LD)	59
5.3	Descritivos utilizados para as funções de Máximo de Intensidade (instantânea e temporizada)	60
5.4	Uso incorreto do Nós Lógicos Genéricos (GGIO)	60
5.5	Objeto de Dados não normalizado pela Norma CEI 61850	60
5.6	LN não definido pela Norma CEI 61850	60
5.7	TAG associado à Área Geográfica (Tabela à Esquerda) e TAG associado ao Tipo de Instalação (Tabela à Direita)	61
5.8	TAG associado ao Posto de Comando (Tabela à Esquerda) e TAG associado ao Nível de Tensão (Tabela à Direita)	62
5.9	Comparação do Endereço Lógico Normalizado pela EDP com o Endereço Lógico normalizado pela GE segundo a Norma CEI 61850 para representar Estado do Disjuntor	62
5.10	Normalização de Dispositivos Lógicos	63
5.11	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções do Disjuntor	64
5.12	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções de Máximo Intensidade	65
5.13	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções de Religação	65
5.14	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com outras funções	66
5.15	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada função de Medida	67
5.16	Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada função de Comando	67
A.1	Sinalizações, Comandos e Medidas Verificar no Painel de Linha AT	76
A.2	Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Barras AT	77
A.3	Sinalizações a Verificar no Transformador de Potência AT/MT	79
A.4	Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Barras MT	80
A.5	Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel da Bateria de Condensadores	81

A.6	Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Linha MT	84
G.1	Estados das Sinalizações associadas às funções do Disjuntor	147
G.2	Estados das Sinalizações associadas às funções de Corrente	148
G.3	Estados das Sinalizações associadas às funções de Religação	148
G.4	Estados das Sinalizações associadas a outras funções	149
G.5	Estados das funções associadas a Medidas	150
G.6	Estados associados às funções de Comando	150

Abreviaturas e Símbolos

ACSI	<i>Abstract Communication Service Interface</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
AT	Alta Tensão
CC	Centro de Comando
CEF	Condições Específicas de Funcionamento
CEI	Comissão Eletrotécnica Internacional
CID	<i>Configured IED Description</i>
DUT	<i>Device Under Test</i>
FAT	<i>Factory Acceptance Tests</i>
GGIO	<i>Generic Input and Output</i>
GOOSE	<i>Generic Object Oriented Substation Event</i>
GSE	<i>Generic Sustation Event Mode</i>
ICD	<i>IED Capability Description</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IHM	Interface Humano-Máquina
IK	Índice de Protecção Mecânica
IP	Índice de Protecção
LAN	<i>Local Area Network</i>
LC	<i>Logical Connection</i>
LD	<i>Logical Device</i>
LLN0	<i>Logical Node Zero</i>
LN	<i>Logical Node</i>
MICS	<i>Model Implementation Conformance Statement</i>
MMS	<i>Manufacturing Message Specification</i>
MT	Média Tensão
OCC	<i>OMICRON Control Center</i>
ORD	Operadora da Rede de Distribuição
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
PCL	Posto de Comando Local
PD	<i>Physical Device</i>
PICOM	<i>Piece of Information for COMMunication</i>
PICS	<i>Protocol Implementation Conformance Statement</i>
PIXIT	<i>Protocol Implementation eXtra Information for Testing</i>
PN	Painel
REE	Regime Especial de Exploração
RIO	<i>Relay Interface by OMICRON</i>
RLC	Rede Local de Comunicações
RND	Rede Nacional de Distribuição
RNE	Regime Normal de Exploração

RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SAS	Sistema de Automação de Subestações
SAT	<i>Site Acceptance Test</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SCC	Sistemas de Comando e Controlo
SCI	Sistema de Controlo Integrado
SCL	<i>Substation Configuration Language</i>
SCSM	Specific Communication Service Mapping
SE	Subestações de Energia Elétrica
SPCC	Sistemas de Proteção Comando e Controlo
SSD	<i>System Specification Description</i>
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potência
TT	Transformador de Tensão
UC	Unidade Central
UCAIUG	<i>Utility Communication Architecture International Users Group</i>
URTA	Unidade Remota de Teleação e Automação
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

Capítulo 1

Introdução

O Operador da Rede de Distribuição portuguesa, EDP Distribuição SA, procura atingir a interoperabilidade entre IED's de diferentes fabricantes com a Norma CEI 61850, cujo estado de desenvolvimento ainda não se encontra plenamente atingido. Assim, espera-se uma expansão dos Sistemas de Automação de Subestações com base na Norma CEI 61850 por forma a padronizar as comunicações ao nível das Subestações. Como resultado da aplicação da Norma CEI 61850, pretende-se que a arquitetura da rede de comunicação se torne semelhante entre Subestações diferentes, contornando o problema de incompatibilidades entre equipamentos de diferentes fabricantes. Com a não verificação da plena interoperabilidade em Subestações da responsabilidade do Operador da Rede de Distribuição portuguesa, torna-se necessário especificar junto dos fabricantes, o que é desejado ao nível de implementação segundo a norma CEI 61850, para que exista conformidade entre os diferentes IED's.

Além da interoperabilidade do CEI 61850, outro tema considerado fundamental pela Operadora da Rede de Distribuição (ORD) portuguesa, é a uniformização dos ensaios a realizar aos Sistemas de Proteção, Comando e Controlo. No atual caminho pretendido pela ORD, que tem como objetivo abandonar a forma clássica de registo dos ensaios, em Fichas de Ensaio, para um modelo automatizado baseado em OCC's, torna-se fundamental que todos os colaboradores realizem os testes num formato uniforme. Nesse sentido foi criado um Protocolo Guia de Ensaio por Painel Tipo, com base em ensaios reais de manutenção realizados em Subestações da ORD, visando seguir as melhores práticas. Este modelo servirá de suporte procedimental para evolução das metodologias de ensaio, para um modelo baseado em OCC's. Respondendo a essa necessidade, foram desenvolvidos dois modelos de ensaios automatizados. Estes modelos devem ser capazes de realizar os ensaios de forma sequencial e, no final, produzir um relatório com todas as informações relevantes. Estes modelos oferecem vantagens a nível de simplicidade e rapidez, visto que o técnico terá uma gama bem menor de parâmetros a alterar.

1.1 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo tem como objetivo a introdução do tema em estudo, bem como a motivação e os principais objetivos a atingir com o desenvolvimento deste trabalho. Efetua-se ainda uma descrição da estrutura da dissertação, onde se apresenta um resumo de cada capítulo.

O capítulo dois consiste na revisão de literatura relativa aos ensaios dos Sistemas de Subestações. São descritos os ensaios atualmente realizados pela Operadora da Rede de Distribuição de Energia Elétrica em Portugal. A organização do capítulo está de acordo com os diferentes tipos de ensaios existentes, nomeadamente os ensaios em Fábrica, designados de FAT, do inglês: *Factory Acceptance Test*, e os ensaios no local de instalação, designados de SAT, do inglês: *Site Acceptance Test*. É ainda descrito o equipamento mais utilizado para a realização desses ensaios, a mala de ensaios CMC 256-6 da OMICRON, onde se aborda o *software* e *hardware* do mesmo, bem como as suas principais capacidades.

O capítulo três consiste na revisão de literatura relativa à aplicação da Norma CEI 61850 nas Subestações de Energia Elétrica. O capítulo apresenta a modelação dos equipamentos da subestação e a forma como esses equipamentos são vistos pelos outros perante a Rede Local de Comunicação. Também é apresentado o funcionamento real de uma subestação implementada segundo a Norma CEI 61850, assim como os ensaios de comissionamento e os testes de interoperabilidade a serem realizados com a introdução dessa mesma norma.

No capítulo quatro é apresentado um Protocolo-Guia de Ensaio por Painel Tipo e dois modelos de ensaios automatizados (OCC's): um para a proteção diferencial do Transformador de Potência (TP) e outro para a proteção de Distância de uma Linha AT. Cada um dos modelos de ensaios é acompanhado por um tutorial para a sua construção.

No quinto capítulo é apresentada uma possível normalização do Dispositivo Lógico (LD), dos Nós Lógicos (LN's) e dos Atributos para cada uma das sinalizações, comandos e medidas de um Painel Tipo MT, segundo a Norma CEI 61850. É apresentada uma comparação dos Nós Lógicos utilizados pelos diferentes fabricantes em diferentes Subestações.

O sexto, e último capítulo, apresenta as principais conclusões e contribuições deste trabalho de dissertação. Nesse capítulo, também é apresentada uma lista de sugestões de possíveis trabalhos para o futuro.

Capítulo 2

Ensaaios Atuais e Equipamentos de Teste

A organização deste capítulo está de acordo com os diferentes tipos de ensaios existentes, desde os ensaios Tipo, Série ou de Rotina, bem como os ensaios em fábrica, designados de FAT (do inglês: *Factory Acceptance Tests*), ensaios no local da instalação, designados de SAT (do inglês: *Site Acceptance Tests*) e ensaios de manutenção preventiva ou corretiva.

Será discriminado, para cada tipo de ensaio, o que deverá ser avaliado em termos de ensaios. É ainda apresentado neste capítulo, a mala de ensaios CMC 256-6, equipamento de teste da OMI-CRON.

2.1 Notas Introdutórias aos Ensaaios Realizados pela Operadora da Rede de Distribuição

Os diversos tipos de ensaios são efetuados de forma a analisar e avaliar as características e comportamentos de um dado equipamento ou sistema elétrico nas Subestações de Energia Elétrica (SE's), através da simulação de situações reais. É da responsabilidade do fabricante a execução dos mesmos, de forma a validar a conformidade dos equipamentos. Os ensaios devem ser realizados segundo o requerido pela Operadora da Rede de Distribuição e por Normas aplicáveis. Existe um conjunto de documentação que deve ser utilizada como guia de ensaio, de forma a serem confirmadas e validadas as condições dos sistemas relativamente ao requisitos funcionais, exigidos pela Operadora da Rede. Em [1] é apresentada esta documentação.

2.2 Sistema de Proteção Comando e Controlo (SPCC): Tipos de Ensaaios

Os ensaios aos Sistemas de Proteção Comando e Controlo (SPCC's) podem ser classificados de acordo com o número de aplicações em ensaios Tipo e em ensaios Série ou de Rotina.

2.2.1 Ensaio Tipo

Os ensaios Tipo são efetuados para verificar se o equipamento apresenta características satisfatórias tendo em conta as aplicações previstas. Uma vez realizados não necessitam de ser repetidos, a não ser que ocorram mudanças nas matérias-primas, na conceção ou no processo de fabrico que possam alterar as características dos equipamentos constituintes do Sistema de Proteção Comando e Controlo (SPCC). Segundo [2], nos ensaios Tipo são realizados os seguintes ensaios:

- Ensaio Visual, onde se identificam eventuais defeitos de fabrico, disposição dos equipamentos e verificação das marcações;
- Ensaio Climáticos, nomeadamente Calor Seco, Frio e Calor Húmido;
- Ensaio Mecânicos, nomeadamente Resistência à Vibração (sinusoidal) e ao Choque;
- Verificação dos Graus de Proteção, Código IP e Código IK;
- Ensaio dielétricos, nomeadamente ensaios à onda de choque e à frequência industrial;
- Ensaio de imunidade.

2.2.2 Ensaio Série ou de Rotina

Os ensaios Série ou de Rotina são previstos para serem realizados de maneira repetitiva sobre produtos fabricados em série de forma a verificar se uma dada fabricação satisfaz critérios definidos. Segundo [2], os ensaios série consideram, entre outros, os seguintes ensaios de funcionamento:

- Ensaio funcional ao SPCC, no que respeita à totalidade do *software* instalado;
- Ensaio funcional de todos os periféricos;
- Ensaio funcional do processamento das comunicações;
- Verificação das características estáticas das entradas lógicas, entradas analógicas e saídas lógicas, na Unidade Central (UC) e nos Dispositivos Eletrónicos Inteligentes (IED, do inglês: *Intelligent Electronic Device*);
- Ensaio de comunicação entre a UC e o Centro de Comando (de forma a verificar a sua compatibilização).

A elaboração de um plano estruturado e lógico para a realização dos ensaios é também uma boa ferramenta e uma boa prática a adotar pelas equipas técnicas para tal designadas [3].

Para além da classificação referida, ensaios tipo e ensaios de rotina, os ensaios aos SPCC's podem ainda ser divididos em dois grandes grupos, nomeadamente em ensaios FAT e em ensaios SAT. Adicionalmente, existe um outro grupo de ensaios e verificações referentes à Manutenção Periódica, os quais são realizados ao longo da vida útil dos equipamentos para garantir o seu bom e correto funcionamento, através de planos de manutenção bem definidos [4].

2.2.3 Ensaios em Fábrica (FAT)

Os ensaios em fábrica, denominados FAT (da literatura anglo-saxónica: *Factory Acceptance Test*), são realizados em fábrica antes da instalação no local e respetiva colocação em serviço. Neste tipo de ensaios é efetuado um conjunto de testes a todos os equipamentos em laboratório, de forma a garantir o bom desempenho de todas as funcionalidades requeridas. A realização destes testes deve ser o mais rigorosa possível, a fim de ser assegurado que todo o equipamento vai funcionar corretamente depois de ser instalado na SE de destino e colocado em serviço [3].

Segundo [5], os ensaios FAT podem ser ainda divididos em dois tipos, nomeadamente em ensaios que verificam os parâmetros dos SPCC's e os ensaios que permitem a simulação de condições de funcionamento, como diferentes temperaturas, choque, vibrações mecânicas, impulsos elétricos, entre outros, que podem afetar o correto funcionamento dos equipamentos.

No caso dos SPCC's deve ser elaborado um plano de teste referente a cada painel, o qual deve contemplar todas as verificações e ensaios que se considerem necessários e suficientes para garantir a conformidade dos painéis em função das especificações técnicas e requisitos funcionais e operacionais específicos da entidade requerente. Deve considerar-se as seguintes verificações:

- Inspeção visual, que deve ser efetuada em duas fases. A primeira deve ser efetuada antes da eletrificação dos sistemas até às régua de interface de cada um, de forma a confirmar a ausência de ligações de um dos lados da mesma; A segunda deve ser realizada após a conclusão da eletrificação do armário. Deve contemplar também a verificação de conformidade do armário com o esquema mecânico do mesmo;
- Ensaios de rigidez e compatibilidade eletromagnética;
- Verificação de ausência de mistura de polaridades;
- Ensaios de eletrificação (estes ensaios devem garantir a conformidade positiva, por exemplo, verificação da presença da respetiva polaridade em todos os pontos de ligação em que devem estar, e, ao mesmo tempo, da verificação da ausência de polaridade nos pontos onde não deve estar presente para uma determinada ação, seja esta por fecho de um contacto ou proveniente do exterior do armário). Estas verificações são, por definição, combinações lineares de conjuntos de pontos de ligação, pelo que deve ser considerada uma sistematização de forma a reduzir-se o número de repetições de condições de ensaio;
- Verificação da conformidade da cor dos condutores;
- Verificação de entradas e saídas dos equipamentos;
- Ensaios dos circuitos de corrente alternada por continuidade e injeção de grandezas diretas, inversas e homopolares;
- Ensaios funcionais de cada um dos sistemas, os quais incluem todas as funções de proteção, controlo e monitorização;

- Ensaio de funcionalidade global do painel;
- Ensaio de gerao de sinalizaes e alarmes;
- Identificao dos equipamentos de proteo (nº srie, *firmware*), cabos de comunicao, fibras pticas, bornes, condutores, rels auxiliares e fichas de corrente e tenso;
- Identificao dos meios de ensaio e datas de prxima calibrao;
- O protocolo deve ser suportado em papel para formalizao e assinaturas, sendo que o relatrio resultante daquele deve contemplar um registo eletrnico de todos os ensaios, em particular, os que resultem dos ensaios funcionais atravs de equipamentos prprios de ensaio, como a mala de ensaios da OMICRON. Este relatrio deve conter um conjunto de observaes que demonstrem que ensaios e verificaes no foram possveis testar ou confirmar, e, na ausncia destes, uma declarao em que o painel se encontra testado e est em conformidade com o projeto executivo e de acordo com as especificaes tcnicas e aplicaes para o qual foi construdo;
- Todos os armrios de cada painel devem ter um Certificado de Conformidade que ateste os ensaios FAT com indicao de ressalvas e pendentes, nº de srie, tipo, modelo, *firmware* e verso do *software* dos equipamentos constituintes.

Após a concluso dos ensaios FAT a todos os painéis, os mesmos devem ser ligados à rede de fibra ptica para se proceder aos seguintes ensaios (consoante o protocolo adotado pelo fabricante):

- Acesso às protees e simulao de acesso remoto;
- Registo, armazenamento e acesso ao sistema Osciloperturbografia e localizao de defeitos;
- Sistemas de Proteo (proteo de barramento e falha de disjuntor);
- Sinalizaes para o Registador Cronolgico de Acontecimentos;
- Alarmes.

2.2.4 Ensaio no Local da Instalao (SAT)

Os ensaios no Local da Instalao, denominados SAT (da literatura anglo-saxnica: *Site Acceptance Test*) diferem dos ensaios FAT por serem realizados no local de instalao do SPCC, na subestao, como o prprio nome refere. Estes ensaios seguem trs fases de ensaio [4]:

1. Ensaio de comissionamento;
2. Ensaio SAT, propriamente ditos, realizados pelo fabricante na presena da entidade requerente, após declarao do fabricante de que o painel se encontra em condies tcnicas de colocao de servio;

3. Ensaio de colocação em serviço do painel, que contemplam as verificações e ações antes da efetiva colocação em tensão do painel assim como verificações e ações a tomar após a colocação em carga do painel. Deverá ter um protocolo específico de acordo com a entidade requerente.

2.2.4.1 Ensaio de Comissionamento

Os ensaios de comissionamento contemplam todos os ensaios, constantes em protocolo próprio, sendo desenvolvidos exclusivamente pelo fabricante. Consistem na injeção primária de correntes e tensões, devendo estes ser realizados em duas fases: [3]

1. Verificação de continuidade dos circuitos, relação de transformação e defasamentos, através de valores primários relativamente baixos, normalmente 10% do valor nominal;
2. Verificação da robustez dos circuitos, detecção de maus apertos, rigidez dielétrica, através de injeção de valores elevados, quer de corrente (centenas de Ampère), quer de tensão (milhares de Volt), conforme as Condições Técnicas Especiais, utilizando equipamentos de ensaio específicos, como por exemplo a mala de ensaios OMICRON.

Além do referido, o comissionamento deve ainda contemplar:

- Inspeção visual;
- Identificação do painel e local de instalação;
- Verificação da existência do esquema do painel atualizado dentro do armário em local próprio e de certificado de conformidade dos ensaios FAT;
- Verificação das informações provenientes da aparelhagem de AT e MT, em caso de SE's AT/MT;
- Verificação das polaridades, informações e sinalizações via condutores metálicos entre o armário e os demais armários da instalação a que está ligado;
- Ensaio funcionais com a instalação através da operação efetiva dos equipamentos e sistemas conexos ao painel em causa (seccionadores, disjuntores, sistema de comando e controlo, teleproteções, armários de corrente contínua, rede de fibra ótica, tensão de sincronismo, disparo do disjuntor dos circuitos de tensão alternada, entre outros);
- Disparos, religação, discordância de pólos, supervisão dos circuitos de disparo (estes ensaios devem ser feitos com os equipamentos reais, verificando a correspondência de fases, sincronização e tempos mortos de religação para ajuste da discordância de pólos, simulação de ações de manutenção ao disjuntor para verificação de presença de alarmes do disjuntor e efetivação ou não de disparos e religação);
- Permissão ao fecho, bloqueios, entre outros;

- Ativação/desativação de Regime Especial de Exploração (A e B) e Religação com ensaios funcionais para verificação dos efeitos destas funcionalidades;
- Alarmes;
- Sincronização de sequência de eventos;
- Verificação da conformidade das regulações em função do estudo de coordenação elaborado pela entidade exploradora;
- Ensaio de corrente alternada.

2.2.4.2 Ensaio de aceitação

Após conclusão dos ensaios de comissionamento, a entidade requerente dos equipamentos poderá, caso pretenda, solicitar a execução de ensaios de aceitação, os ensaios SAT. Nesse caso, os ensaios serão realizados em todos os painéis [4].

2.2.4.3 Testes de Colocação em Serviço

Os testes da terceira fase, da colocação em serviço, deverão ter, tal como é descrito em documento específico elaborado pela entidade exploradora, duas partes. A primeira contempla as verificações e ações antes da efetiva colocação em tensão do painel, e a segunda as verificações e ações a tomar após a colocação em carga do painel.

A fase de verificação e ações a tomar após a colocação em carga do painel, tal como enunciado no Caderno de Encargos, poderá não ocorrer no mesmo dia em que o painel é colocado em tensão, ou, para os efeitos aqui requeridos, não ter fluxo de energia suficiente. Durante um ano, após a colocação em tensão, o fabricante compromete-se a deslocar-se à instalação, com aviso prévio da Operadora da Rede, para as verificações finais com fluxo de energia mensurável. Salienta-se que o relatório resultante destes ensaios é de extrema importância, e o mesmo deverá ser entregue imediatamente após a sua conclusão, nos moldes e termos a acordar [3].

2.2.5 Ensaio de Manutenção Preventiva ou Corretiva

A manutenção periódica é um requisito comum para qualquer equipamento ou sistema. É fundamental nos SPCC's de uma SE pelo facto de estes serem constituídos por equipamentos que durante longos períodos de tempo se encontram inativos, devendo no entanto estar a funcionar corretamente sempre que solicitado.

Esta manutenção deverá ser efetuada de forma planeada com a realização de ensaios específicos e bem definidos. A frequência deste tipo de ensaios vai depender do histórico de cada equipamento, nomeadamente de possíveis falhas que ocorram em equipamentos semelhantes. As classes de equipamentos que devem ser incluídos na manutenção são [5]:

- Relés de proteção e de controlo auxiliares;

- Sistemas de alarme;
- Dispositivos de controlo adicionais (botões, chave, bloqueios);
- Sistemas de gravação de eventos, como defeitos.

Apesar da extrema importância da existência do referido modelo de manutenção periódica deve ter-se em conta que a qualidade e continuidade de serviço não devem de modo algum ser prejudicadas por estas atividades, justificando-se deste modo a elaboração de planos de manutenção cuidados e rigorosos por entidades competentes.

Uma boa prática é a realização das ações de manutenção dos SPCC's aquando da manutenção do equipamento principal, quando este se encontra fora de serviço, como por exemplo na manutenção de um transformador de potência da SE. A elaboração do plano de manutenção e a sua correta aplicação permite [3]:

- Aumentar a fiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, o que reduz os custos associados às avarias;
- Aumentar o período de vida útil dos equipamentos;
- Aumentar a segurança dos operadores dos equipamentos;
- Facilitar a gestão de stocks;
- Minimizar a indisponibilidade dos sistemas em que os equipamentos sujeitos a manutenção estão integrados;
- Prever os custos da manutenção;
- Reduzir e regularizar a carga de trabalho.

Além da manutenção periódica existem outros tipos, como a manutenção corretiva, em que os trabalhos não são programados, requerendo intervenção imediata. A manutenção corretiva destina-se a reparar avarias aquando da sua ocorrência, sem que surja um aviso prévio, não havendo oportunidade de intervir antecipadamente e evitar a avaria. O planeamento da manutenção corretiva consiste na gestão de componentes ou equipamentos de substituição, no sentido de colmatar as avarias, implicando elevados custos com equipamentos de reserva, de trabalhos extra e de elevados tempos de interrupção.

2.3 Ensaio atuais na Operadora da Rede de Distribuição de Energia Elétrica

A Operadora da Rede de Distribuição de Energia Elétrica portuguesa elaborou um conjunto de documentos que visam a uniformização das características e ensaios aplicáveis aos SPCC's. Um conjunto desses documentos, disponível em [6], tem por finalidade estabelecer os procedimentos

de ensaios necessários à verificação do correto funcionamento dos SPCC's de uma SE AT/MT Tipo aquando da sua entrada em serviço, estando portanto inseridos nos ensaios SAT mencionados na Subsecção 2.2.4, nomeadamente no que se refere a:

- Modos de funcionamento e encravamento;
- Proteções e Automatismos;
- Gestão da informação;
- Interface Humano-Máquina (IHM).

Existe ainda um documento normativo [2], da Operadora da Rede de Distribuição portuguesa, que se destina a estabelecer as características e ensaios aplicáveis exclusivamente aos SPCC's instalados em SE's. Este documento refere:

- Condições gerais de funcionamento, como condições ambientais, climáticas, mecânicas, de compatibilidade eletromagnética e condições de alimentação;
- Características de conceção e construção, constituição e características dimensionais;
- Marcações e embalagens;
- Ensaio, onde se especifica a caracterização do equipamento para a realização dos ensaios dielétricos e de imunidade, especificações para execução de ensaios, ensaios Tipo e ensaios Série.

Com o intuito de verificar o correto funcionamento da SE em geral, a Operadora da Rede elaborou também um documento referente a ensaios de funcionamento e verificações gerais [7], que prevê:

- Verificações Gerais, nomeadamente no que se refere a condições de segurança, condições de instalação, montagem da aparelhagem, montagem dos circuitos de potência AT e MT e circuitos de terra;
- Ensaio e verificações finais de aparelhagem AT e MT, em particular aos disjuntores AT e MT, seccionadores AT e Transformadores de Potência (TP) AT/MT;
- Ensaio de funcionamento, nomeadamente ensaios mecânicos e elétricos;
- Verificação do equipamento de segurança e apoio.

Os documentos normativos editados pela Operadora da Rede especificam ainda que as características dos equipamentos/unidades constituintes dos SPCC's devem ser confirmadas através da realização de ensaios, a efetuar em laboratórios acreditados para o efeito, sendo da responsabilidade do fabricante a sua realização mediante a presença de um responsável pertencente à entidade requerente.

A evolução dos SPCC's, nomeadamente no que se refere à implementação de novos equipamentos e novas arquiteturas segundo a Norma CEI 61850 , leva à necessidade, por parte das operadoras da rede, da verificação e confirmação das novas funcionalidades e características, sendo para tal imprescindível o desenvolvimento de um novo modelo de ensaios [4].

2.4 Mala de Ensaios CMC 256-6 da OMICRON

OMICRON *Electronics* é uma empresa internacional que fornece soluções inovadoras para ensaios primários e secundários, sendo Líder Mundial em Sistemas de Ensaio Avançados de Proteção e Medição.

2.4.1 Características da Mala de Ensaio

A mala de ensaios CMC 256-6 é responsável pela injeção de correntes e tensões sinusoidais, ajustáveis em amplitude, fase e frequência, que se injetam conforme o esquema de funcionamento da rede, a jusante dos bornes seccionáveis que compõem o circuito de medidas analógicas do respetivo painel.



Figura 2.1: Mala de ensaios CMC 256-6 da OMICRON [8]

As injeções secundárias de correntes e tensões pretendem simular defeitos da rede que provocam a atuação dos sistemas de proteção [4]. Além da injeção dos sinais analógicos, a mala de ensaios também possui um módulo de entradas e um módulo de saídas binárias através dos quais é feita a aquisição e envio de sinalizações e comandos entre os IED's e os restantes equipamentos pertencentes ao SPCC [7].

Apresentam-se de seguida, com algum detalhe, os módulos frequentemente utilizados nos ensaios realizados através mala de ensaios CMC 256-6 [8].

i) Saídas de Corrente

A OMICRON CMC 256-6 dispõe de dois módulos de saídas analógicas de correntes, sendo disponibilizadas três fases por módulo. Através dos ajustes no separador configuração de *hardware* conseguimos seleccionar quais dos módulos pretendemos que estejam ativos.

Geralmente o primeiro módulo é utilizado para simular as correntes das três fases do barramento e o segundo módulo para simular as correntes no toro.

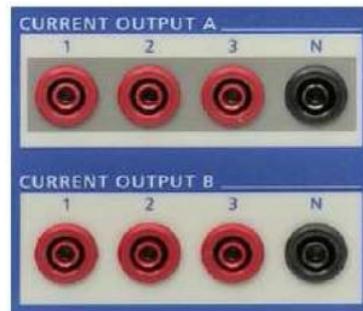


Figura 2.2: Módulos de saídas analógicas de corrente [9]

ii) Saídas de Tensão

A mala dispõe de dois módulos de saídas analógicas de tensão, como se pode verificar na Figura 2.3. O primeiro módulo permite a injeção de três fases mais neutro, utilizado quando se pretende simular a tensão em cada uma das fases. O segundo módulo é utilizado quando se pretende a simulação da tensão homopolar do desequilíbrio do neutro.

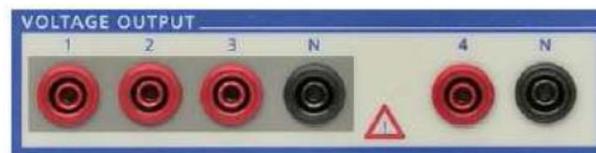


Figura 2.3: Módulos de saídas analógicas de tensão [9]

iii) Entradas Binárias

A mala dispõe de um módulo com dez entradas binárias que podem ser configuradas individualmente, por *software*, conforme as necessidades do sistema. É possível configurar as entradas binárias através do módulo de configuração de *hardware*, que permite especificar o tipo de contacto a utilizar, se simples ou polarizado. O módulo de entradas binárias permite a aquisição de sinais do sistema. Estes sinais são submetidos a critérios de validação por parte do *software* que transmite ao operador a operacionalidade do sistema sob teste. O módulo das entradas binárias encontra-se representado na Figura 2.4.

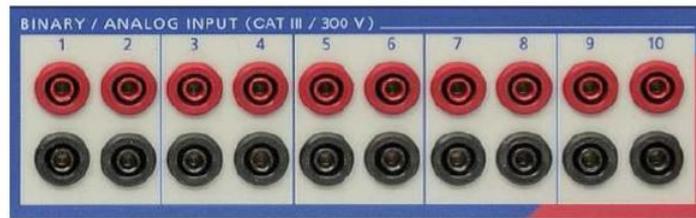


Figura 2.4: Módulo de entradas binárias [9]

2.4.2 Software Test Universe

De modo a possibilitar a interface entre o utilizador e a mala de ensaios, a OMICRON fornece o *Test Universe*, que põe à disposição do utilizador, uma vasta gama de módulos de teste especializados em ensaios automatizados de dispositivos de proteção.

Figura 2.5: Interface principal do *software Test Universe*

As funcionalidades do *Test Universe* incluem [9]:

- Ensaio manual conveniente;
- Ensaio com módulos de *software* otimizados para funções específicas dos equipamentos sob teste (DUT, do inglês: *Device Under Test*);
- Ensaios genéricos permitindo a criação de ensaios para necessidade especial;
- Combinação de todos os elementos anteriores em planos de ensaios completos;
- Utilização de modelos de ensaios pré-definidos.

É através deste *software* que se parametrizam as configurações de *hardware* e a partir dos quais se desenvolve a criação do modelo de ensaios apresentado nesta secção. A configuração de

hardware permite definir saídas analógicas e entradas binárias. De acordo com o tipo de painel a ensaiar e consoante as informações disponibilizadas no seu funcionamento, cada teste é parametrizado para determinada atividade de acordo com as especificações existentes.

Configuração de Hardware Global																		
Função		Binário	Binário															
Libre de potencial	133 V	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>														
Faixa nominal	133 V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
Relação do clamp de corrente	93 V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
Limiar	93 V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
Etiqueta	Terminal de conexão	2-	3+	3-	4+	4-	5+	5-	6+	6-	7+	7-	8+	8-	9+	9-	10+	10-
Disparo_Disjuntor	Disparo_Disjuntor																	
Disjuntor_ligado	Disjuntor_ligado																	
Arranque_Pdist	Arranque_Pdist		X															
Disparo_Pdist	Disparo_Pdist			X														
REE	REE					X												
Religação	Religação							X										
Ordem_religar	Ordem_religar										X							
Fecho_manual	Fecho_manual												X					

Figura 2.6: Configuração de *hardware*

O catálogo geral dos produtos da OMICRON [10] contém toda a informação acerca do *software*, no entanto, serão apresentados de seguida os módulos relevantes para a realização deste trabalho.

i) QuickCMC

O módulo *QuickCMC* permite um ensaio rápido ‘*plug and play*’ através de ajustes dos valores de corrente, tensão, ângulo de fase e da frequência, numericamente ou no diagrama vetorial. Além disso, este módulo executa cálculos do sistema de potência, permitindo a entrada dos dados em componentes de sequência, valores de potência e impedância. O módulo mostra os sinais de entradas binárias e executa medidas de tempo.

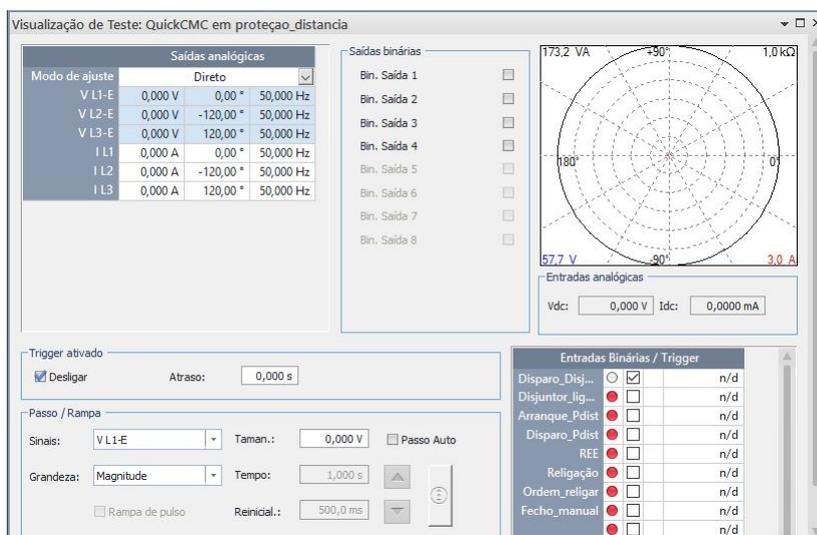


Figura 2.7: Ambiente gráfico do módulo QuickCMC

Atualmente é este o módulo utilizado pela Operadora da Rede Nacional de Distribuição, nomeadamente na execução dos ensaios às funções de sobreintensidade, instantâneo ou temporizado, dos IED's. Idealmente, o *QuickCMC* apenas deveria ser utilizado numa fase inicial, para confirmação dos módulos e fases das correntes. Assim sendo, para contornar as limitações desta ferramenta, torna-se necessário cada vez mais, recorrer ao módulo *OMICRON Control Center* [4].

ii) State Sequencer

O *State Sequencer* é um módulo de testes bastante simples e flexível, capaz de certificar o cumprimento dos tempos de operação de qualquer tipo de defeito da rede.

Caracteriza-se pela correlação entre vários estados podendo dar origem a uma sequência de teste. A parametrização de cada estado poder ser ajustada de uma forma independente em termos de amplitude, fase ou frequência. A transição entre eles depende de uma temporização pré-definida ou da condição de estado de uma qualquer variável que esteja configurada no *hardware* de entradas binárias externas.

Esta dependência de vários fatores confere uma grande flexibilidade aos ensaios e permite uma adaptação dos mesmos às especificidades que o comissionamento requer ao SPCC [9].

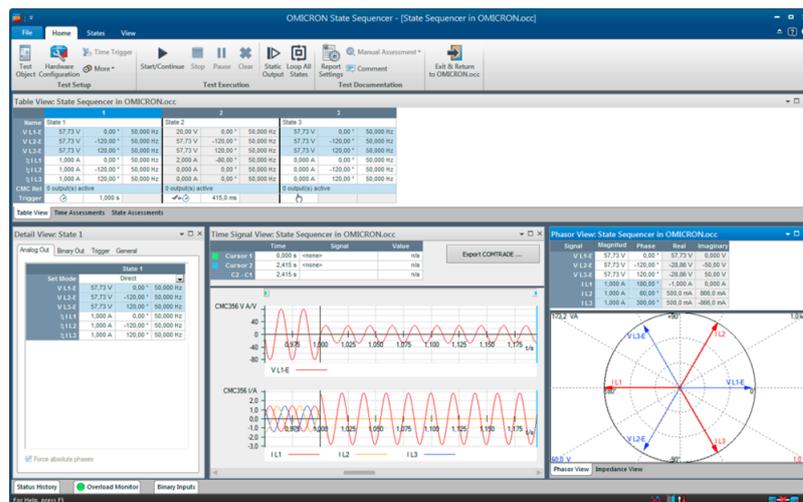


Figura 2.8: Ambiente gráfico do Módulo de Teste *State Sequencer* [11]

iii) Ramping

O módulo de teste *Ramping*, como o nome indica, gera rampas de amplitude, fase ou frequência para as saídas de corrente e tensão. Atendendo aos valores de atuação definidos pelos *settings* da proteção, definem-se o valor inicial e final para a rampa, considerando o tempo de permanência da variável por cada passo incrementado. Este aspeto é relevante na medida em que, caso o tempo de atuação da função seja inferior ao tempo de permanência dum determinado estado da rampa, o valor obtido para avaliação não será o pretendido. Além disso, este módulo permite ao operador controlar as variáveis de saída em qualquer momento do teste.

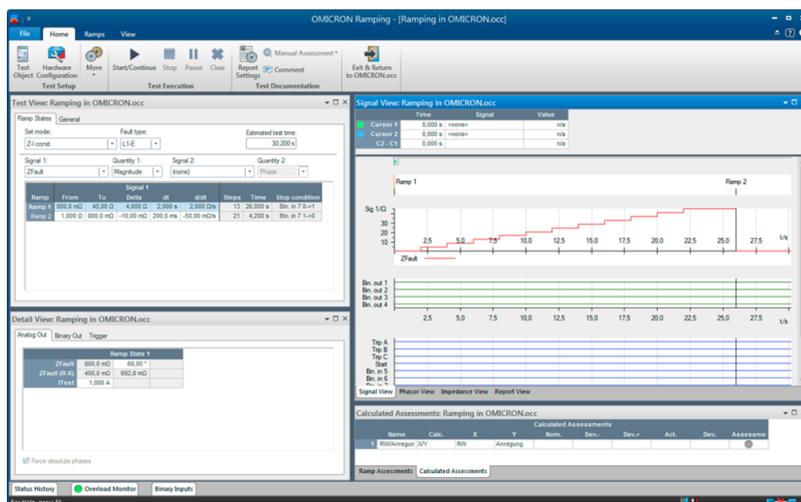


Figura 2.9: Ambiente gráfico do Módulo de Teste *Ramping* [11]

A avaliação deste módulo é verificada através da criação de dependências na alteração do valor lógico das variáveis de estado com os valores nominais associados a esses valores.

Esta funcionalidade de teste é adequada para a verificação de zonas de operação e desoperação das funções.

iv) OMICRON Control Center

O projeto multifuncional para o ensaio das funções de proteção dos IED's, normalmente requer o uso de vários módulos, de modo a ser possível testá-los exhaustivamente.

Por questões de eficiência e conveniência, é preferível que os parâmetros do relé não sejam definidos separadamente, para cada módulo individual. Para além disso, a utilização de múltiplos módulos de teste não deve resultar em múltiplos relatórios de ensaio. Para essas aplicações, existe a tecnologia OMICRON *Control Center* (OCC). A tecnologia OCC permite combinar qualquer número de módulos de teste num único documento, originando, desde modo, um plano de testes completo que corresponda aos requisitos das funções a serem ensaiadas.

Os parâmetros do IED são especificados uma única vez, manualmente ou por importação de dados através do *software* de configuração do IED. Ao executar o plano de testes OCC, todas as funções de teste definidas num determinado módulo, são executadas, verificadas e validadas (se for o caso) de acordo com critérios definidos pelo utilizador antes que o programa passe para o módulo seguinte. O programa termina quando forem executados todos os testes de todos os módulos. Com o término do programa, o *software* apresenta os resultados na forma de um relatório de ensaios global.

Após o processo de teste, o OCC ainda contém todas as configurações definidas inicialmente, nomeadamente, os parâmetros do IED e os módulos de teste utilizados. Assim sendo, é possível voltar a utilizar o mesmo OCC para repetir os ensaios numa data posterior, tornando-se imperativo limpar os resultados obtidos anteriormente. Com isso, é possível reduzir o tempo necessário para os ensaios de manutenção, uma vez que o modelo de ensaios já utilizado, por exemplo na fase

de comissionamento, possa ser reutilizado. Para além da economia de tempo, o OCC garante a mesma qualidade de teste, permitindo uma comparação direta dos resultados dos ensaios.

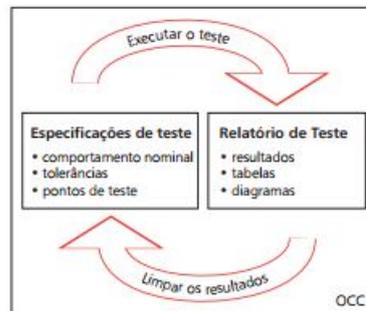


Figura 2.10: Ciclo de reaproveitamento do plano de testes OMICRON *Control Center* [10]

2.5 Considerações Finais

De forma a garantir o correto funcionamento dos Sistemas Elétricos de Energia e a garantir longos períodos de vida útil dos equipamentos, é fundamental a elaboração de planos de ensaios bem estruturados pelas equipas técnicas e engenheiros nas fases de ensaio. A modificação das regras e protocolos de concessão e funcionamento dos componentes que compõe o sistema, como é o caso da Norma CEI 61850 apresentada no Capítulo 3, requer um constante aperfeiçoamento dos métodos de ensaio e dos equipamentos de teste.

Capítulo 3

A Norma CEI 61850: Redes de Comunicação e Testes de Funcionamento

3.1 Sistemas de Proteção Comando e Controle

Inicialmente todas as Subestações Elétricas (SE's) da Rede Nacional de Distribuição (RND) necessitavam em permanência de operadores com a tarefa de garantir o bom funcionamento da SE com intervenção nas instalações caso fosse necessário. Com o aparecimento do telecomando e o desenvolvimento das comunicações, foi possível ter supervisão remota significando uma grande evolução nas SE's no sentido de ganhar autonomia, diminuindo assim a dependência da intervenção humana. Deste modo, a gestão da rede (Comando e Controle) passou a ser realizada de forma centralizada e desde então o telecomando e as telecomunicações têm sofrido uma evolução gradual, resultando no aparecimento e implementação dos SPCC's.

Nos sistemas clássicos, o *hardware* responsável pelas funções de proteção era fisicamente distinto do responsável pelas funcionalidades de comando e controle, em que estes recorrem a um autómato, designado por Unidade Remota de Teleação e Automação (URTA). Neste sistema não existia Rede Local de Comunicações (RLC), era o autómato de subestação que possuía a informação centralizada e era conectado à rede de telecomunicações.

Com o aparecimento das proteções microprocessadas, uma nova filosofia foi adotada, passando os Sistemas de Comando e Controle (SCC) a estar distribuídos em diferentes dispositivos, podendo estes incorporar num mesmo dispositivo os Sistemas de Proteção (SP), seguindo assim uma filosofia descentralizada, denominada de SPCC . A filosofia descentralizada deu origem ao atual sistema utilizado pela Operadora da Rede Nacional de Distribuição, designado por Sistema de Proteção Comando e Controle (SPCC).

O SPCC tem como responsabilidade a Supervisão, Comando e Controle de todos os órgãos da SE, sendo a sua principal característica a integração de várias funcionalidades num único dispositivo - multifuncionalidade- tais como:

- Condições Específicas de Funcionamento (CEF);
- Funções de proteção;
- Funções de automatismo;
- Entrada e saída de informação.

A arquitetura de uma SE do tipo SPCC é composta por diversos módulos de processamento de informação que, devidamente interligados, permitem o bom desempenho de todos os equipamentos instalados na SE. O Operador da Rede de Distribuição define níveis hierárquicos na subestação: nível 0 ou de processo (constituído pelos equipamentos AT/MT da subestação com os quais o SPCC interage), nível 1 constituído por unidades de painel/IED e o nível 2 constituído pela UC (Unidade Central)/PCL (Posto de Comando Local) e Centro de Comando (CC).

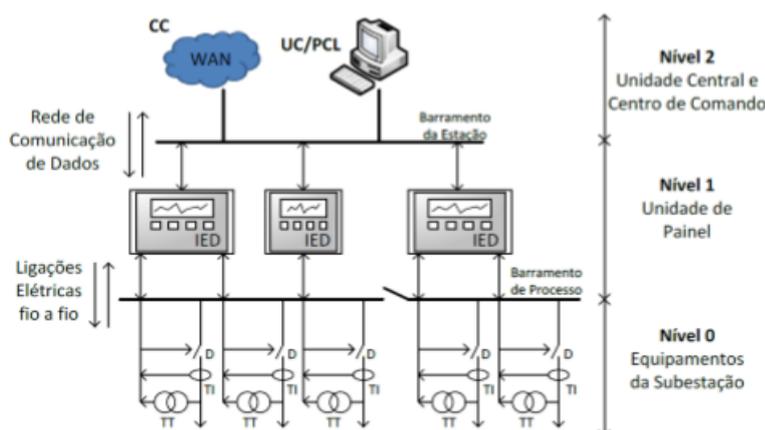


Figura 3.1: Sistemas de Comando e Controlo Numérico [3]

- **Nível 0** (Nível de Processo): O nível de processo é o nível mais baixo da SE, onde estão situados os equipamentos AT/MT da SE, como os transformadores de medida (Transformadores de Tensão e Transformadores de Corrente) e atuadores que são necessários para monitorizar e operar os equipamentos de proteção, como os disjuntores, com os quais o SPCC interage. O nível 0 tem como principais funções:
 - Fornecer um ambiente interno adequado, protegido do sistema de distribuição de energia elétrica;
 - Efetuar a aquisição da diferente informação necessária ao comando e controlo do processo;
 - Enviar os dados adquiridos para o nível 1;
 - Receber sinais de comando e controlo do nível 1 e enviar os sinais para os atuadores.

- **Nível 1** (Unidade de Painel/Dispositivos Eletrónicos Inteligentes): O nível 1 é o nível intermédio da SE, onde estão situados os equipamentos de proteção e distribuição de energia. O equipamento deste nível consiste em unidades separadas ou combinadas para controlo e proteção de cada zona. Tem como principais funções:
 - Receber dados do nível 0 e enviar comandos para o nível 1;
 - Implementar funções de medida, proteção, comando e controlo associados à zona protegida;
 - Disponibilizar ao utilizador (nível 2) a informação e o comando local sobre o painel.
- **Nível 2** (Unidade Central e Centro de Comando e Controlo): O nível 2 é o nível mais alto da SE, onde estão centralizados os computadores, a Interface Homem-Máquina (IHM) e onde o controlo é realizado, local ou remotamente. Tem como principais funções:
 - Receber dados do nível 1 e enviar comandos para o nível 1;
 - Implementar as funções gerais da SE associadas aos teleserviços e IHM;
 - Controlar os diversos periféricos, como impressoras e *displays*;
 - Efetuar o serviço de ligação, para tele-serviços, ficando disponível por acesso remoto.

O SPCC deve assegurar continuamente que todos os dados provenientes da interação com a SE e por si gerados possam ser disponibilizados para o nível superior, Centro de Condução (CC), de modo a permitir que o comando e controlo da SE possam ser efetuados à distância.

A interligação entre os dois níveis mais baixos, os níveis 0 e 1, é realizada por ligações elétricas fio-a-fio. Estas ligações permitem a transmissão das medições realizadas pelos equipamentos de medida para posterior análise pelos IED's, os quais transmitem ordens para os equipamentos de atuação, como disjuntores. A infraestrutura física da rede que assegura a comunicação entre as unidades de painel/IED's e entre estas e a UC, barramento da estação, níveis 1 e 2 denomina-se Rede Local de Comunicações (RLC).

Ao nível de comunicação interna da Subestação, surgem, consoante a hierarquia dos equipamentos em questão, dois tipos de comunicação: Vertical e Horizontal. A comunicação Vertical consiste na ligação estabelecida entre cada um dos IED's e a Unidade Central (UC) da Subestação, já a comunicação Horizontal define-se como a ligação entre os diferentes IED's.



Figura 3.2: Comunicação Horizontal (cinzento) e Vertical (preto)

3.2 Motivação para a criação da Norma CEI 61850

Os protocolos são a base de funcionamento de qualquer rede de comunicação. Possuem um método *standard* que permite a comunicação entre processos, estabelecendo regras e procedimentos a respeitar para emitir e receber dados numa rede. Com a evolução do Comando e Controlo das SE's, um dos grandes desafios da engenharia tem sido a grande variedade de protocolos envolvidos nestes sistemas.

No caso de uma Subestação Clássica, não recorre a nenhum protocolo de comunicação por rede, como foi referido na Secção 3.1, visto que não possuem uma rede de comunicação. No entanto, nas Subestações Numéricas do Operador da RND em Portugal existe uma grande diversidade de protocolos de comunicação, dentro da Subestação e entre a Subestação e o Centro de Comando. Atualmente nas diversas Subestações da RND encontram-se implementados os protocolos: CEI 60870-5-104 e *Lonworks* e a comunicação entre a Subestação e o Centro de Comando rege-se atualmente pelos protocolos: protocolo EDP, CETT, CEI 60970-5-101, CEI 60970-5-104 e PUR [12].

O problema desses protocolos é que só permitiam uma comunicação direta entre equipamentos do mesmo fabricante. Tornou-se assim evidente e quase uma exigência das concessionárias de energia elétrica, que ocorresse uma evolução no âmbito dos protocolos de comunicação, de forma a que, com uma norma aberta, fosse possível a comunicação horizontal e vertical entre equipamentos de fabricantes diferentes. Nessa medida, surgiu a Norma CEI 61850, no sentido de tentar criar um protocolo único e universal relacionado com a automação, resolvendo um problema antigo relacionado com a existência de múltiplos protocolos, muitos deles estabelecidos pelos próprios fabricantes (protocolos proprietários) sem qualquer tipo de normalização.

Para além de um protocolo único e universal, a norma pretende:

- Garantir interoperabilidade ¹ entre aparelhos de fabricantes distintos, que se tornou cada vez mais um desejo incontornável pelos utilizadores de equipamentos de automação na subestação.
- Atender a diferentes tipos de arquitetura das RLC (liberdade de configuração);
- Permitir a comunicação entre IED's com elevada velocidade e confiabilidade, utilizando mensagens prioritárias, garantindo desta forma o tempo mínimo de atuação dos sistemas de proteção;
- Ser 'à prova do futuro', garantindo estabilidade de longo prazo, isto é, pretende estar apta a seguir o progresso da tecnologia de comunicação, assim como a evolução das exigências do sistema, sem requerer alterações significativas no *hardware* e *software* das RLC nas SE's, com um custo reduzido.

¹Por interoperabilidade entende-se: capacidade de dois ou mais IED's de fabricantes diferentes comunicarem e partilharem informação entre si em pleno funcionamento.

3.2.1 Modelo de Dados

A Norma CEI 61850 define e padroniza um modelo de dados. Os modelos de dados representam os atributos e funções dos dispositivos físicos de uma SE. É um modelo orientado a objetos e os dados são trocados entre funções e subfunções que estão nos IED's.

Os IED's são formados por um *hardware* e por um conjunto de funções residentes que caracterizam o seu comportamento, *software*. As funções utilizam classes de dados e as respectivas instâncias de dados.

Um conjunto de funções ou subfunções internas do IED que troquem informações formam um LN, do inglês *Logical Node*. Um conjunto de LN's forma um Dispositivo Lógico, LD, do inglês: *Logical Device*, onde se encontram organizados todos os dados necessários para cumprir as funcionalidades previstas. O LD está residente no Dispositivo Físico (PD, do inglês: *Physical Device*) ou IED, responsável por guardar todos os dados indispensáveis à conexão do IED à rede existente. As instâncias presentes no IED são responsáveis por armazenar toda a informação relativa às funcionalidades possíveis de implementar por este. Na Figura 3.3, apresenta-se o modelo de um IED segundo a Norma CEI 61850.

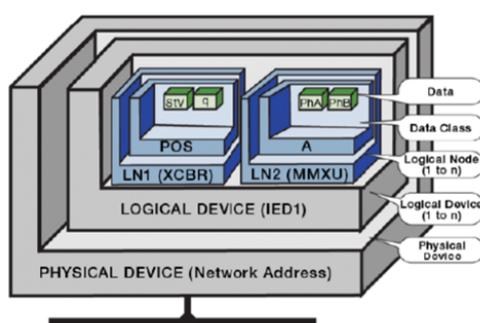


Figura 3.3: Modelo de dados do IED segundo CEI 61850 [5]

3.2.2 Nós Lógicos

Todas as funções de um Sistema de Automação de Subestações (SAS), tal como Supervisão, Controlo e Proteção, são decompostas em LN's sob um nome único, definido pela CEI 61850 parte 7-4 [13]. É com recurso a esses LN's que os fabricantes deverão implementar as suas unidades de proteção, automação, comando e controlo [4].

Os LD's são compostos por um grupo de LN's que além de interagirem internamente, podem interagir externamente com os LN's de outros PD's. De forma a possibilitar a troca de dados, os LN's são interligados por Ligações Lógicas (LC, do inglês: *Logical Connection*) alocadas a Ligações Físicas (PC, do inglês: *Physical Connection*). Estes aspetos estão salientados na Figura 3.4:

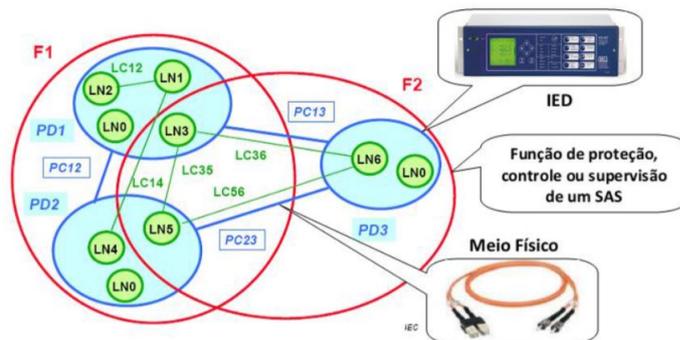


Figura 3.4: Interação de Nós Lógicos, IEC61850-5 [3]

A informação trocada entre LN's é descrita por PICOM's, do inglês: *Piece of Information for COMMunication*, os quais contêm o 'conteúdo' e os requisitos de comunicação, 'atributos'. Os componentes de um PICOM são:

- Os Dados, em termos do conteúdo de informação e a sua identificação como requerida para funções (semântica);
- O Tipo, descreve a estrutura dos dados, isto é, se é um valor analógico ou binário, se é um valor singular ou um conjunto de dados, entre outros;
- A Performance ou desempenho, no sentido do tempo de transmissão permitido (definido por classe de performance), a integridade dos dados e o método ou causa da transmissão (por exemplo, periódico, causado por um evento ou pedido);
- Conexão Lógica, contendo a fonte lógica (LN emissor) e o escoamento lógico (LN de destino ou recetor).

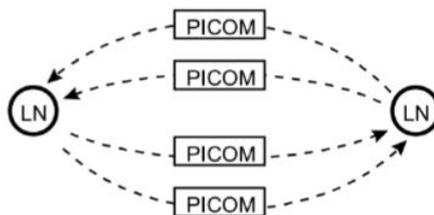


Figura 3.5: Troca de dados entre LN's [14]

3.2.3 Classes Nós Lógicos

Na parte 5 da norma CEI 61850 [14], estão definidas referências para LN's, dependendo da função correspondente. Os Nós Lógicos encontram-se agrupados em categorias, como se pode observar na Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Categorias de Nós Lógicos [14]

Grupo	Descrição do Grupo
A	Funções de Controlo Automático
C	Funções de Controlo
G	Funções Genéricas
I	Funções de Interface e Armazenamento
L	Funções do Sistema
M	Medição
P	Funções de Proteção
R	Funções relacionadas à Proteção
S	Sensores e Monitorização
T	Transformadores
X	Equipamentos de Manobra
Y	Transformadores de Potência
Z	Equipamentos adicionais

A lista de LN's definida pela norma está apresentada no Anexo F. Algumas informações não são referidas nessa listagem como um LN específico, sendo assim necessário defini-las como LN's genéricos, GGIO, como sugere a Norma.

Verifica-se que os fabricantes recorrem em demasia a estes LN's GGIO para implementação de funções, mesmo em casos em que a Norma já especifica um determinado LN. Esta forma de implementação dos fabricantes deve-se à simplificação do processo de desenvolvimento de um equipamento, criando problemas de interoperabilidade.

3.2.4 Semântica dos Nós Lógicos

Cada LN contém um ou mais elementos de Dados, os quais possuem um nome único. Os nomes dos elementos de Dados são definidos pela CEI 61850, Parte 7-4 [13], e estão relacionados com o propósito funcional no sistema de potência. Por exemplo, um disjuntor é modelado por um LN XCBR, que contém uma variedade de Dados entre os quais Pos, para indicações associadas à posição do equipamento (Figura 3.6).

XCBR class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
Data				
<i>Common Logical Node Information</i>				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
Loc	SPS	Local operation (local means without substation automation communication, hardwired direct control)		M
EEHealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment name plate		O
OpCnt	INS	Operation counter		M
Controls				
Pos	DPC	Switch position		M
BlkOpn	SPC	Block opening		M
BlkCls	SPC	Block closing		M
ChaMotEna	SPC	Charger motor enabled		O
Metered Values				
SumSwARs	BCR	Sum of Switched Amperes, resetable		O
Status Information				
CBOpCap	INS	Circuit breaker operating capability		M
POWCap	INS	Point On Wave switching capability		O
MaxOpCap	INS	Circuit breaker operating capability when fully charged		O

Figura 3.6: Classe do nó lógico XCBR [13]

Os Dados que compõem um LN são agrupados em categorias e classificados por Classes de Dados Comuns (CDC), que definem os tipos de Atributos. Assim, classes de LN's diferentes podem ser caracterizadas por Atributos iguais, desde que as Classes de Dados pertençam à mesma CDC. O Dado Pos, da Classe XCBR, pertence à Classe de Dados: *Controllable Double Point* (DPC) [13], com vários Atributos, e entre esses encontra-se o Atributo StVal, que indica o estado atual do disjuntor (Figura 3.7).

DPC class					
Attribute Name	Attribute Type	FC	TrgOp	Value/Value Range	M/O/C
DataName	Inherited from Data Class (see IEC 61850-7-2)				
DataAttribute					
<i>control and status</i>					
ctlVal	BOOLEAN	CO		off (FALSE) on (TRUE)	AC_CO_M
operTm	TimeStamp	CO			AC_CO_O
origin	Originator	CO, ST			AC_CO_O
ctlNum	INT8U	CO, ST		0..255	AC_CO_O
stVal	CODED ENUM	ST	dchg	intermediate-state off on bad-state	M
q	Quality	ST	qchg		M
t	TimeStamp	ST			M
stSeld	BOOLEAN	ST	dchg		AC_CO_O
<i>substitution</i>					
subEna	BOOLEAN	SV			PICS_SUBST
subVal	CODED ENUM	SV		intermediate-state off on bad-state	PICS_SUBST
subQ	Quality	SV			PICS_SUBST
subID	VISIBLE STRING64	SV			PICS_SUBST
<i>configuration, description and extension</i>					
pulseConfig	PulseConfig	CF			AC_CO_O
ctlModel	CtlModels	CF			M
sboTimeout	INT32U	CF			AC_CO_O
sboClass	SboClasses	CF			AC_CO_O
d	VISIBLE STRING255	DC		Text	O
dU	UNICODE STRING255	DC			O
cdcNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
cdcName	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
dataNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLN_M
Services					
As defined in Table 31					

Figura 3.7: Classe DPC [15]

3.2.5 Nó Lógico Zero (LLN0)

O Nó Lógico Zero (LLN0, da literatura anglo-saxónica: *Logical Node Zero*), representa os dados comuns do LD. É através do LLN0 que são estabelecidos todos os serviços previstos pela Norma CEI 61850, como por exemplo as mensagens GOOSE: *Generic Object Oriented Substation Event*, responsáveis pela troca de informação horizontal entre equipamentos. Estes serviços são responsáveis pela comunicação entre LN's e, como tal, assumem um papel central na configuração da SE.

Cada fabricante tem vindo a atribuir uma noção diferente a este LLN0. Diferenças estas que originam problemas de comunicação e configuração dos IEDs, principalmente quando se pretende estabelecer comunicação entre IED's de fabricantes diferentes [4].

3.2.6 Organização Funcional dos Nós Lógicos

A Norma CEI 61850 suporta diferentes filosofias e permite a livre alocação de funções. Isto significa que pode trabalhar igualmente para o conceito centralizado ou descentralizado. Com isto, os LN's podem ser alocados em múltiplos dispositivos a nível de controlo, ou num único dispositivo, permitindo por parte do utilizador o recurso a qualquer filosofia de sistemas.

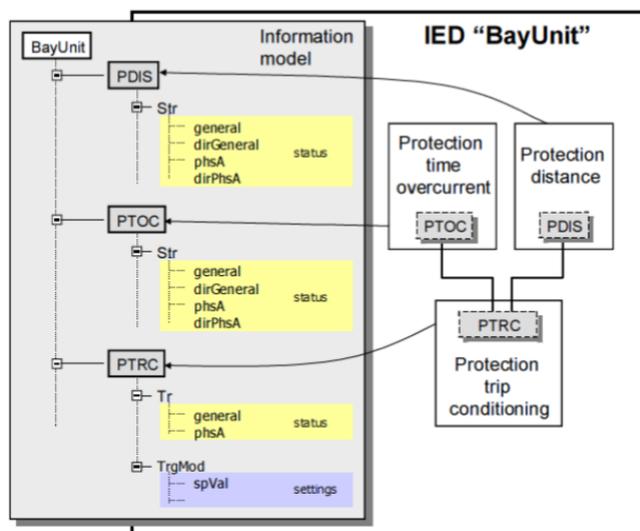


Figura 3.8: Estrutura da informação [16]

A organização hierárquica dos dados através da concatenação dos nomes das instâncias, LN's, Dados e Atributos de Dados, permite criar o modelo de informação hierárquica (*ObjectReference*) ou árvore hierárquica, como ilustrado na Figura 3.8.

A Norma CEI 61850 define que, quando se explora o conteúdo de um IED, os atributos de cada instância de LN devem ser apresentados segundo uma nomenclatura específica, conforme se ilustra no exemplo da Figura 3.9. A este tipo de arranjo dá-se o nome de Organização Funcional.

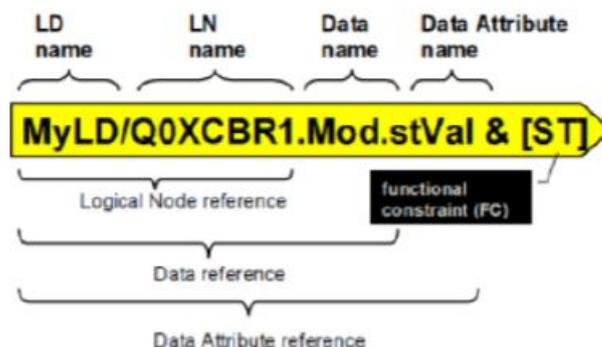


Figura 3.9: Exemplo de Organização Funcional [16]

Esta normalização de nomenclatura torna-se essencial quando se procura por uma interoperabilidade entre IED's, sobretudo nos casos em que se verificam IED's de diferentes fabricantes. Constatam-se algumas diferenças nesta nomenclatura entre fabricantes, o que pode originar incompatibilidades na comunicação, pela não interpretação de mensagens GOOSE por exemplo.

3.2.7 Tipos de Comunicações

Como referido na Secção 3.1, uma SE pode ser dividida em três grandes níveis, como sendo o nível do Posto de Comando Local (PCL) - Interface Humano Máquina (IHM), o nível das Unidades de Painel (IED's) e o nível de Processo (SE - parte de potência). Assim sendo, as comunicações numa SE podem ser classificadas em dois grandes tipos, comunicações verticais e horizontais.

3.2.7.1 Comunicação Vertical

O tipo de comunicação vertical é realizado entre diferentes níveis da SE onde as informações são transferidas no modo Cliente-Servidor, denominado MMS, do inglês: *Manufacturing Message Specification*, como por exemplo as informações de configuração e operacionais (SCADA), e são disponibilizadas ao operador através da IHM. O Servidor, normalmente um IED, fornece os dados ao Cliente, que pode não ser único, e que está no nível do PCL (computador da SE) ou noutro ponto qualquer (ponto de controlo remoto). Os dados podem ser solicitados pelo Cliente ou automaticamente, a partir de eventos pré-definidos. O modo de comunicação vertical utiliza IP e as camadas do Modelo OSI, tendo a vantagem de possuir um desempenho determinístico mas relativamente lento, com tempo de resposta da ordem de 1 a 2 s.

3.2.7.2 Comunicação Horizontal

A comunicação horizontal é realizada entre o mesmo nível da SE, por exemplo entre o nível dos IED's, sendo caracterizado pelo modo Editor/Subscriber, do inglês: *Publisher/Subscriber*, onde as informações são distribuídas pela rede de forma *unicast*, *multicast* ou *broadcast*, isto

é, as mensagens podem ser recebidas por um único, vários ou todos os IED's (Subscritores), respetivamente, sendo que estes podem utilizá-la ou não, conforme a necessidade.

As mensagens trocadas na comunicação horizontal não necessitam de sinais de confirmação de entrega, sendo repetidas várias vezes para aumentar a redundância e a segurança de entrega. O serviço que permite a retransmissão das mensagens é denominado de SCSM, do inglês: *Specific Communication Service Mapping*, o qual permite que cada mensagem da retransmissão carregue consigo um parâmetro denominado 'Tempo Permitido para Viver' (do inglês: *Time Allowed To Live*) informando o recetor do tempo máximo de espera para a próxima retransmissão. Caso uma nova mensagem não seja recebida nesse intervalo de tempo, o recetor entenderá que a conexão foi encerrada.

O modo de transmissão de mensagens horizontal, ao contrário do modo vertical, não depende das camadas do Modelo OSI, tendo um tempo de comunicação não determinístico mas bastante rápido, com tempos de transmissão da ordem de 4 a 8 ms.

3.2.8 Mensagens GOOSE

As mensagens GOOSE são mensagens que contêm informações que permitem ao recetor conhecer que um status foi modificado e o instante em que foi modificado. Estas mensagens ocorrem na comunicação horizontal.

A Parte 8 da Norma CEI 61850 [17] propõe mensagens GOOSE caracterizadas pelo modo Editor/Subscritor (do inglês: *Publisher/Subscriber*) onde as informações são distribuídas de forma *unicast*, *multicast* ou *broadcast*, isto é, as mensagens podem ser recebidas por um único, vários ou todos os IED's (Subscritores), respetivamente, sendo que estes podem utilizá-la ou não, conforme a necessidade.

Uma das formas de exemplificar a comunicação horizontal e a troca de mensagens GOOSE é através do modelo GSE, do inglês: *Generic Substation Event Mode*. A Figura 3.10 apresenta a aplicação deste modelo e todas as suas capacidades:

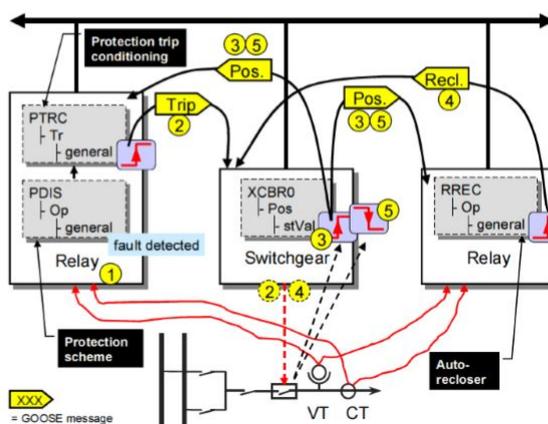


Figura 3.10: Aplicação do modelo *Generic Substation Event* [16]

1. O LN PDIS deteta uma falha, o que resulta na decisão de enviar uma mensagem GOOSE.
2. O LN PTRC envia a mensagem GOOSE que é recebida pelo disjuntor XCBR0. Após a análise da mensagem, o disjuntor abre o Interruptor (SW, da literatura anglo-saxónica: *Switch*).
3. A informação da mudança de estado do SW do disjuntor de ON para OFF é atualizada e enviada para os relés.
4. O LN RREC recebe a mensagem GOOSE enviada pelo XCBR0. De acordo com a sua configuração, o RREC decide pelo fecho do SW e envia a mensagem para o XCBR0.
5. O XCBR0 recebe a mensagem GOOSE vinda do RREC e após análise, resulta a decisão de fechar o SW do disjuntor. O XCBR0 atualiza a informação da mudança do SW do disjuntor de OFF para ON.

3.2.9 Linguagem de Configuração de Subestações

A Linguagem de Configuração de Subestações (SCL, da literatura anglo-saxónica: *Substation Configuration Language*) está definida na norma CEI 61850 parte 6 [18] com o objetivo de padronizar os dados relativos aos IED's, com o objetivo de atingir a interoperabilidade entre os equipamentos e respetivas ferramentas de configuração. É uma linguagem considerada de alto nível, baseada em XML (da literatura anglo-saxónica: *eXtensible Markup Language*). Possibilita a descrição do esquema unifilar da Subestação, bem como a rede de comunicações, as instâncias dos LN's e as relações entre os equipamentos da Subestação.

A Norma sugere a utilização de regras na formatação dos ficheiros e criação de estruturas, por forma a garantir uma maior fiabilidade na troca de descrições das funcionalidades dos IED's e da descrição do SAS, permitindo assim a execução de comunicação bidirecional entre as ferramentas de configuração dos IED's e as ferramentas de configuração do Sistema. Esta comunicação possibilita uma configuração da Subestação independente da configuração dos IED's, progredindo assim no sentido de atingir a interoperabilidade entre os vários fabricantes, no que diz respeito às respetivas ferramentas de configuração.

A linguagem SCL é composta por diversos arquivos que contêm os dados sobre as diversas funções do SAS. As informações sobre configuração e características da rede de comunicação formam o arquivo que representa e descreve todo o sistema, como o diagrama unifilar, as funções alocadas ao diagrama e dados que eventualmente serão suportados por esta descrição, ao qual se atribui o nome de SSD, do inglês: *System Specification Description*.

Cada fabricante de cada IED fornece, juntamente com cada dispositivo, um arquivo que contém as suas características e funcionalidades, que toma o nome de ICD, do inglês: *IED Capability Description*. Depois de configurados para um projeto específico, os arquivos ICD de cada IED torna-se o arquivo CID, do inglês: *Configured IED Description*, incluindo todas as configurações para a publicação e subscrição de mensagens GOOSE e informação específica de configuração do IED, incluindo o endereço do IED e informação dos LN's.

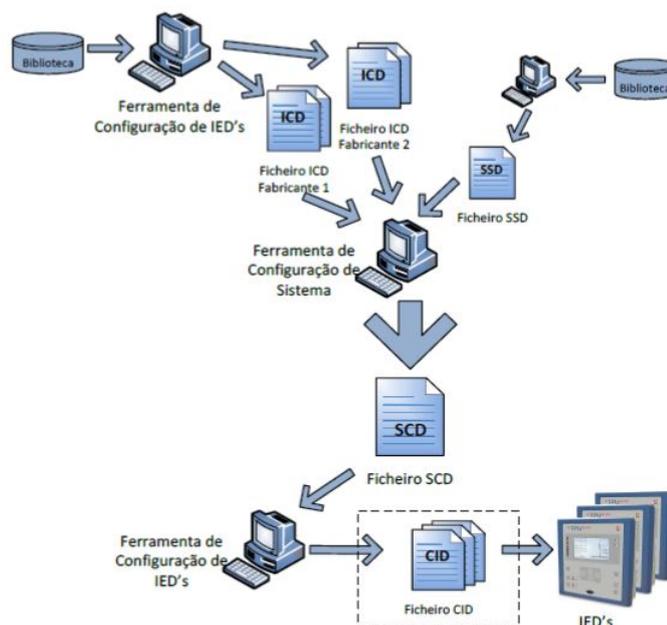


Figura 3.11: Ligações dos ficheiros SCL entre ferramentas de engenharia [4]

Os arquivos ICD de todos os IED's devidamente configurados para o trabalho de engenharia designado, ou simplesmente os arquivos CID, juntamente com o arquivo SSD compõem o arquivo SCD, do inglês: *Substation Configuration Description*.

O arquivo SCD deve ser guardado para consulta dos responsáveis pela manutenção de futuras expansões, pois é este arquivo que contém, digitalmente, os diagramas esquemáticos e a lógica de uma SE.

A SCL é portadora de algumas vantagens, como a capacidade de permitir que através de ferramentas de desenvolvimento *offline* sejam gerados ficheiros necessários à configuração automática de IED's a partir do projeto do sistema, reduzindo o esforço e custo de configuração. Permite ainda a partilha de configurações de IED's entre diferentes fornecedores, de forma a eliminar eventuais equívocos e incoerências. O cliente pode entregar os próprios arquivos SCL aos fabricantes, garantindo assim a correta configuração dos equipamentos. É ainda possível, sem qualquer ligação à rede, a configuração de aplicações CEI 61850.

3.2.10 Funcionamento de uma Subestação com Norma CEI 61850

Para uma melhor compreensão do funcionamento real de uma subestação equipada com a Norma CEI 61850, tome-se o exemplo levado a cabo em Vancouver, em Maio de 2001 e explicitado no diagrama da Figura 3.12. Esta demonstração pretende ilustrar a forma como a CEI 61850 é utilizada no "mundo real". O exemplo consiste em duas Unidades de Proteção de diferentes fornecedores, uma com funções de proteção e a outra com funções de religação, um equipamento de teste para simular as entradas dos TC's e dos TT's, e um simulador de disjuntor ligado e controlado por CEI 61850.

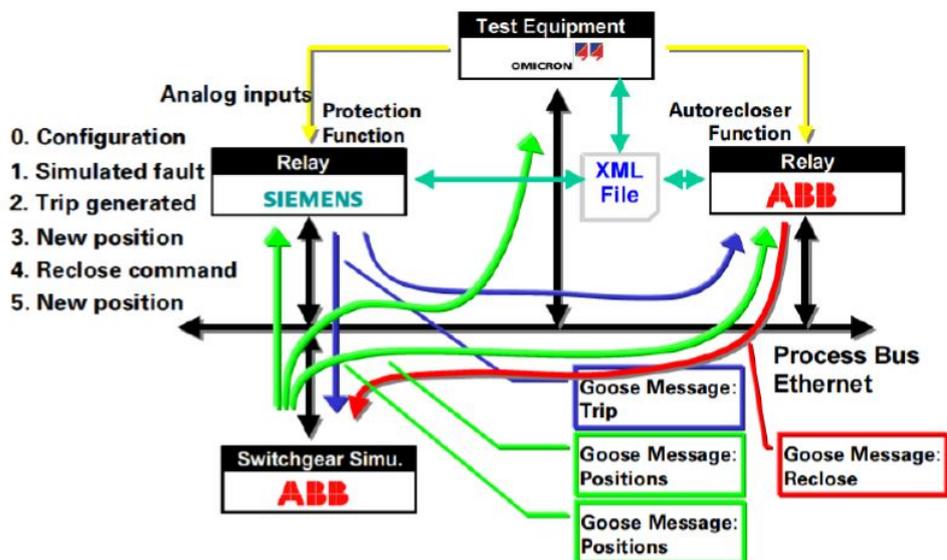


Figura 3.12: Funcionamento de uma Subestação com base na Norma CEI 61850 [19]

Num primeiro passo, no exemplo acima apresentado, as informações de configuração são trocadas entre as Unidades de Proteção (IED's) e o equipamento de testes, com recurso a ficheiros XML. O equipamento de testes simula um defeito. De seguida, o IED com as funções de proteção deteta o defeito e emite uma mensagem de disparo via GOOSE. Depois, o Simulador de disjuntor procede ao disparo do disjuntor e envia outra mensagem GOOSE com o novo estado em que se encontra o disjuntor. Seguidamente, o IED com as funções de religação deteta que o disjuntor disparou e emite, via GOOSE, um comando de religação. Por fim o disjuntor é fechado e emite nova mensagem GOOSE com o seu estado atual [19].

3.3 Benefícios da Norma CEI 61850 para o Operador da Rede de Distribuição

Os recursos e características da norma CEI 61850 capacitam ao Operador da Rede de Distribuição diversas vantagens, que não são aproveitadas por outras abordagens anteriores à Norma. São apresentadas algumas das características que proporcionam benefícios aos utilizadores [20]:

- Uso de um modelo virtual. Os LD's e os LN's permitem a definição dos dados, serviços e comportamentos dos dispositivos a serem definidos;
- Uso de nomes para todos os dados: Cada elemento de informação da Norma CEI 61850 tem um descritivo que o descreve. Facilitando a identificação de cada elemento, face a outros protocolos que recorrem a números e índices identificativos;
- Todos os nomes de dados são padronizados. Os nomes de dados dos dispositivos não são definidos pelos fabricantes ou configurados pelos utilizadores, mas sim especificados na

norma, com o objetivo de ser simples para o engenheiro identificar o significado da informação pelo descritivo;

- Serviços de alto-nível. ACSI (da literatura anglo-saxónica: *Abstract Communication Service Interface*), parte 7-2 da norma CEI 61850, suporta uma grande variedade de serviços, como as mensagens GOOSE que não eram suportadas em protocolos anteriores;
- Normalização da Linguagem de Configuração. ASCL permite a configuração de um dispositivo e o seu papel no Sistema de Energia, utilizando ficheiros XML;
- Eliminar a ambiguidade. A SCL para além de ser usada para configurar os IED's, pode ser usada para definir as necessidades dos equipamentos e da SE. Utilizando a SCL o utilizador pode especificar exatamente o que pretende para cada dispositivo sem ambiguidades na interpretação por parte dos fabricantes;
- Reduzido custo de instalação. A Norma CEI 61850 capacita os dispositivos para uma rápida transferência de informação, usando mensagens GOOSE através da rede LAN (*Local Area Network*) sem ter de instalar ligações separadas para cada relé. Reduz os custos ao nível de cablagem usada e na construção (abertura de valas, canais, entre outros);
- Custos reduzidos em transdutores. Utilizando SMV um único transdutor pode servir vários dispositivos, reduzindo os custos em transdutores e respetiva cablagem, calibração e manutenção;
- Custos reduzidos de comissionamento. A configuração dos dispositivos com a Norma CEI 61850 não tem de ser manual. Pode ser feita uma importação da configuração através de um ficheiro SCL;
- Custos de integração reduzidos. Utilizando a mesma tecnologia de rede que a instalação está a utilizar, o custo de integração de uma nova unidade é reduzido. Em vez de instalar RTU's (da literatura anglo-saxónica: *Remote Terminal Unit*) que necessitam de configuração e manutenção manual, com a CEI 61850 é possível transmitir a informação sem *front-ends* ou reconfiguração de dispositivos.

3.4 Necessidade de Interoperabilidade na Rede de Distribuição Portuguesa

Atualmente na Rede de Distribuição verificam-se limitações ao nível da implementação da interoperabilidade entre IED's de diferentes fabricantes, por meio da Norma CEI 61850. Nenhuma das instalações com protocolo CEI 61850 para efeitos de comunicação interna, Vertical e Horizontal, incorpora equipamentos de fabricantes diferentes.

Numa Subestação, a interoperabilidade traria diversas vantagens a nível económico, vantagens como a de gestão de recursos por parte do Operador da Rede de Distribuição, sobretudo de ativos.

Esta permitiria a redução do número de unidades de IED's de reserva, pois seria possível numa Subestação substituir um IED por outro, independentemente do fabricante ou mesmo do modelo do equipamento. Esta característica garantiria ao departamento de manutenção de SE's uma capacidade de gestão de recursos, quer físicos quer financeiros, ao nível da reparação de equipamentos avariados. Hoje em dia, avariando um equipamento, pode ser necessário o envio da unidade para reparação, obrigando à existência de stocks dos vários modelos específicos em operação nas diversas SE's, representando custos acrescidos.

Razões como as várias formas de implementação ao nível dos Nós Lógicos e respetivos atributos, as possíveis diferentes interpretações por parte de cada fabricante, os diferentes perfis de comunicação e ainda a influência da arquitetura da rede de comunicação, dificultam a obtenção de interoperabilidade. Como objetivo de maximizar os benefícios da Norma CEI 61850, uma possível solução a adotar pelas Operadoras da Rede de Distribuição, seria a definição de requisitos à interoperabilidade entre IED's, a apresentar aos fabricantes, especificando exatamente aquilo que pretendem ao nível da Norma CEI 61850.

3.5 Testes de Funcionamento numa Subestação com Norma CEI 61850

3.5.1 Testes de Conformidade

No capítulo 10 da CEI 61850 [21] são estabelecidos os requisitos necessários para a realização dos testes de conformidade num IED. O objetivo destes testes é verificar se o dispositivo sob teste obedece aos requisitos funcionais e aos requisitos de aplicações típicas de desempenho suportados por esses dispositivos no SAS.

Estes testes integram a parte referente aos ensaios Tipo, apresentados na Subsecção 2.2.1. Geralmente, estes testes são da responsabilidade do fabricante do equipamento e devem ser realizados e acreditados por uma entidade independente, tal como o KEMA. O certificado de conformidade deve pertencer à documentação do IED.[22]

Os testes de conformidade demonstram a capacidade do Dispositivo Sob Teste (DUT, do inglês: *Device Under Test*) de operar de acordo com o especificado na Norma CEI 61850. Estes testes requerem a consideração das seguintes questões[21]:

- O problema da realização de um teste completo reside na quantidade de cenários possíveis que podem existir. Pode ser possível abordar todos os casos normais de funcionamento, no entanto isso pode não ser verdade para os casos de falha.
- É extremamente complexo testar todas as configurações do sistema utilizando IED's de diferentes fabricantes. Recomenda-se a utilização de um modelo padronizado de testes através de dispositivos de simulação, o que implica um acordo sobre a sua configuração e os procedimentos de ensaio aplicados, para se alcançar resultados compatíveis e reproduzíveis.
- Dependendo das definições apresentadas na Norma, algumas propriedades do dispositivo devem ser comprovadas através dos documentos fornecidos com o equipamento.

Segundo a UCAIUG (*Utility Communication Architecture International Users Group*), as etapas dos testes de conformidade podem ser representadas como consta na Figura 3.13.

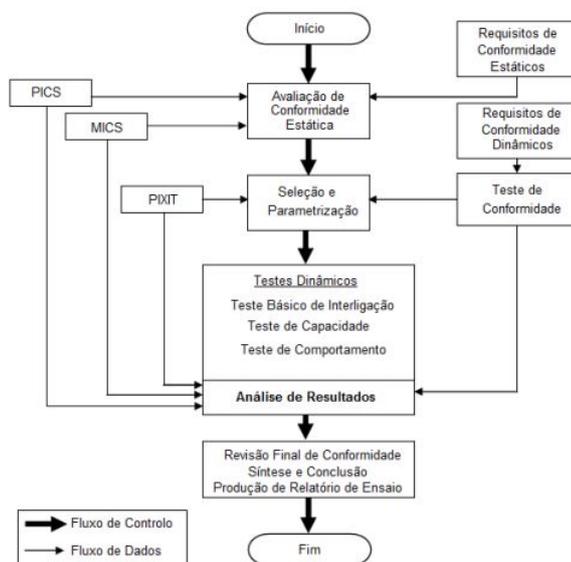


Figura 3.13: Etapas dos testes de conformidade [21]

A primeira etapa consiste na inspeção da documentação que acompanha a apresentação da conformidade, que deve incluir documentos específicos, nomeadamente PICS, MICS e outras especificações, como o PIXIT. Na segunda etapa são realizados os testes estáticos, os quais contemplam a verificação da documentação que apresenta os recursos obrigatórios exigidos pela Norma CEI 61850 e especificados pelo fabricante. Por fim, realizam-se os testes dinâmicos, que representam o real estímulo-resposta do DUT, sendo verificado se o dispositivo implementa corretamente todas as características reivindicadas na sua documentação. Os testes de conformidade devem incluir as verificações a seguir:

- Controlo de versão e documentação, conforme a Parte 4 da Norma CEI 61850 [23];
- Arquivo PICS, do inglês: *Protocol Implementation Conformance Statement*, que corresponde ao resumo das possibilidades de comunicação do DUT;
- Arquivo MICS, do inglês: *Model Implementation Conformance Statement*, que detalha o padrão dos elementos do objeto de dados suportados pelo DUT;
- Arquivo PIXIT, do inglês: *Protocol Implementation eXtra Information for Testing*, que contém informações específicas relativas ao DUT e que estão fora do âmbito da Norma;
- Arquivo de configuração da SE, SCD, e dos IED's, ICD ou CID, em Linguagem de Configuração de Subestações, SCL, conforme a Parte 6 da Norma CEI 61850 [18];
- Modelo de dados, fornecido pelo fabricante, conforme as Partes 7-3 e 7-4 da Norma CEI 61850, [15] e [13], respetivamente;

- Mapeamento dos modelos e interface de serviços de comunicação abstrata (ACSI) fornecidos pelo fabricante, conforme as Partes 7-2 [24], 8-1 [17], 9-1 [25] e 9-2 [26] da CEI 61850.

Com a verificação da conformidade é dado um passo no caminho para obter interoperabilidade entre os dispositivos individuais integrados no SAS. O cliente poderá assim confiar que o DUT interoperará com outros dispositivos certificados, não garantindo no entanto todas as funções e serviços definidos pela Norma CEI 61850, assim como também não substitui os ensaios em fábrica (FAT) e os ensaios no local da instalação (SAT).

Na parte 10 da Norma CEI 61850 [21] é definido o critério de aprovação de cada teste, sendo a classificação, uma das três possíveis:

- **Aprovado:** quando o DUT cumpre claramente o especificado, dentro do contexto do ensaio, e não são detetados quaisquer resultados inválidos;
- **Reprovado:** quando o DUT não cumpre pelo menos uma das especificações, dentro do contexto do ensaio, havendo pelo menos um resultado inválido;
- **Inconclusivo:** quando não é possível classificar de nenhuma das duas formas anteriores, devendo determinar-se se a incerteza é proveniente da Norma CEI 61850, da implementação ou dos procedimentos de testes utilizados.

3.5.2 Testes de Interoperabilidade

A Norma CEI 61850 não define testes de interoperabilidade, visto que considera impossível realizar estes testes para todas as combinações possíveis.

Os testes de interoperabilidade são realizados após os testes de conformidade, devendo realizar-se pela ordem indicada. Têm como propósito verificar todas as conexões lógicas virtuais ponto-a-ponto, verificar se todas as funções estão a operar de forma correta e se são capazes de interagir como foram concebidas. A realização de testes de interoperabilidade é fundamental, devendo fazer parte dos ensaios na fase de comissionamento.

Os testes de interoperabilidade em ambiente de laboratório são superiores aos testes no local da instalação, na medida em que têm maior capacidade de deteção de erros. O plano de testes em laboratório consiste em simular todas as interações que possam ocorrer. Uma vez registados problemas de interoperabilidade, a real causa é mais fácil de identificar através da monitorização do trânsito de dados, de ferramentas de diagnóstico e repetição dos testes. Se a causa do problema for atribuído à má interpretação da Norma CEI 61850, a solução pode passar por uma intervenção por parte dos fornecedores e/ou um aperfeiçoamento do protocolo [4].

3.5.2.1 Tipos de Testes de Interoperabilidade

Com base no seu objetivo, os testes de interoperabilidade são classificados como testes de interoperabilidade de ‘Prova de Conceito’ e em testes de aceitação no local da instalação (SAT),

definidos na Subsecção 2.2.4. De acordo com os fabricantes, os testes de interoperabilidade são classificados em dois diferentes tipos, dependendo dos componentes do sistema a testar, se de um único ou de vários fabricantes. O perfil de comunicação ponto-a-ponto é uma característica particular dos SAS baseados na Norma CEI 61850. Esse tipo de comunicação permite a implementação da interoperabilidade entre dispositivos localizados no nível de painel da SE, bem como entre dispositivos localizados em diferentes níveis da SE, como a comunicação cliente-servidor entre o nível de painel e o nível de PCL. Assim, surge uma outra classificação dos testes de interoperabilidade baseada nos perfis de comunicação, ponto-a-ponto e cliente-servidor [27].

1. **Testes de Interoperabilidade de ‘Prova de Conceito’** [27]: Os testes de interoperabilidade de ‘Prova de Conceito’, do inglês: *Proof-of-Concept*, visam verificar as interfaces de comunicação associadas aos IED’s em teste. O teste é realizado geralmente em laboratório para verificar se os IED’s são capazes de comunicar uns com os outros. As ligações entre os IED’s são simplificadas para diminuir a complexidade do teste e as funções relacionadas com a interoperabilidade normalmente não são testadas.
2. **Testes de Interoperabilidade de Aceitação na Instalação** [27]: Os testes de interoperabilidade de Aceitação no Local de Instalação, ensaios SAT, têm como tarefa, a verificação ponto-a-ponto, das comunicações sobre a rede LAN ⁴ da SE, sendo verificadas todas as conexões virtuais. O teste tem uma importância vital para verificar se todas as conexões lógicas virtuais associadas a uma função distribuída estão conforme o projetado. Para a realização dos ensaios SAT é necessário um conjunto de testes dedicado à simulação de condições da SE, nomeadamente para gerar os sinais de corrente e tensão analógicos ou digitais desejados para iniciar o teste.
3. **Testes de Interoperabilidade Multi-Dispositivo de um Único Fabricante** [27]: Todos os dispositivos que compõem o sistema sob teste são do mesmo fabricante, onde todos os IED’s do sistema se encontram conforme a Norma CEI 61850 relativamente aos testes e ensaios de fábrica, FAT, definidos na Subsecção 2.2.3. Normalmente, apenas a ferramenta de configuração dos IED’s proprietária do fabricante é necessária para a configuração do sistema, não sendo assim necessário a interação entre ferramentas de fabricantes diferentes.
4. **Testes de Interoperabilidade Multi-Dispositivo de Vários Fabricantes** [27]: O sistema sob teste é constituído por dispositivos de diferentes fabricantes, em diferentes plataformas. Antes do teste de verificação da interoperabilidade entre os diferentes componentes deve ser garantido que os mesmos passaram nos testes de conformidade da CEI 61850. São necessárias, neste caso, ferramentas de configuração de IED’s proprietárias dos vários fabricantes dos diferentes componentes do SAS, bem como uma ferramenta de configuração de sistema, para configurar as configurações.

⁴LAN (*Local Area Network*) é uma rede local de comunicação/dados, que assegura a troca de informação entre as várias unidades do SPCC de uma SE e entre estas e o Centro de Condução ou a tele-manutenção

5. **Testes de Interoperabilidade baseados no perfil Ponto-a-Ponto [27]:** O teste de interoperabilidade baseado no perfil de comunicação ponto-a-ponto verifica as conexões lógicas virtuais entre dois ou mais dispositivos da SE ligados através da rede LAN. Qualquer um desses dispositivos do sistema pode dar início ao teste através do envio de informação para a rede LAN, via *multicast*. De seguida, as outras partes envolvidas recebem essa mesma informação, capturada da rede LAN, utilizando-a conforme necessário. Para a realização do teste, pode ser necessária a injeção secundária de corrente e tensão para provocar a atuação do equipamento e o envio de informação aos restantes equipamentos.
6. **Testes de Interoperabilidade baseados no perfil Cliente-Servidor [27]:** O perfil de comunicação cliente-servidor é um perfil orientado à conexão. Aquando da ocorrência de um acontecimento, o servidor envia uma mensagem para o cliente. Esta ordem de comunicação é sempre verificada, ou seja, o servidor inicia sempre a conversão de informação com o cliente. Os testes de interoperabilidade entre cliente-servidor têm como missão verificar a correta transferência entre dois níveis hierárquicos do SAS, uma vez que os servidores são geralmente os IED's, no nível de painel da SE, enquanto o cliente é o nível de estação.

3.6 Considerações finais

Verifica-se que os fabricantes de SPCC's não usam corretamente os Nós Lógicos definidos pela Norma e recorrem em demasia aos nós genéricos (LN's GGIO) para implementação de funções, mesmo em casos em que a norma já especifica um determinado LN.

Esta forma de implementação dos fabricantes deve-se à simplificação do processo de desenvolvimento de um equipamento. Por outro lado, no caso de reconfiguração ou manutenção, dificulta o trabalho de interpretação ao utilizador, neste caso, o Operador da Rede de Distribuição. Elimina também qualquer capacidade de configuração automática.

O cliente, Operador da Rede de Distribuição, responsável pela manutenção das SE's, pode apresentar, junto dos fabricantes, restrições e especificações no desenvolvimento dos dispositivos, com o objetivo de garantir um maior cumprimento da norma. Surge aqui a necessidade da definição de uma lista de requisitos e exigências a apresentar ao fabricante, de modo a que os parâmetros e configurações da norma sejam garantidos com maior rigor e eficiência.

Outra questão é a importância dos testes de interoperabilidade. A interoperabilidade não tem sido fácil de implementar em SAS com equipamentos de fabricantes distintos, devido às visões um pouco diferentes da norma CEI 61850 e respetivos requisitos de fabricante para fabricante. Para atingir a verdadeira interoperabilidade, é fundamental a existência de testes de interoperabilidade e de validação do SAS.

Capítulo 4

Guia de Ensaio por Painel Tipo e Desenvolvimento de OCC's

4.1 Protocolo-Guia de Ensaio por Painel Tipo

No atual caminho pretendido pela Operadora da Rede de Distribuição (ORD), que tem como objetivo abandonar a forma clássica de registo dos ensaios, em Fichas de Ensaio, para um modelo automatizado baseado em OCC's, torna-se fundamental que todos os colaboradores realizem os testes num formato uniforme. Nesse sentido foi criado um Protocolo Guia de Ensaio por Painel (PN) Tipo, com base em ensaios reais de manutenção realizados em Subestações da ORD, visando seguir as melhores práticas. Este protocolo tem como principais objetivos:

- Uniformizar a realização de ensaios nas várias equipas de manutenção;
- Garantir o cumprimento de todos os requisitos mínimos necessários, dos quais fazem não só parte os ensaios mas também a inspeção visual dos equipamentos;
- Auxiliar na utilização de ferramentas OCC's;
- Procedimentar as manutenções preventivas sistemáticas.

Para a construção deste protocolo foi seguido o seguinte modelo:

- Definição de PN's a incluir no modelo e de metodologia de ensaio prevista;
- *Benchmarking* das melhores práticas ao nível de ensaios de sistemas de proteções, com ensaios reais em diferentes tipos de painéis, com equipamentos de diferentes fabricantes e com equipas distintas;
- Elaboração de documento compilando os vários *inputs* obtidos no terreno e com devida fundamentação teórica;
- Validação dos documentos pela equipa de manutenção.

Este modelo servirá de suporte procedimental para a evolução das metodologias de ensaio, para um modelo baseado em OCC's, para uma atividade que consome mais de 50% dos recursos na área de manutenção de Sistemas de Proteção.

O modelo de ensaios desenvolvido é apresentado no Anexo A.

4.2 Modelo de Ensaio com OMICRON Control Center

Os modelos de ensaios desenvolvidos assentam numa estrutura baseada na criação de módulos de teste sujeitos a condições de execução, de funcionalidade e de validação conforme os requisitos técnicos e normativos específicos para Subestações de Distribuição. Associado a essas predefinições está a avaliação automática de cada teste, baseada em critérios previamente definidos, quer em termos de tempo, quer em termos de variáveis de estado do sistema. Todas estas informações relativas ao processo de desenvolvimento e avaliação de cada teste são traduzidas num relatório geral, gerado automaticamente e passível de ser consultado a qualquer momento. Nesta perspetiva, estamos perante um modelo de ensaio que permite ao operador passar de um papel ativo e dinâmico para outro baseado num plano de controlo e supervisão do processo.

Neste âmbito, foram desenvolvidos dois modelos de ensaios automatizados, um para a Proteção Diferencial do Transformador de Potência (TP) e outro para a Proteção de Distância da Linha AT.

4.2.1 Regulação da Proteção Diferencial do Transformador de Potência

A proteção diferencial do Transformador de Potência (TP) utiliza uma lógica que se baseia na comparação das correntes que circulam na entrada e na saída do equipamento. A aquisição destas correntes elétricas é feita através de TC's como pode ser observado na Figura 4.1:

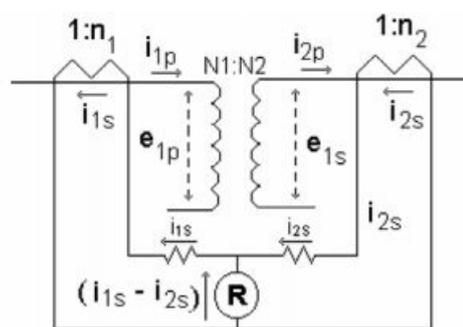


Figura 4.1: Esquema de Proteção Diferencial de um Transformador monofásico [28]

Na Figura 4.1, $N1:N2$ corresponde à relação de transformação entre o primário e secundário do transformador protegido e $1:n1$ e $1:n2$ correspondem às relações de transformação dos TC's instalados nos ramos primário e secundário, respetivamente. A corrente diferencial é obtida pela seguinte equação:

$$i_{dif} = i_{1s} - i_{2s}, \quad (4.1)$$

que é dada pela diferença fasorial entre as correntes secundárias dos TC's. É monitorizada pelo relé diferencial (R) que coloca o Transformador de Potência fora de serviço caso a corrente diferencial que o atravessa seja maior que um valor limiar (*pickup*) estipulado.

Quando o transformador opera sem a ocorrência de um defeito interno, ou quando ocorre um defeito externo no Sistema Elétrico, as correntes secundárias dos TC's terão valores absolutos iguais e a corrente diferencial será praticamente zero, restringindo a operação do relé diferencial (R). Porém, um desequilíbrio entre as correntes secundárias i_{1S} e i_{2S} é percebido quando ocorre um defeito interno no transformador, o qual ocasiona uma corrente diferencial que sensibiliza o relé de proteção que, por sua vez, enviará um sinal de operação (abertura) ao disjuntor correspondente [28].

No esquema de Proteção Diferencial, quando empregue na proteção de TP's, a zona de proteção estende-se até ao local de instalação dos TC's abrangendo uma região pouco além do transformador.

A maioria dos dispositivos de proteção, executa a função de proteção diferencial restrita, que oferece uma maior sensibilidade na detecção de defeitos internos ao transformador. A atuação desta função de proteção está condicionada à comparação da corrente diferencial (equação 4.1), com uma imagem da corrente que atravessa o transformador (corrente restritiva). A forma como é calculada a corrente restritiva (i_{estab}), varia de fabricante para fabricante e pode ser consultada no manual da proteção.

A comparação das amplitudes das correntes diferencial e restritiva é feita mediante uma característica como a apresentada na Figura 4.2:

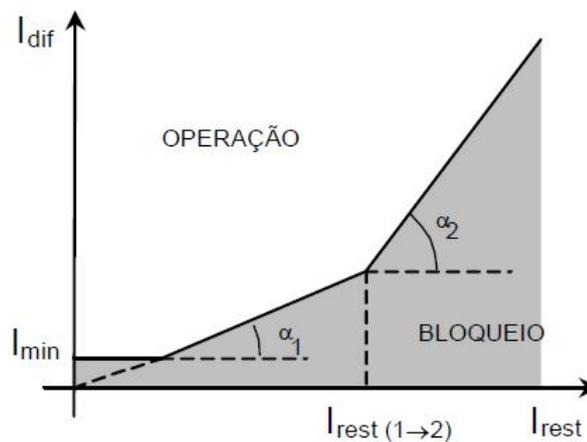


Figura 4.2: Característica Operacional da Proteção Diferencial Restrita ($i_{rest} = i_{estab}$) [29]

A sensibilidade máxima é limitada por um valor de corrente diferencial configurável, de modo a garantir a não atuação da proteção com as correntes de desequilíbrio provocadas pela magnetização do transformador. O segundo trecho da característica contempla os erros existentes devidos a imprecisões do relé ou dos TC's, bem como ao efeito da regulação de tensão em carga. O terceiro trecho prevê a possível saturação dos TC's para valores elevados de corrente que atravessam

o transformador [29].

Adicionalmente à característica operacional da proteção diferencial restrita, é habitual as proteções apresentarem o bloqueio da 2^o e 5^o harmónica das correntes diferenciais. Este bloqueio por restrição harmónica evita disparos intempestivos da proteção diferencial para situações distintas das de defeito interno. A restrição harmónica considera os casos habituais para este tipo de proteção [29]:

- Bloqueio por 2^oharmónica para prevenir atuação em situações de ligação do transformador em vazio;
- Bloqueio por 5^oharmónica para situações de sobreexcitação do transformador (tensão elevada ou frequência reduzida).

A maior vantagem do princípio da proteção diferencial é o *trip* instantâneo no caso de um curto-circuito em qualquer ponto de toda a zona protegida.

4.2.2 OMICRON Control Center para a Proteção Diferencial do Transformador de Potência AT/MT

O módulo que melhor se adequa ao plano de testes que se pretende construir é o *Advanced Differential*. Este módulo é particularmente adequado para esquemas diferenciais de transformadores com até três enrolamentos e até nove correntes a serem injetadas. Resumidamente esta solução de teste permite:

- Teste com todos os tipos de falta (F-T, F-F, F-F-F);
- Testes de disparo em pontos pré-definidos ou testes de busca;
- Avaliação dos resultados de acordo com a característica nominal e tolerâncias;
- Geração de um relatório automático que inclui a representação gráfica dos resultados nos diagramas característicos, passível de ser consultado a qualquer momento.

O modelo abrangente do objeto protegido (TP), do equipamento secundário (conexões de TC's, TP's) e a característica de operação do relé diferencial fornecem os dados necessários para a execução automática dos cálculos, nomeadamente das correntes de teste, permitindo economizar tempo e reduzir possíveis erros de tarefas manuais. Desta forma, o teste de funcionamento do relé diferencial torna-se mais simples, rápido e com um custo mais eficiente.

O módulo de teste *Diff Operating Characteristic* usado nesta secção, testa a operação da proteção diferencial para defeitos dentro da zona protegida. Permite a definição e execução de testes aos IED's com função de proteção diferencial, através da avaliação dos pontos I_{diff} e I_{estab} recorrendo às definições de disparo simples no plano I_{diff}/I_{estab} , com visualização gráfica da característica. De forma a testar a operação da função de proteção para defeitos F-T, F-F e F-F-F foram utilizados três módulos *Diff Operating Characteristic*.

Antes de se iniciar o ensaio, é necessário extrair o ficheiro RIO (*Relay Interface by OMICRON*) a partir do IED, com recurso à ferramenta de configuração do IED. Este formato permite que os parâmetros e configurações do IED, sejam guardados num arquivo de código americano normalizado para troca de informações (ASCII, do inglês *American Standard Code for Information Interchange*) [4]. Este ficheiro permite economizar tempo (os parâmetros do relé não necessitam de ser preenchidos mais do que uma vez) e uma descrição das configurações e do comportamento das diferentes funções do IED (neste caso da proteção diferencial).

Após a extração do ficheiro RIO do IED, basta importá-lo para o OCC, de forma a ficar definido o objeto de teste (Figura 4.3). No entanto, é importante verificar se as informações estão corretas ou se falta adicionar informações acerca dos dispositivos e sobre a função de proteção diferencial. Para confirmar e adicionar informações recorre-se às opções 'Dispositivo' e 'Diferencial' do objeto de teste.

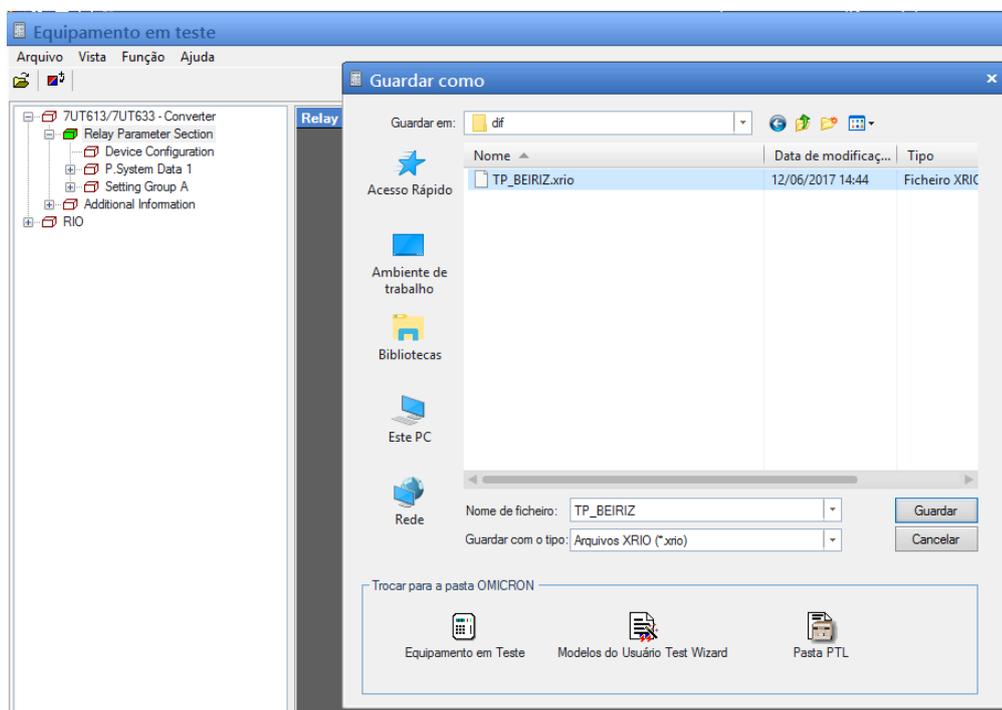


Figura 4.3: Extração do ficheiro RIO a partir do IED

Na janela de configuração do dispositivo, IED (*Device Settings*), apresentada na Figura 4.4, é possível consultar e se necessário alterar, a relação dos transformação dos TT's e dos TC's e adicionar informações acerca do dispositivo, da Subestação e do Paineil (*bay*). A janela de parâmetros da proteção diferencial (*Differential Protection Parameters*), evidenciada na Figura 4.5, permite consultar e se necessário proceder às devidas alterações às informações acerca: do elemento protegido (TP), do dispositivo de proteção (*IED*), das relações de transformação dos TC's, da característica operacional da Proteção Diferencial e do bloqueio de Harmónicos.

Figura 4.4: Parâmetros do IED

Figura 4.5: Parâmetros da Proteção Diferencial: Dispositivo de Proteção (Figura à Esquerda) e Característica de Operação (Figura à Direita)

Após terem sido confirmados todos os parâmetros, é necessário configurar as entradas binárias através do módulo *Hardware Configuration* (Figura 4.6). Neste teste, foi necessário configurar três entradas binárias: Disparo da Proteção Diferencial, Disparo Disjuntor AT e Disparo Disjuntor MT.

Função		Binário			Binário			Binário		
Livres de potencial		<input type="checkbox"/>								
Faixa nominal		133 V			133 V			133 V		
Relação do clamp de corrente										
Limiar		93 V			93 V			93 V		
Etiqueta	Terminal de conexão	1+	1-	2+	2-	3+	3-			
Disparo Disjuntor 60Kv_CR_35	Disparo Disjuntor 60Kv_CR_35	X								
Disparo Disjuntor 15Kv_CR_127_X901_02	Disparo Disjuntor 15Kv_CR_127_X901_02			X						
Disparo DIF_CR_162	Disparo DIF_CR_162					X				

Figura 4.6: Configuração de *hardware* (entradas binárias) para o Módulo *Diff Operating Characteristic*

Com duplo clique no módulo *Diff Operating Characteristic*, por exemplo, no defeito trifásico, é aberta uma janela onde é possível definir os pontos de teste (Figura 4.7). Os pontos de teste podem ser adicionados diretamente a partir da característica, através de um clique com o botão direito do rato ou definindo, manualmente, o valor de I_{diff} e I_{estab} . Após estarem definidos todos os pontos de teste, é possível executar o programa através do botão *Start*.

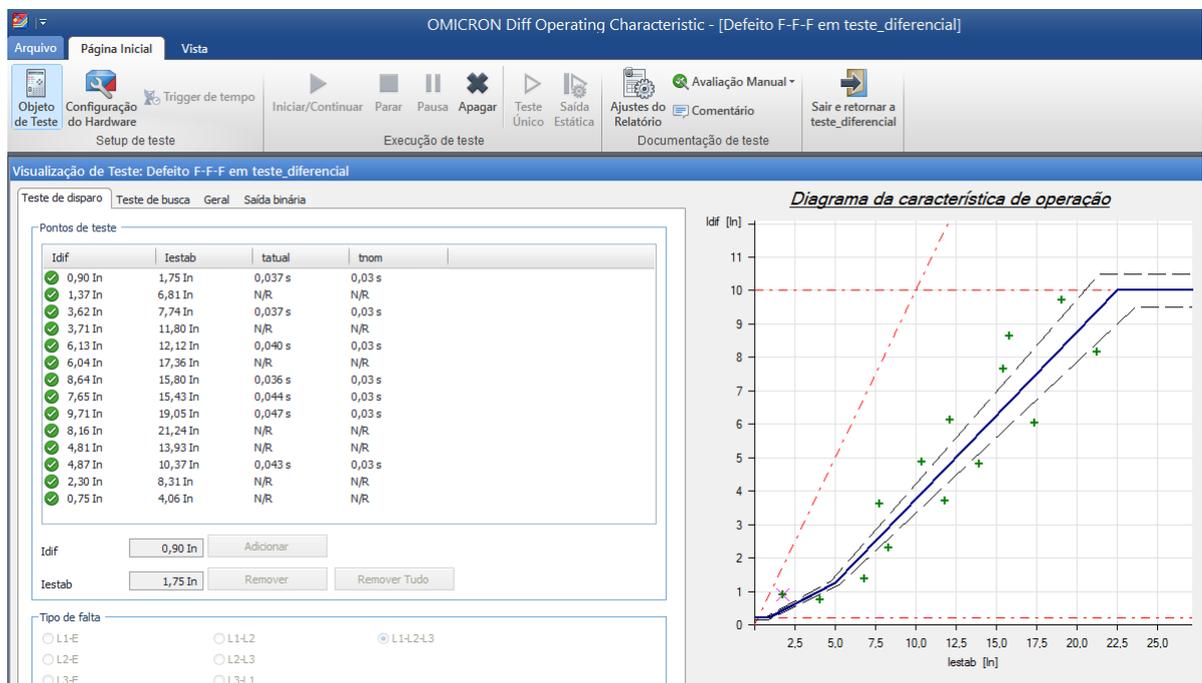


Figura 4.7: Ambiente Gráfico do Módulo *Diff Operating Characteristic*

Com base nos valores de I_{diff} e I_{estab} e no tipo de defeito, o módulo *Diff Operating Characteristic* calcula automaticamente as correntes de teste (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Correntes de teste de acordo com os pontos de disparo do plano I_{diff} e I_{estab} para um defeito F-F-F

Disparo	1	2	3
Idif	0.90 In	1.37 In	3.62 In
Iestab	1.75 In	6.81 In	7.74 In
I Primário L1	1.004 A	3.099A	4.304 A
Fase Primário L1	-180.000°	-180.000°	-180.000°
I Primário L2	1.004A	3.099A	4.304 A
Fase Primário L2	60.000°	60.000°	60.000°
I Primário L3	1.004A	3.099A	4.304 A
Fase Primário L3	-60.000°	-60.000°	-60.000°
I Secundário L1	0.307A	1.963 A	1.487A
Fase Secundário L1	-150.000°	-150.000°	-150.000°
I Secundário L2	0.307 A	1.963A	1.487 A
Fase Secundário L2	90.000°	90.000°	90.000°
I Secundário L3	0.307 A	1.963A	1.487 A
Fase Secundário L3	-30.000°	-30.000°	-30.000°

De acordo com os parâmetros definidos, o OCC irá atribuir uma das duas classificações ao ensaio:

- **Aprovado:** se o tempo de operação for respeitado (instantâneo) na zona de operação e se a proteção não atuar na zona de não atuação (Figura 4.2).
- **Reprovado:** se alguma das condições acima referidas não for cumprida.

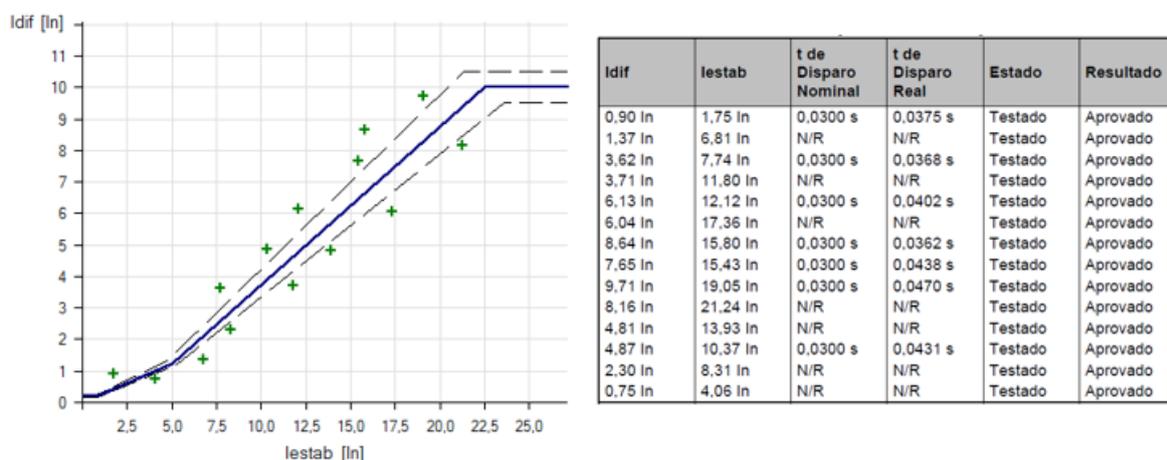


Figura 4.8: *Diff Operating Characteristic* com os pontos de teste definidos para um Defeito F-F-F

Como se pode verificar na Figura 4.8, todos os pontos de teste situados acima da curva obtiveram um tempo de operação considerado instantâneo (visto nunca se obter um tempo de atuação

de 0s). Para os restantes pontos (situados abaixo da curva), a proteção não atuou, o que demonstra que a proteção está a operar de acordo com o esperado, obtendo o teste a classificação de aprovado.

Para os restantes defeitos (F-N e F-F), o procedimento é similar, não sendo então necessário definir novamente o objeto de teste ou configurar o *hardware*. O relatório completo deste ensaio encontra-se apresentado no Anexo B.

4.2.3 Regulação da Proteção de Distância

A proteção de distância aplicada numa linha AT tem como objetivo a proteção dos elementos da rede, a seletividade com proteções a jusante e a deteção de defeitos pouco resistivos. É uma proteção sensível à relação entre a tensão e a corrente da linha de transmissão. O IED opera medindo a impedância, desde o início da linha até o ponto de defeito, e atua quando a impedância da linha for inferior à impedância parametrizada no IED. Exemplifica-se na Figura 4.9, uma rede, para a qual se vão apresentar as parametrizações definidas no Guia Geral de Proteção e Automação da Rede Nacional de Distribuição (RND)[30], elaborado pela Operadora da Rede de Distribuição portuguesa. Assume-se que a proteção a ser parametrizada é a da SE A.

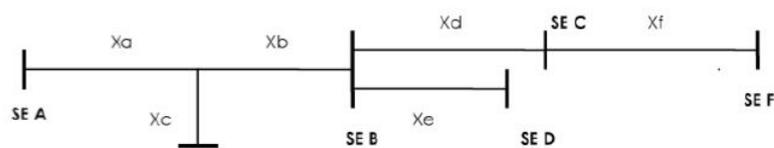


Figura 4.9: Rede representativa para o processo de parametrização da proteção de distância [4]

Devem ser aplicadas as seguintes regulações [4]:

- Critério de arranque: $Z <$ (mínimo de impedância não direcional);
- Característica operacional: Poligonal (parametrizável em alcance resistivo e indutivo);
- Corrente mínima de operação ($I > \min$): $120\% I_{TI}^2$;
- Corrente homopolar mínima de operação ($3I_0 > \min$): 10%;
- 1º Escalão de atuação:
 - Direcionalidade: ‘Forward’;
 - Alcance indutivo: $X_{op} = 0,85 \cdot (X_a + X_b; X_a + X_c)$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre fases $R_{op-FF} = X_{op}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre uma fase e a terra: $R_{op} = \max(2 \cdot X_{op}; R_{min})$;
 - Tempo de operação: $T_{op} = 0,0s$;

² I_{TI} é a corrente nominal dos transformadores de intensidade da linha de alta tensão.

- Escalão alongado ³:
 - Direcionalidade: 'Forward';
 - Alcance indutivo: $X_{op} = 1,2 * \max (X_a+X_b; X_a+X_c)$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre fases: $R_{op-FF} = X_{op}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre uma fase e a terra: $R_{op} = \max(2*X_{op}; R_{min})$;
 - Tempo de operação: $T_{op} = 0,0s$;

- 2º Escalão de atuação:
 - Direcionalidade: 'Forward';
 - Alcance indutivo: $X_{op} = 1,2 * \max (X_a+X_b; X_a+X_c)$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre fases: $R_{op-FF} = X_{op}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre uma fase e a terra: $R_{op} = \max(2*X_{op}; R_{min})$;
 - Tempo de operação: $T_{op} = 0,3s$ (mas poderá ser 0,6s se houver necessidade de coordenação com linhas curtas);

- 3º Escalão de atuação:
 - Direcionalidade: 'Forward';
 - Alcance indutivo: valor que permita a detecção de defeitos na linha adjacente mais longa e que não alcance a média tensão (MT) do transformador de potência;
 - Alcance resistivo para defeitos entre fases: $R_{op-FF} = X_{op}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre uma fase e a terra: $R_{op-FT} = X_{op}$;
 - Tempo de operação: $T_{op} = 1,0s$;

- Escalão de arranque:
 - Direcionalidade: Não direcional;
 - Alcance indutivo: $X_{op} = 1,2 * X_{op_3^\circ escalao}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre fases: $X_{op} = 1,2 * X_{op_3^\circ escalao}$;
 - Alcance resistivo para defeitos entre uma fase e a terra: $R_{op_FT} = \max(2,4 * X_{op_3^\circ escalao}; R_{min})$;
 - Tempo de operação: $T_{op} = 2,0s$;

³O escalão alongado é utilizado para religações rápidas e esquemas de teleproteção

Além das parametrizações apresentadas, devem ser verificadas as seguintes condições:

- Zona 1 < Zona 2 < Zona 3 < Zona Arranque;
- Zona 1 e Zona 2 de linhas adjacentes não se sobrepõem;
- Zona 3 não alcança os barramentos de MT da rede;

Caso as condições não sejam verificadas, devem-se realizar alterações na parametrização para que estas sejam cumpridas.

4.2.4 OMICRON Control Center para a Proteção de Distância da Linha AT

Os módulos que melhor se adequam ao plano de testes que se pretende construir são o *Advanced Distance* e o *State Sequencer* (Figura 4.10). Foram utilizados cinco módulos *Advanced Distance* de forma a executar o teste da característica de operação (em RNE e REE), do automatismo de religação (em RNE e REE) e para verificação do bloqueio da função de proteção de distância quando o disjuntor dos TT's é desligado. Para tornar o ensaio mais completo também se recorreu ao módulo *State Sequencer* para teste do automatismo de religação e do fecho manual do disjuntor com verificação de sincronismo.

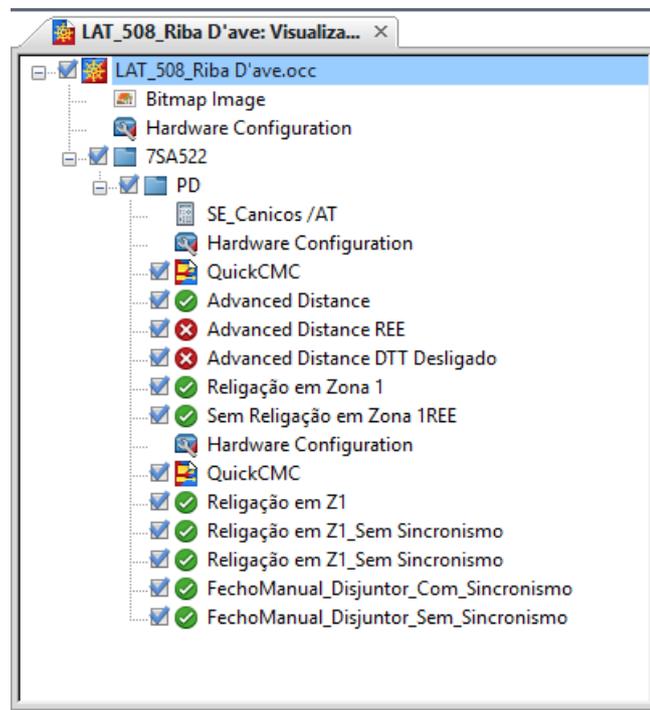


Figura 4.10: OMICRON Control Center para a Proteção de Distância

O módulo *Advanced Distance* permite a definição e execução de testes aos IED's com função de proteção de distância, através da avaliação dos elementos de impedância recorrendo às definições de disparo simples no plano da impedância, com visualização gráfica da característica. Para além desta funcionalidade básica, o *Advanced Distance* permite:

- Busca e verificação dos alcances das zonas;
- Ajustes de testes relativos ao alcance das zonas e ângulos da linha;
- Modelo de testes com impedância da fonte constante;
- Sobreposição da corrente de carga.

Optou-se por não se desativar as restantes funções de proteção durante o ensaio tendo em conta que é fundamental certificar que as diferentes funções de proteção do IED são capazes de interagir corretamente.

Antes de se iniciar o ensaio, é necessário extrair o ficheiro RIO (*Relay Interface by OMICRON* a partir do IED) , com recurso à ferramenta de configuração do IED. Este formato, como foi referido na Subsecção 4.2.2, permite obter os parâmetros e configurações do IED.

Após a extração do ficheiro RIO do IED, basta importá-lo para o OCC, de forma a ficar definido o objeto de teste. No entanto, é importante verificar mais uma vez se as informações estão corretas ou se falta adicionar informações acerca dos dispositivo e sobre a função de proteção de distância. Para confirmar e adicionar informações recorre-se às opções 'Device e 'Distance' do objeto de teste (Figura 4.11).

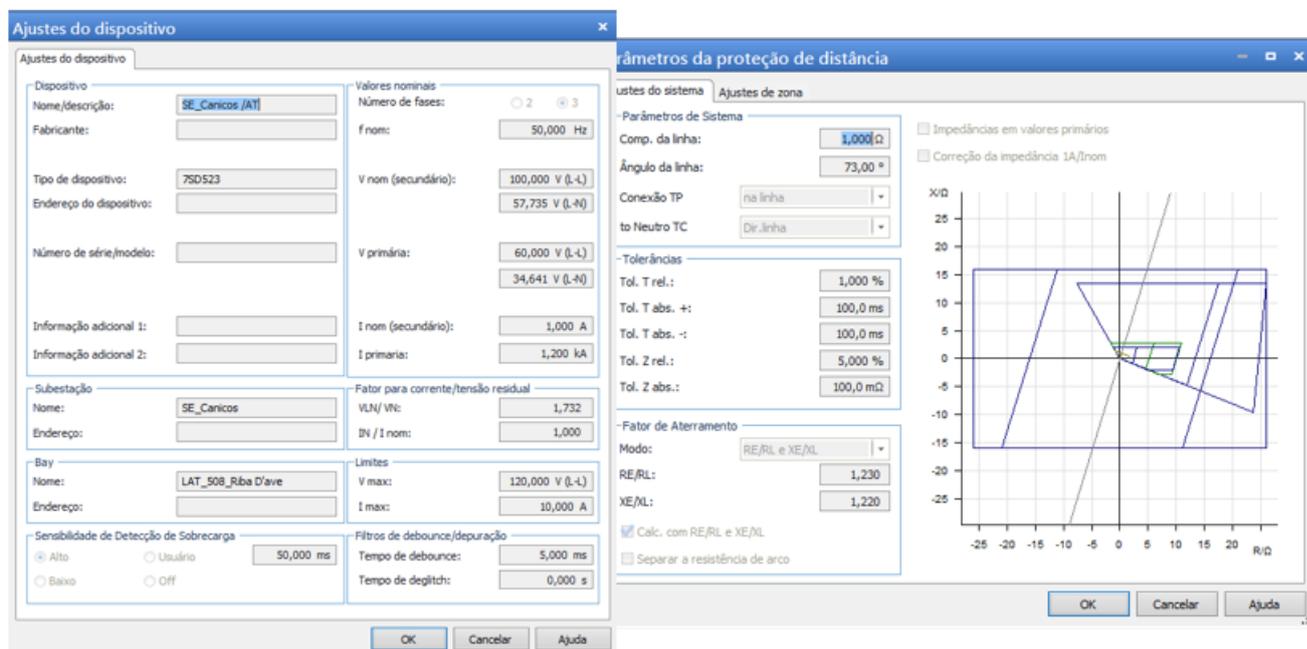


Figura 4.11: Parâmetros do IED (Figura à Esquerda) e parâmetros da Proteção de Distância (Figura à Direita)

A janela de parâmetros da proteção de distância (*Distance Protection Parameters*) permite consultar a característica da linha e os parâmetros do sistema (comprimento e ângulo da linha,

tolerâncias). Na janela de configuração do IED (*Device Settings*) é possível confirmar e se necessário alterar, a relação de transformação dos transformadores de tensão (TT) e corrente (TC) e adicionar informações acerca do dispositivo, da Subestação e do Pannel (*Bay*).

Após se ter confirmado todos os parâmetros e procedido às devidas alterações, é necessário configurar as entradas binárias através do módulo *Hardware Configuration*. Neste teste, foram configuradas dez entradas binárias, das dez possíveis (Figura 4.12).

			Função		Binário	
			Livres de potencial		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Faixa nominal		133 V	133 V
			Relação do clamp de corrente			
			Limiar		93 V	93 V
Sinal de entrada do Módulo de Teste	Etiqueta	Terminal de conexão	1+	1-	2+	2-
Entr.bin 1	Disp. Disjuntor_PEA_27	Disp. Disjuntor_PEA_27	X			
Entr.bin 2	Liga Disjuntor_PEA_28	Liga Disjuntor_PEA_28			X	
Entr.bin 3	Arranque MI_AIG_18	Arranque MI_AIG_18				
Entr.bin 4	Religação_AIG_28	Religação_AIG_28				
Entr.bin 5	Arranque DT_AIG_25	Arranque DT_AIG_25				
Entr.bin 6	Disparo DT_AIG_26	Disparo DT_AIG_26				
Entr.bin 7	Arranque PD_AIG_21	Arranque PD_AIG_21				
Entr.bin 8	Disparo PD_AIG_20	Disparo PD_AIG_20				
Entr.bin 9	Disjuntor Ligado_AIG_13	Disjuntor Ligado_AIG_13				
Entr.bin 10	REE_AIG_41	REE_AIG_41				

Figura 4.12: Configuração de *hardware* (entradas binárias) para o Módulo *Advanced Distance*

Com duplo clique no módulo *Advanced Distance*, é aberta uma janela onde é possível definir os pontos de teste para defeitos F-T, F-F e F-F-F (Figura 4.13). Os pontos de teste podem ser adicionados diretamente a partir da característica, através de um clique com o botão direito do rato ou definindo, manualmente, o valor do módulo da impedância, $|Z|$, e do ângulo, Φ . Após estarem definidos todos os pontos de teste, é possível executar o programa através do botão de ‘*Start*’.

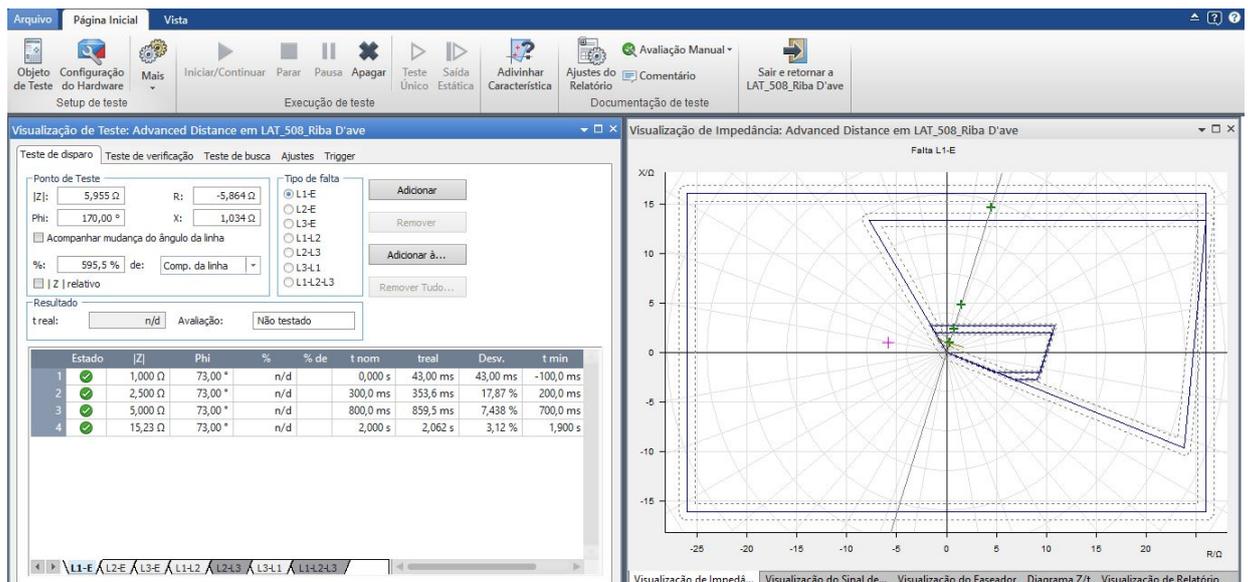


Figura 4.13: *Advanced Distance* com os pontos de teste definidos

De acordo com os parâmetros definidos, o OCC irá atribuir uma de duas classificações ao ensaio:

- **Aprovado:** se todos os tempos de operação forem respeitados, tendo em conta que, para zonas diferentes, o tempo de operação é diferente;
- **Reprovado:** se pelo menos um tempo de operação não for respeitado.

Os três primeiros ensaios foram realizados com o disjuntor aberto (painel em RNE, painel em REE e disjuntor dos TT's desligado) de forma a não sobrecarregar o disjuntor - Anexo C. É importante referir, que apesar de o disjuntor não abrir, o ensaio recolhe a informação relativa à ordem de abertura do disjuntor (disparo). O quarto ensaio, utilizado para testar a função de automatismo religação na Z1 foi executado com o disjuntor fechado, caso contrário não seria possível testar este automatismo - Anexo D. O teste de religação apenas foi efetuado para Z1, visto que é a única zona que executa religação em RNE. Em REE não existe religação, ocorre sempre disparo definitivo.

De forma a tornar o ensaio mais completo, foi utilizado o módulo *State Sequencer* (apresentado na Subsecção 2.4.2 para verificação do automatismo de religação e do fecho manual do disjuntor com verificação de sincronismo).

A função verificação de sincronismo averigua a existência de condições de sincronismo quando ocorre uma ordem de fecho ao disjuntor (seja manual ou por automatismo). O disjuntor que verifica o sincronismo necessita de averiguar os seguintes critérios de sincronismo entre a tensão na linha e no barramento [31]:

- Diferença entre o módulo da tensão da linha e do barramento dentro de um limite definido;
- Diferença entre a frequência da tensão da linha e do barramento dentro de um limite definido;
- Diferença entre o ângulo da tensão da linha e do barramento dentro de um limite definido.

Para a realização deste ensaio foi necessário utilizar o módulo de tensão monofásica das saídas analógicas de tensão da mala OMICRON (V2-1) e reconfigurar o *hardware* de forma a incluir a entrada binária 'Falha de Sincronismo'.

i) *State Sequencer* para verificação do automatismo de religação com e sem condições de sincronismo

A Figura 4.14 apresenta os estados utilizados para verificar se ocorre o automatismo de religação em Z1 sem condições de sincronismo. Podemos verificar a existência de estados distintos, cada um dos quais com a sua definição dos valores de saída.

	1		2			3			4		
Nome			Pré-falta			L1-L2-L3;100 %			Pós-falta		
V L1-E	0,00 °	50,000 Hz	57,74 V	74,00 °	50,000 Hz	750,0 mV	71,08 °	50,000 Hz	57,74 V	74,00 °	50,000 Hz
V L2-E	-120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	-46,00 °	50,000 Hz	750,0 mV	-48,92 °	50,000 Hz	57,74 V	-46,00 °	50,000 Hz
V L3-E	120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	-166,00 °	50,000 Hz	750,0 mV	191,08 °	50,000 Hz	57,74 V	-166,00 °	50,000 Hz
I L1	0,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	1,250 A	0,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz
I L2	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	1,250 A	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz
I L3	120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	1,250 A	120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz
V(2)-1	0,00 °	50,000 Hz	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz	57,74 V	44,00 °	50,000 Hz
Trigger	1,000 s		⌚	500,0 ms		⌚	1,500 s		⌚	500,0 ms	

Figura 4.14: Modulo *State Sequencer* para teste da função da religação em Z1 sem condições de sincronismo

O primeiro estado corresponde a uma situação de repouso permanecendo nesse estado durante 1,00s. O segundo, denominado Pré Defeito visa simular uma situação de funcionamento normal do sistema. O tempo de permanência nesse estado está definido em 500 ms. Terminado este tempo o teste transita para o estado seguinte que corresponde a uma situação de defeito trifásico em Z1 (60% do comprimento da linha). Neste instante a proteção deve dar início ao arranque da função de proteção de distância e dar ordem de disparo ao disjuntor. O tempo de permanência nesse estado está definido em 1,5 s. Terminado este tempo, o teste transita para estado seguinte Pós Defeito, que visa simular novamente uma situação de funcionamento normal do sistema onde permanece durante 500ms. Se houver condições de sincronismo o disjuntor volta a fechar, caso contrário permanecerá aberto.

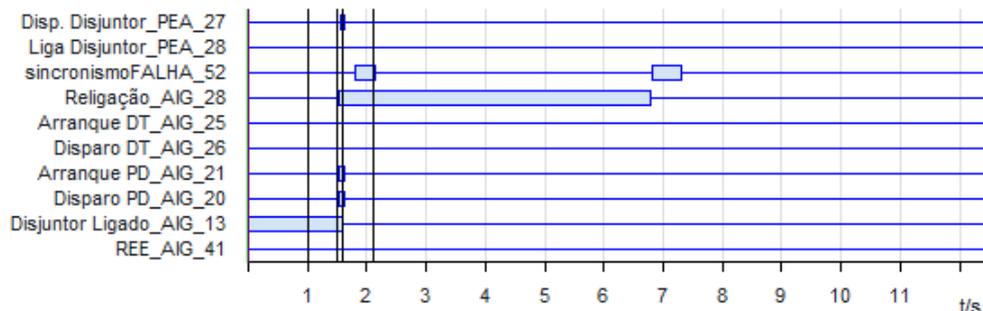


Figura 4.15: Visualização do sinal em função do tempo no teste da função de religação em Z1 sem condições de sincronismo

Como pode ser observado na Figura 4.15, quando ocorre o disparo da Proteção de Distância (Disparo_PD), o disjuntor dispara (Disp.Disjuntor) e a função religação entra em serviço (Religação), mas como ocorre falha de sincronismo (sincronismoFALHA) o disjuntor não religa (Disjuntor_Ligado).

ii) *State Sequencer* para teste do fecho manual do disjuntor sem condições de sincronismo:

Nome	1			2			3		
	Estado 1			Pós-falta			Pós-falta		
V L1-E	57,74 V	0,00 °	50,000 Hz	57,74 V	0,00 °	50,000 Hz	57,74 V	0,00 °	50,000 Hz
V L2-E	57,74 V	-120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	-120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	-120,00 °	50,000 Hz
V L3-E	57,74 V	120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	120,00 °	50,000 Hz
I L1	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz	0,000 A	0,00 °	50,000 Hz
I L2	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	-120,00 °	50,000 Hz
I L3	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz	0,000 A	120,00 °	50,000 Hz
V(2)-1	57,74 V	-120,00 °	50,000 Hz	57,74 V	50,00 °	50,000 Hz	57,74 V	50,00 °	50,000 Hz
Trigger		1,000 s						500,0 ms	

Figura 4.16: Modulo *State Sequencer* para teste do fecho manual do disjuntor sem condições de sincronismo

Este teste foi realizado com o disjuntor aberto, de forma a verificar o comportamento da função de proteção emitindo ordem de fecho manual do disjuntor sem estarem reunidas condições de sincronismo. O primeiro estado, denominado Estado 1 visa simular uma situação de funcionamento normal do sistema. O tempo de permanência nesse estado está definido em 1s. Terminado este tempo o teste transita para o estado seguinte que corresponde a uma situação semelhante à do Estado 1, mas sem se verificarem condições de sincronismo. A passagem para o estado seguinte ao contrário do apresentado no exemplo anterior não é por temporização. Foi definido no *trigger* que a passagem para o estado seguinte só se deve verificar quando a variável 'Liga Disjuntor' se alterar. Ou seja, só deve passar para o estado seguinte quando for pressionado o botão de fecho manual. No terceiro estado, conforme estejam ou não reunidas condições de sincronismo o disjuntor permanece aberto ou fecha.

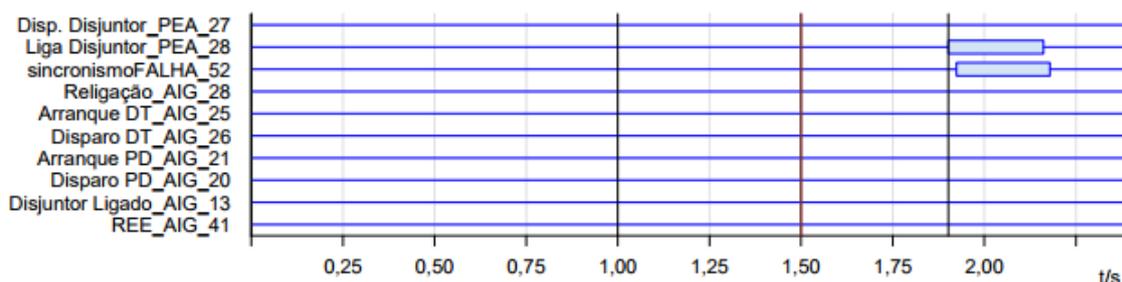


Figura 4.17: Visualização do sinal em função do tempo no teste da função de religação em Z1 sem condições de sincronismo

Como pode ser observado na Figura 4.17, pressionando o botão de fecho manual do disjuntor (Liga_Disjuntor), ocorrendo falha de sincronismo (sincronismoFALHA) o disjuntor não fecha (Disjuntor_Ligado).

No Anexo E são apresentados os relatórios completos destes ensaios.

4.3 Considerações Finais

Os ensaios automatizados realizados aos IED's proporcionam uma série de benefícios, tanto para o responsável pelo ensaio, como para a entidade requerente em termos de simplicidade do processo e economia de tempo. Se o plano de ensaios for preparado com antecedência, o utilizador não necessita de configurar manualmente os módulos de teste no local do ensaio, diminuindo, deste modo, o tempo necessário para o ensaio.

A utilização de OCC's obriga a um trabalho prévio, mas que não é repetitivo, permitindo retirar enormes benefícios relativamente aos ensaios utilizados anteriormente. Otimização do tempo, simulação de incidentes reais, uniformização de ensaios são algumas das vantagens a ter em conta, que não seriam possíveis com a realização de ensaio apenas pelo *QuickCMC*.

Capítulo 5

Normalização do Protocolo CEI 61850

Este capítulo tem como objetivo a definição de requisitos à interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes. Será apresentada uma solução para a normalização do Dispositivo Lógico (LD), dos Nós Lógicos (LN's) e dos Atributos a serem utilizados para a implementação de cada uma das Sinalizações, Medidas e Comandos de um Painel Tipo de Média Tensão.

5.1 Teste de Interoperabilidade Vertical

A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade dos IED's de trocarem e utilizarem informações corretamente. Apesar de a Norma CEI 61850 definir uma metodologia consistente para a interconexão de IED's em SE's utilizando tecnologias baseadas na Rede da Área Local (LAN, do inglês *Local Area Network*) para promover a interoperabilidade, essa capacidade de IED's de fabricantes diferentes trocarem informações corretamente ainda não foi atingida.

Nesta secção é apresentado um teste de interoperabilidade vertical desenvolvido pela fonte [4]. Este teste permitiu comprovar a inexistência de interoperabilidade quando dispositivos de fabricantes diferentes tentam comunicar entre si.

O teste de interoperabilidade consistiu em, a partir da base de dados de uma UC Efacec de uma SE, proceder-se à substituição de um dos IED's da Efacec por um IED funcionalmente equivalente da Siemens inserido na mesma Rede Local de Comunicações (RLC), tendo sido apenas alterado o seu endereço IP, como se encontra representado na Figura 5.1. Do trace da comunicação representado pela Figura 5.2, a fonte [4] chegou à conclusão da existência contínua de um erro na comunicação quando a Unidade Central (UC) da Efacec tenta comunicar com o IED da Siemens.

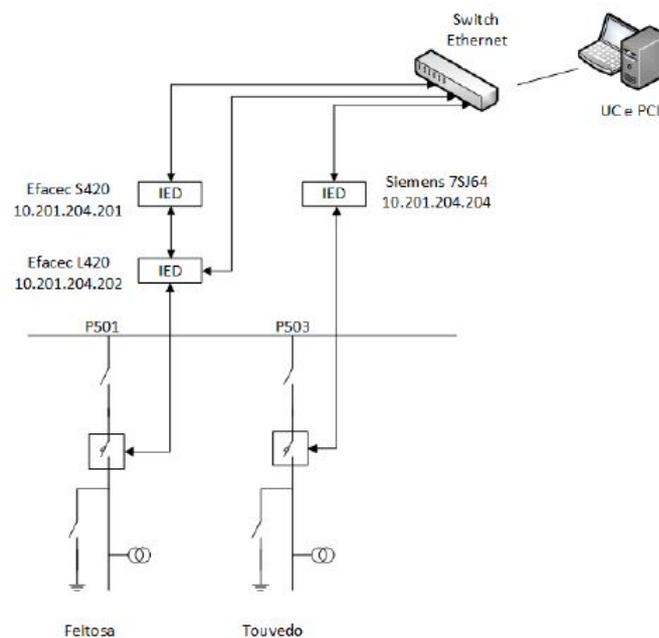


Figura 5.1: Esquema da SE utilizada para o teste [4]

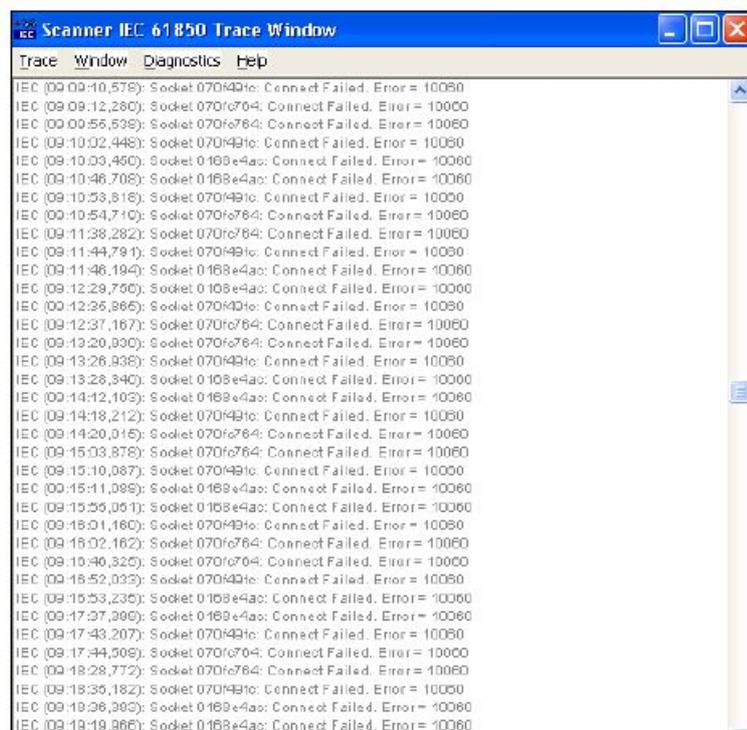


Figura 5.2: Trace da comunicação do teste realizado [4]

5.2 Comparação dos Nós Lógicos utilizados atualmente por diferentes Fabricantes nas Subestações da EDP Distribuição SA

As instalações da Operadora da Rede de Distribuição, que funcionam segundo a Norma CEI 61850, encontram-se divididas principalmente entre quatro fabricantes: Siemens, Efacec, GE e ABB. No entanto, nenhuma dessas instalações incorpora na mesma Rede Local de Comunicações (RLC), equipamentos de fabricantes diferentes, uma vez que ainda não foi possível obter interoperabilidade entre eles.

De forma a verificar as diferenças no desenvolvimento de IED's baseados na Norma CEI 61850, a nível dos Nós Lógicos e Atributos (Nome e Tipo) utilizados na definição de cada uma das funções, realizou-se um levantamento de informação em Subestações de cada um dos fabricantes, nomeadamente de Sinalizações, Comandos e Medidas de um Painel Tipo de Média Tensão. As Subestações em análise foram: Talagueira e Muro (SPCC's da GE), Mindelo (SPCC da Siemens), Nogueira da Regedoura (SPCC da ABB), Morgade (SPCC da Efacec).

Constatou-se uma não conformidade na utilização dos Nós Lógicos (LN's) por parte dos diferentes fabricantes. Na maioria dos casos diferentes fabricantes recorrem a diferentes formas de implementação. Os problemas identificados foram os seguintes:

- Para uma mesma função, o mesmo fabricante utiliza diferentes Nós Lógicos:

Tabela 5.1: Descritivos utilizados para a função Bloco Disjuntor pela GE

Função	GE - Talagueira	GE - Muro
Bloco Disjuntor	LMT1_1CON/CSWI3\$ST\$Pos\$stVal	P214F650/XSWG\$ST\$Ind3\$stVal

- Uso de uma Nomenclatura completamente distinta no descritivo para identificação do Dispositivo Lógico (LD):

Tabela 5.2: Descritivos utilizados para identificação do Dispositivo Lógico (LD)

Fabricante	Descritivo do Dispositivo Lógico (LD)
GE - Muro	P214F650
GE - Talagueira	LMT1_1CON
ABB	IEC61850_Subnetwork2.REF630_P228
Siemens	MT12_L01CTRL

- Para funções idênticas, com apenas alteração de uma variante, como o caso de uma sinalização de valor de corrente temporizado ou instantâneo, verifica-se que alguns fabricantes fazem uso do mesmo LN, alterando apenas o Objeto de Dados, quando a norma CEI 61850 define a utilização de diferentes LN's:

Tabela 5.3: Descritivos utilizados para as funções de Máximo de Intensidade (instantânea e temporizada)

Função	ABB	CEI 61850
Max I>INST	IEC61850_Subnetwork2.REF630_P226.LD0.PHLPTOC1.Str.general	PIOC
Max I>TEMP	IEC61850_Subnetwork2.REF630_P226.LD0.PHLPTOC1.Op.general	PTOC

- Utilização de LN's genéricos quando a Norma CEI 61850 especifica o uso de um determinado LN para execução dessa função:

Tabela 5.4: Uso incorreto do Nós Lógicos Genéricos (GGIO)

Medida	Siemens	CEI 61850
Corrente	MT12_L01EXT\$pdGGIO76\$MX\$AnIn1:0	MMXU

- Utilização de Objetos de Dados não especificados nos Nós Lógicos:

Tabela 5.5: Objeto de Dados não normalizado pela Norma CEI 61850

Função	ABB	CEI 61850
Corrente Homopolar	RESCMMXU1.A.res.cVal.mag	MMXU.A.neut.cVal.mag&MX

- Utilização de Protocolos Próprios (LN's não definidos na Norma CEI 61850):

Tabela 5.6: LN não definido pela Norma CEI 61850

Função	Siemens
PROGRAMA RELIG L1 CMD	MT12_L01CTRL\$REL_1LGAPC1\$CO\$SPCSO:0

- Utilização excessiva de LN's genéricos (GGIO), o que dificulta a identificação e a interpretação por parte dos especialistas da Operadora da Rede de distribuição, eliminando a capacidade de efetuar configurações automáticas [32];

5.3 Normalização do Descritivo segundo a Norma CEI 61850

Como já foi referido anteriormente, a Norma CEI 61850 tem como objetivo o alcance de interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes. No entanto devido às diferentes interpretações dos fabricantes perante a Norma CEI 61850 ainda não foi possível atingi-la.

Com o objetivo da definição de requisitos à interoperabilidade entre IED's foi apresentada uma solução para a normalização dos Dispositivos Lógicos (LD's), Nós Lógicos e é ainda apresentada uma possível solução para a normalização dos Atributos de Dados que compõem cada um dos LN's segundo a Norma CEI 61850.

5.3.1 Normalização do Dispositivo Lógico

O Operador da Rede de Distribuição, a EDP Distribuição SA, utiliza na comunicação de sinalizações, para Centro de Condução, endereços lógicos associados a descritivos SCADA (da literatura anglo-saxónica: *Supervisory Control and Data Acquisition*). Esses descritivos são definidos localmente na Subestação e no Despacho. Quando o protocolo de comunicação numa Subestação é o CEI 61850, beneficiando-se da existência de uma definição em SCADA, a mesma é aproveitada, e efetuada uma transposição para a RLC e para o CEI 61850, passando os descritivos SCADA a estarem associados a Nós Lógicos, definidos na norma, para efeitos de comunicação Vertical e Horizontal. Os descritivos SCADA estão normalizados pela EDP e são comuns em todas as Subestações da sua responsabilidade.

O endereço lógico normalizado pela EDP associado ao SCADA apresenta a seguinte estrutura:

AreaGeografica.Tipo de Instalação.Sigla.Painel.Objeto.Atributo

Para cada uma das parcelas do endereço lógico está associado um TAG, também normalizado pela Operadora da Rede de Distribuição Portuguesa. Nas tabelas 5.7 e 5.8 são apresentados os TAG's definidos para a Área Geográfica, Tipo de Instalação, Sigla e Nível de Tensão.

Tabela 5.7: TAG associado à Área Geográfica (Tabela à Esquerda) e TAG associado ao Tipo de Instalação (Tabela à Direita)

Área Geográfica	TAG	Tipo de Instalação	TAG
Aveiro	A	Subestação	S
Beja	B	Subestação Cliente	K
Braga	C	Saida de Subestação	Z
Bragança	D	Subestação REN	I
Castelo Branco	E	Linhas	L
Coimbra	F	Posto de Seccionamento/Corte	P
Évora	G	Transformador	T
Faro	H	Posto de Transformação de Distribuição	D
Guarda	I	Posto de Transformação Cliente	C
Leiria	J	Circuito de BT	B
Lisboa	L	Armário de Rede BT	A
Portalegre	M	Posto de Comando	E
Porto	N	Centro de Condução	F
Santarém	O	OCR	O
Setúbal	P	Estação Repetidora	R
Viana do Castelo	Q	Outro	X
Vila Real	R		
Viseu	S		

Tabela 5.8: TAG associado ao Posto de Comando (Tabela à Esquerda) e TAG associado ao Nível de Tensão (Tabela à Direita)

Posto de Comando	Sigla
Porto	ARGP
Ruivães	ARAS
Braga	ARMN
Vila Real	ARTM
Coimbra	ARCL
Leiria	ARLC
Aveiro	ARBL
Seia	ARBI
Castelo Branco	ARBI
Lisboa	ARGL
Loures	AROT
Santarém	ARVT
Setúbal	ARPS
Beja	ARAT
Loulé	ARAG

Nível de Tensão	TAG
6kV	0
10kV	1
15kV	2
30kV	3
40kV	4
60kV	5
130kV	6
150kV	7
220kV	8
BT	9

O Objeto e o Atributo são as parcelas do endereço que permitem fazer a correspondência com o Nó Lógico e Atributo definidos pela Norma CEI 61850.

Tabela 5.9: Comparação do Endereço Lógico Normalizado pela EDP com o Endereço Lógico normalizado pela GE segundo a Norma CEI 61850 para representar Estado do Disjuntor

Descritivo	Estado 0	Estado 1	TAG EDP -SCADA	GE- Talagueira
Disjuntor	Ligado	Desligado	dtsiglnxx- DIEST	LMT1_1CON/XCBR1\$ST\$Pos\$stVal

Na coluna TAG EDP-SCADA da Tabela 5.9, **DIEST**, 'D1' corresponde ao objeto e 'EST' ao atributo, significando respetivamente 'Disjuntor 1' e 'Estado'. O Fabricante GE para representar o estado do Disjuntor utiliza o nó lógico XCBR que modela o Disjuntor com o Objeto de Dados *Pos*, pertencente à Classe de Dados Comuns DPC, com o atributo do tipo *ctVal*, variável Booleana de valor: Ligado/Desligado. Verifica-se assim que é possível fazer uma correspondência entre o protocolo EDP e a Norma CEI 61850.

XCBR class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation		T M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
Data				
<i>Common Logical Node Information</i>				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
Loc	SPS	Local operation (local means without substation automation communication, hardwired direct control)		M
EEHealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment name plate		O
OpCnt	INS	Operation counter		M
Controls				
Pos	DPC	Switch position		M
BlkOpn	SPC	Block opening		M
BlkCls	SPC	Block closing		M
ChaMotEna	SPC	Charger motor enabled		O
Metered Values				
SumSwARs	BCR	Sum of Switched Amperes, resetable		O
Status Information				
CBOpCap	INS	Circuit breaker operating capability		M
POWCap	INS	Point On Wave switching capability		O
MaxOpCap	INS	Circuit breaker operating capability when fully charged		O

Figura 5.3: Nó Lógico XCBR [13]

DPC class					
Attribute Name	Attribute Type	FC	TrgOp	Value/Value Range	M/O/C
DataName	Inherited from Data Class (see IEC 61850-7-2)				
DataAttribute					
<i>control and status</i>					
ctlVal	BOOLEAN	CO		off (FALSE) on (TRUE)	AC_CO_M
operTm	TimeStamp	CO			AC_CO_O
origin	Originator	CO, ST			AC_CO_O
ctlNum	INT8U	CO, ST		0..255	AC_CO_O
stVal	CODED ENUM	ST	dchg	intermediate-state off on bad-state	M
q	Quality	ST	qchg		M
t	TimeStamp	ST			M
stSeld	BOOLEAN	ST	dchg		AC_CO_O

Figura 5.4: Classe de Dados Comuns DPC [15]

A Norma CEI 61850 define que, quando se explora o conteúdo de um IED, os atributos de cada instância de LN devem ser apresentados segundo uma nomenclatura específica:

DispositivoLógico.NóLógico.ObjetodeDados.AtributodeDados

Os Dispositivos Lógicos (LD's) consistem em conjuntos de LN's necessários ao cumprimento das funcionalidades para as quais estão designados. Visto a norma CEI 61850 não apresentar qualquer tipo de normalização para os LD's (ficando ao critério do fabricante a nomenclatura), é apresentada uma sugestão de normalização baseada na estrutura do endereço lógico normalizado pela EDP associado ao SCADA:

Tabela 5.10: Normalização de Dispositivos Lógicos

AG	TI	N	P	P	P	P
Área Geográfica	Tipo de Instalação	Nível de Tensão	Painel			

Os TAG's a utilizar devem ser os mesmos que os normalizados para o endereço lógico normalizado pela EDP associado ao SCADA e apresentados nas Tabelas 5.7 e 5.8.

Relativamente ao painel deve ser utilizada uma nomenclatura:

PXXX, em que XXX = número identificativo do Painel

5.3.2 Normalização dos Nós Lógicos e respetivos Atributos

A normalização de Nós Lógicos e respetivos Atributos segundo a norma CEI 61850, resultou na criação de uma lista de referências a ser utilizada para cada Sinalização, Comando e Medida de um IED para um Painel Tipo de Média Tensão. Os LN's associados a cada função estarão também associados ao descritivo SCADA.

De forma a facilitar a interpretação por parte dos técnicos e engenheiros da Operadora da Rede de Distribuição dos Nós Lógicos Genéricos (GGIO's), foi utilizado como sufixo do Nó Lógico o Descritivo SCADA (Objeto e Atributo) associado à sinalização/medida/comando. No caso de funções que utilizem o mesmo Nó Lógico e tipo de Atributo, foi adicionado um prefixo ou sufixo de forma a ser possível distingui-los. Esta normalização foi executada de acordo com a Norma CEI 61850, que permite a utilização de prefixos e sufixos associados aos Nós Lógicos.

Com base nos Nós Lógicos definidos pela Norma CEI 61850 (apresentados no Anexo F e na Norma CEI 61850-7-4 [13] , assim como nos respetivos atributos [15]) e nos estados de cada uma das funções (Anexo G) foram elaboradas as seguintes listas:

Tabela 5.11: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções do Disjuntor

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
BLOCO DISJUNTOR	dtsignnxx-DJBLC	LD/CSWIDJBLC\$ST\$Pos\$stVal
BLOCO DISJUNTOR 1	dtsignnxx-D1BLC	LD/CSWID1BLC\$CO\$Pos\$stVal
BLOCO DISJUNTOR 2	dtsignnxx-D2BLC	LD/CSWID2BLC\$CO\$Pos\$stVal
CIRCUITO COMANDO DISJ	dtsignnxx-DJFCD	LD/GGIODJFCD\$ST\$Ind\$stVal
DESL FREQUENCIA DISJ	dtsignnxx-DFDDJ	LD/GGIODFDDJ\$ST\$Ind\$stVal
DESL TENSAO DISJ	dtsignnxx-DTDDJ	LD/GGIODTDDJ\$ST\$Ind\$stVal
DISJ CA PAINEL	dtsignnxx-QAFP	LD/GGIOQAFP\$ST\$Ind\$stVal
DISJ CC COM CONTROLO	dtsignnxx-QCFRO	LD/GGIOQCFRO\$ST\$Ind\$stVal
DISJ CC FORCA MOTRIZ	dtsignnxx-QCFMT	LD/GGIOQCFMT\$ST\$Ind\$stVal
DISJ EM REE	dtsignnxx-DJREE	LD/GGIODJREE\$ST\$Ind\$stVal
DISJ ENERGIA CORTADA	dtsignnxx-DJAEG	LD/GGIODJAEG\$ST\$Alm\$stVal
DISJ FALHA PROT	dtsignnxx-DJFPR	LD/GGIODJFPR\$ST\$Alm\$stVal
DISJ PERM DESLIGAR	dtsignnxx-DJPDB	LD/CIODESL\$ST\$EnaOpn\$stVal
DISJ PERM LIGAR	dtsignnxx-DJPLB	LD/CIOLIG\$ST\$EnaCls\$stVal
DISJ TT CONT	dtsignnxx-0TDCT	LD/GGIO0TDCT\$CO\$SPCSO\$stVal
DISJ TT PROT	dtsignnxx-0TDPR	LD/GGIO0TDPR\$CO\$SPCSO\$stVal
DISJUNTOR	dtsignnxx-DJEST	LD/XCBR\$ST\$Pos\$stVal
DISJUNTOR 1	dtsignnxx-D1EST	LD/XCBR1\$CO\$Pos\$stVal
ESTADO PAINEL	dtsignnxx-XXPNE	LD/GGIOXXPNE\$ST\$Ind\$stVal
MOLAS DISJUNTOR	dtsignnxx-DJMOL	LD/GGIODJMOL\$ST\$Ind\$stVal
PESQ TERRAS DISJ	dtsignnxx-PQDDJ	LD/GGIOPQDDJ\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO DISJ	dtsignnxx-RLDDJ	LD/GGIORLDDJ\$ST\$Ind\$stVal

Tabela 5.12: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções de Máximo Intensidade

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
MAX FASE + MIH INST	dtsignnxxx-PRIHA	LD/ G GIOPRIHA\$ST\$Ind\$stVal
MAX FASE + MIH TEMP	dtsignnxxx-PRIHD	LD/ G GIOPRIHD\$ST\$Ind\$stVal
MAX FASE INST	dtsignnxxx-PRIIG	LD/ P IOC\$ST\$Str\$general
MAX FASE TEMP	dtsignnxxx-PRITE	LD/ P TOC\$ST\$Op\$general
MAX I>INST	dtsignnxxx-PRI1I	LD/N1 P IOC\$ST\$Str\$general
MAX I>TEMP	dtsignnxxx-PRI1T	LD/N1 P TOC\$ST\$Op\$general
MAX I»INST	dtsignnxxx-PRI2I	LD/N2 P IOC\$ST\$Str\$general
MAX I»TEMP	dtsignnxxx-PRI2T	LD/N2 P TOC\$ST\$Op\$general
MAX I»»INST	dtsignnxxx-PRI3I	LD/N3 P IOC\$ST\$Str\$general
MAX I»»TEMP	dtsignnxxx-PRI3T	LD/N3 P TOC\$ST\$Op\$general
MAX Io INST	dtsignnxxx-PRHIG	LD/ H PIOC\$ST\$Str\$general
MAX Io TEMP	dtsignnxxx-PRHTE	LD/ H PTOC\$ST\$Op\$general
MAX Io>INST	dtsignnxxx-PRH1I	LD/N1 H PIOC\$ST\$Str\$general
MAX Io>TEMP	dtsignnxxx-PRH1T	LD/N1 H PTOC\$ST\$Op\$general
MAX Io»INST	dtsignnxxx-PRH2I	LD/N2 H PIOC\$ST\$Str\$general
MAX Io»TEMP	dtsignnxxx-PRH2T	LD/N2 H PTOC\$ST\$Op\$general
MAX IoINST	dtsignnxxx-PRD1I	LD/N3 H PIOC\$ST\$Str\$general
MAX IoTEMP	dtsignnxxx-PRD1T	LD/N3 H PTOC\$ST\$Op\$general

Tabela 5.13: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com funções de Religação

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
FUNCAO RELIGACAO	dtsignnxxx-RLES-	LD/ R REC\$ST\$Auto\$stVal
FUNCAO RELIGACAO	dtsignnxxx-RLINI	LD/ R REC\$CO\$BlkRec\$ctVal
FUNCAO RELIGACAO	dtsignnxxx-RLBQ-	LD/ R REC\$CO\$BlkRec\$ctVal
RELIGACAO CICLO 1	dtsignnxxx-RLCC1	LD/ G GIORLCC1\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO CICLO 2	dtsignnxxx-RLCC2	LD/ G GIORLCC2\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO CICLO 3	dtsignnxxx-RLCC3	LD/ G GIORLCC3\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO DISJ	dtsignnxxx-RLDDJ	LD/ G GIORLDDJ\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO DISPARO	dtsignnxxx-RLDDF	LD/ G GIORLDDF\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO L1	dtsignnxxx-RLL1A	LD/ G GIORLL1A\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO L1+L2	dtsignnxxx-RL12A	LD/ G GIORL12A\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO LENTA 1	dtsignnxxx-RLRL1	LD/ G GIORLRL1\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO LENTA 2	dtsignnxxx-RLRL2	LD/ G GIORLRL2\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO PAINEL	dtsignnxxx-RLPNL	LD/ G GIORLPNL\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO PATR	dtsignnxxx-RLPTR	LD/ G GIORLPTR\$ST\$Ind\$stVal
RELIGACAO RAPIDA	dtsignnxxx-RLRR-	LD/ G GIORLRR\$ST\$Ind\$stVal

Tabela 5.14: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada sinalização, relacionada com outras funções

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
SECCIONADOR BARR	dtsiglnnxx-S0EST	LD/SOXSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR BARR1	dtsiglnnxx-S1EST	LD/S1XSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR BYPASS	dtsiglnnxx-SBEST	LD/SBXSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR CABO	dtsiglnnxx-L0EST	LD/L0XSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR ISOLAMENTO	dtsiglnnxx-SCEST	LD/SCXSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR LINHA	dtsiglnnxx-L0EST	LD/L0XSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SECCIONADOR TERRA	dtsiglnnxx-T0EST	LD/T0XSWSI\$ST\$Pos\$stVal
SINCRONIZACAO UPI	dtsiglnnxx-U1SIN	LD/GGIOU1SINI\$ST\$Ind\$stVal
SUPERVISAO CIRCUIT DESL	dtsiglnnxx-DJSVD	LD/GGIODJSVDI\$ST\$Alm\$stVal
SUPERVISAO CIRCUIT LIGAR	dtsiglnnxx-DJSVL	LD/GGIODJSVLI\$ST\$Alm\$stVal
TRANSFORMADOR DE TENSAO	dtsiglnnxx-0TBLC	LD/GGIO0TBLC\$ST\$DPCSO\$stVal
UNIDADE PAINEL	dtsiglnnxx-U1WDG	LD/GGIOU1WDG\$ST\$Ind\$stVal
PESQ TERRAS PAINEL	dtsiglnnxx-PQES	LD/GGIOPQES\$ST\$Ind\$stVal
PRESSAO SF6 N1	dtsiglnnxx-DJAS6	LD/N1SIMG\$ST\$PresAlm\$stVal
PRESSAO SF6 N2	dtsiglnnxx-DJES6	LD/N2SIMG\$ST\$InsTr\$stVal
PRESSAO SF6 PAINEL	dtsiglnnxx-DJES7	LD/PNLSIMG\$ST\$PresAlm\$stVal
PROT ARRANQUE A FRIO	dtsiglnnxx-PRFRO	LD/GGIOPRFRO\$ST\$Ind\$stVal
PROT DEFEITO FASE-FASE	dtsiglnnxx-PRDF	LD/GGIOPRDF\$ST\$Ind\$stVal
PROT DEFEITO FASE-TERR	dtsiglnnxx-PRDT	LD/GGIOPRDT\$ST\$Ind\$stVal
PROT TERRAS RESIST INST	dtsiglnnxx-PRETA	LD/PTRPIOC\$ST\$Str\$general
PROT TERRAS RESIST TEMP	dtsiglnnxx-PRETD	LD/PTRPTOC\$ST\$Op\$general
PROTECCOES (AGRUPAMENTO)	dXsiglnnxx-PRPE	LD/GGIOPREPE\$ST\$Ind\$stVal
REE DISCORDANTE	dtsiglnnxx-XXSRE	LD/GGIOXXREE\$ST\$Alm\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-PRREN	LD/GGIOPRREN\$ST\$IntIn\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-PRREA	LD/GGIOPRREA\$ST\$IntIn\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-PRREB	LD/GGIOPRREB\$ST\$IntIn\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-PRREN	LD/GGIOPRREN\$ST\$IntIn\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-XXREE	LD/GGIOXXREE\$ST\$Ind\$stVal
REGIME EXPLORACAO	dtsiglnnxx-XXREE	LD/GGIOXXREE\$ST\$DPCSO\$stVal
REGIME NEUTRO	dtsiglnnxx-PRXNI	LD/GGIOPRXNI\$ST\$Ind\$stVal
MODO FUNCION PAINEL	dtsiglnnxx-XXCLD	LD/GGIOXXCLD\$ST\$DPCSO\$stVal
MODO FUNCION PAINEL	dtsiglnnxx-XXCLD	LD/GGIOXXCLD\$ST\$DPCSO\$stVal
MODO FUNCION PAINEL	dtsiglnnxx-XXCLD	LD/GGIOXXCLD\$ST\$Ind\$stVal
MODO FUNCION PAINEL	dtsiglnnxx-XXCLD	LD/GGIOXXCLD\$ST\$Ind\$stVal
ARCO INTERNO BARR	dtsiglnnxx-PRNA	LD/SARCBARR\$ST\$FADet\$stVal
ARCO INTERNO CABOS	dtsiglnnxx-PRNCB	LD/SARCCB\$ST\$FADet\$stVal
ARCO INTERNO DISJ	dtsiglnnxx-PRNDJ	LD/SARCDJ\$ST\$FADet\$stVal
ARCO INTERNO PAINEL	dtsiglnnxx-PRNAI	LD/SARCPNL\$ST\$FADet\$stVal
COMUNICACAO UPI	dtsiglnnxx-U1FUP	LD/GGIOU1FUP1\$ST\$Ind\$stVal
COMUNICACAO UPI-BDD	dtsiglnnxx-U1FCH	LD/GGIOU1FCH\$ST\$Ind\$stVal
CONDUTOR DA LINHA	dtsiglnnxx-PRXCP	LD/GGIOPRXCP\$ST\$Ind\$stVal
DESL+REP FREQ ESCALAO	dtsiglnnxx-DFESC	LD/GGIODFESC\$ST\$Ind\$stVal

Tabela 5.15: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada função de Medida

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
CORRENTE	dtsiglnnxx-0II-	LD/MMXU\$MX\$A\$phsA\$cVal\$mag
CORRENTE FASE L2	dtsiglnnxx-0IIS-	LD/MMXU\$MX\$A\$phsB\$cVal\$mag
CORRENTE FASE L3	dtsiglnnxx-0IIT-	LD/MMXU\$MX\$A\$phsC\$cVal\$mag
CORRENTE HOMOP	dtsiglnnxx-0IIH-	LD/MMXU\$MX\$A\$neut\$cVal\$mag
DISJ Nº MANOBRAS	dtsiglnnxx-DJCTM	LD/XCBR\$ST\$OpCnt\$stVal
POTENCIA ACTIVA	dtsiglnnxx-0IP-	LD/MMXU\$MX\$TotW\$mag
POTENCIA REACTIVA	dtsiglnnxx-0IQ-	LD/MMXU\$MX\$TotVAr\$mag
REACT DEFEITO	dtsiglnnxx-DJZRA	LD/XRFLO\$MX\$FltZ\$cVal
RESIST DEFEITO	dtsiglnnxx-DJZRS	LD/RRFLO\$MX\$FltZ\$cVal

Tabela 5.16: Descritivo SCADA e possível solução de Normalização da Referência de cada função de Comando

Descritivo	TAG EDP - SCADA	Referência Normalizada
DESL+REP FREQ: 1º ESC	dtsiglnnxx-DFP22	LD/GGIODFP22\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP FREQ: 2º ESC	dtsiglnnxx-DFP32	LD/GGIODFP32\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP FREQ: DESL	dtsiglnnxx-DFP01	LD/GAPCDFP01\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP FREQ: DESL+REP	dtsiglnnxx-DFP02	LD/GAPCDFP02\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP FREQ: S/PROG	dtsiglnnxx-DFP00	LD/GAPCDFP00\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP TENS: DESL	dtsiglnnxx-DTP01	LD/GAPCDTP01\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP TENS: DESL+REP	dtsiglnnxx-DTP02	LD/GAPCDTP02\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DESL+REP TENS: S/PROG	dtsiglnnxx-DTP00	LD/GAPCDTP00\$CO\$SPCSO\$ctlVal
DISJUNTOR DESLIGAR	dtsiglnnxx-DJDES	LD/CSWI\$CO\$Pos\$ctlVal
DISJUNTOR LIGAR	dtsiglnnxx-DJLIG	LD/CSWI\$CO\$Pos\$ctlVal
DISJUNTOR ESTADO	dtsiglnnxx-DJDE-	LD/GGIODJDE\$SPCSO\$CO\$ctlVal
FUNCAO RELIGACAO	dtsiglnnxx-RLES-	LD/RREC\$ST\$Auto\$stVal
FUNCAO RELIGACAO	dtsiglnnxx-RLFS-	LD/RREC\$ST\$Auto\$stVal
PROGRAMA RELIG L1	dtsiglnnxx-RLP02	LD/GAPCRLP02\$CO\$SPCSO\$ctlVal
PROGRAMA RELIG L1+L2	dtsiglnnxx-RLP03	LD/GAPCRLP03\$CO\$SPCSO\$ctlVal
PROGRAMA RELIG RR	dtsiglnnxx-RLP04	LD/GAPCRLP04\$CO\$SPCSO\$ctlVal
PROGRAMA RELIG RR+L1	dtsiglnnxx-RLP06	LD/GAPCRLP06\$CO\$SPCSO\$ctlVal
PROGRAMA RELIG RR+L1+L2	dtsiglnnxx-RLP07	LD/GAPCRLP07\$CO\$SPCSO\$ctlVal
REGIME EXPLORACAO NORMAL	dtsiglnnxx-XXREN	LD/GGIOXXRENCO\$SPCSO\$ctlVal
REGIME EXPLORACAO REEA	dtsiglnnxx-XXREA	LD/GGIOXXREBCO\$SPCSO\$ctlVal
REGIME EXPLORACAO REEB	dtsiglnnxx-XXREB	LD/GGIOXXREBCO\$SPCSO\$ctlVal
SECC LINHA ABRIR	dtsiglnnxx-L0ABR	LD/L0XSWI\$CO\$Pos\$ctlVal
SECC LINHA FECHAR	dtsiglnnxx-L0FEC	LD/L0XSWI\$CO\$Pos\$ctlVal
PROT TERRA RESIST	BLOQUEAR	LD/GGIOPRETB\$CO\$SPCSO\$ctlVal
PROT TERRA RESIST	DESBLOQUEAR	LD/GGIOPRETD\$CO\$SPCSO\$ctlVal

De realçar que os GGIO's apenas foram utilizados para funções que não aparecem especificadas na Norma CEI 61850. Identificou-se que muitas das vezes existe um Nó Lógico (LN) associado à função, mas depois não existe nenhum Objeto de Dados contido nesse LN que a permita alocar, tendo que se recorrer aos GGIO's.

Esta lista poderá assim ser parte de um conjunto de requisitos à interoperabilidade entre IED's de fabricantes diferentes.

Capítulo 6

Conclusões e Perspetivas Futuras

6.1 Conclusões

A realização deste trabalho permitiu identificar os ensaios realizados atualmente pela Operadora da Rede de Distribuição a nível de Sistemas de Proteção Comando e Controlo. Com base em ensaios reais de manutenção realizados em Subestações da ORD, foi desenvolvido um Protocolo-Guia visando seguir as melhores práticas. Este protocolo de não preenchimento, com vantagem de não existir duplicação de informação (a informação fica registada nos relatórios de ensaios), pretende uniformizar a realização de ensaios nas diversas equipas de manutenção, garantir o cumprimento de todos os requisitos mínimos necessários e auxiliar na utilização de ferramentas OCC's.

Verificou-se que grande parte dos ensaios realizados atualmente são executados manualmente, através da ferramenta QUICKCMC, que apenas permite injetar correntes e tensões sem gerar um registo automático de eventos. De forma a uniformizar os ensaios realizados, foram desenvolvidos dois modelos de ensaios automatizados com recurso à mala OMICRON CMC-256-6. Esses modelos referem-se à proteção diferencial do Transformador de Potência (AT/MT) e à proteção de linha AT. Os modelos de ensaios automatizados permitem simplificar o processo e economizar tempo. Para isso, o modelo de ensaios deve ser preparado previamente de forma a não ser necessário configurar manualmente os módulos de teste no local de ensaio. No entanto, apesar de os modelos de ensaios serem vantajosos, devido às particularidades de cada painel, é necessário o desenvolvimento de um modelo de ensaios automatizados para cada Painel-Tipo.

Também foi possível constatar a dificuldade atual na obtenção da interoperabilidade entre IED's em Subestações da Rede de Distribuição, devido à ambiguidade presente nas especificações da Norma CEI 61850. Esta ambiguidade fez com que diferentes fabricantes de Sistemas de Proteção, Comando e Controlo interpretassem a Norma de forma diferente, traduzindo-se em diferentes implementações nos seus produtos.

Aspetos como a utilização excessiva de LN's genéricos (GGIO), que dificultam a interpretação por parte dos técnicos e engenheiros da ORD (eliminando a capacidade de efetuar configurações automáticas), assim como as várias formas de implementação ao nível dos Nós Lógicos e respectivos Atributos, correspondem a dificuldades na obtenção de interoperabilidade. Nesta medida,

verificou-se a importância da definição de uma lista de requisitos a ser apresentada ao fabricantes por parte do Operador da Rede de Distribuição, que especifique o que é pretendido ao nível da Norma CEI 61850.

Para que tal seja possível, foi proposta no âmbito da tese, uma abordagem (inicial) que inclui a definição de requisitos a incluir numa futura normalização a ser solicitada pelo ORD a todos os fornecedores de SPCC's.

6.2 Trabalhos Futuros

Como possíveis trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento de um modelo de ensaios completo para todos os Painéis Tipo da Operadora da Rede de Distribuição portuguesa, com recurso à tecnologia OMICRON *Control Center*. Considerando que a Norma CEI 61850 está a ser cada vez mais aplicada nas subestações, esse modelo de ensaios poderia contemplar os módulos destinados ao ensaio de equipamentos ao abrigo da Norma.

No seguimento do trabalho realizado na normalização dos Nós Lógicos e respetivos Atributos de Dados para as funções de um Painel Tipo de Média Tensão, seria necessário efetuar o mesmo trabalho para os restantes Painéis da Operadora da Rede de Distribuição. Sendo que este seria um trabalho bastante extenso, dada a quantidade de funções existentes, verifica-se a necessidade de um esforço e compromisso entre o Operador da Rede de Distribuição e os fabricantes.

Outra questão é a importância dos testes de interoperabilidade. A interoperabilidade não tem sido fácil de implementar em SAS com equipamentos de fabricantes distintos, devido às visões um pouco diferentes da norma CEI 61850 e respetivos requisitos de fabricante para fabricante. Para atingir a verdadeira interoperabilidade, é fundamental a definição de testes de interoperabilidade já com os requisitos propostos pela Operadora da Rede de Distribuição.

Anexo A

Protocolo-Guia de Ensaio por Painel Tipo

A.1 Verificações Gerais para todos os Painéis

Nesta secção foi tida em consideração todos os fatores a ter em atenção antes da realização do ensaio a cada um dos painéis, assim como as verificações que devem ser efetuadas após o ensaio.

Verificações e cuidados a ter antes da realização do ensaio:

1. *Check-in* na Subestação através da aplicação móvel;
2. Deverá ser prevista a instalação de módulos de teste que permitam a execução de ensaios às diferentes funções de proteção, com interrupção das ordens de disparo, fecho das correntes provenientes dos TI's e interrupção das tensões provenientes dos TT's;
3. Verificação do funcionamento dos comutadores:
 - Local/distância;
 - Regimes de funcionamento: Regime Normal de Exploração (RNE) e Regime Especial de Exploração (REE) A e B;
 - TPL (Ligar/Desligar);
4. Confirmar medidas através do Posto de Comando Local (PCL) ou amperímetro (injetar por exemplo 1 A de formar a conferir a relação de transformação dos TI's);

Cuidados a ter após a realização do ensaio:

1. Conferir ligações;
2. Repor alterações efetuadas nos *settings* do painel;
3. Repor alterações efetuadas no PCL;
4. Efetuar chamada para o Despacho para confirmação de estados:

- Com o comutador em modo Local, verificar que o disjuntor não liga com comando enviado à distância (pelo Despacho);
- Com o comutador em REEA/REEB verificar que o disjuntor não fecha com comando enviado à distância (pelo Despacho);

A.1.1 Painel de Linha AT

- Colocar o painel em modo ensaio;
- Colocar função diferencial de barramento de 60 KV F/S quando aplicável;
- **PTR (Máximo de Intensidade Homopolar de Terras Resistentes)**
 - A atuação desta função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel de linha AT;
 - Verificar que função de proteção se encontra fora de serviço em RNE;
 - Verificar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção e respetivo tempo;
 - Com o comutador em REE, inserir pontos de teste para o nível de atuação regulado na proteção ($I_{0>}$), de forma a verificar se a proteção está a atuar na gama correta;
- **MIF (Máximo Intensidade de Fase)**
 - A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel de linha AT;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção e respetivo tempo;
 - Para os dois níveis de atuação regulados na proteção ($I_{>}$, $I_{>>}$), inserir pontos de teste para cada combinação possível de defeito fase-fase e para um defeito trifásico para verificar se a proteção está a atuar na gama e tempo correto. Em REE o tempo de atuação deve ser instantâneo e em RNE temporizado (de acordo com o regulado na proteção) ³;

³Dependendo do projeto da subestação, em REE a atuação da proteção pode ser também temporizada

- **MIHD (Máximo de Intensidade Homopolar Direcional de Terras):**

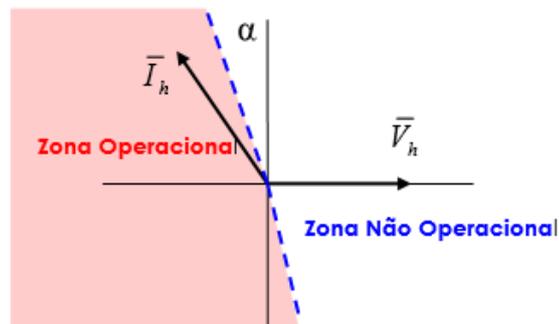


Figura A.1: Característica Operacional de uma Proteção de MIHD

- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel de linha AT;
- Verificar valores de atuação da proteção, nomeadamente: Tensão de Polarização, Corrente de Arranque e ângulo (U/I);
- Verificar que o tempo de atuação de proteção é temporizado para RNE (conforme regulado na proteção) e instantâneo em REE;

- **DIST (Proteção de Distância):**

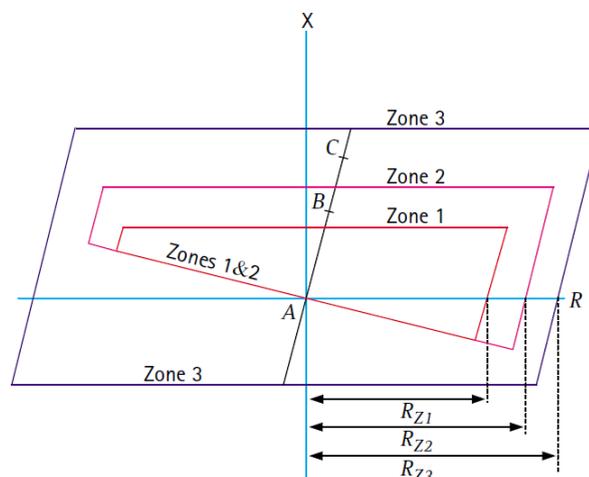


Figura A.2: Característica de Funcionamento da Proteção Distância

- Função de proteção com característica de funcionamento poligonal, com cinco escalões de medida direcionais;
- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel de linha AT;

- Em RNE:
 - * Verificar que ocorre disparo definitivo em Z2, Z3 e Z4;
 - * Verificar função de automatismo religação em Z1 e Zalongamento;
 - * Verificar que o tempo de atuação da proteção é instantâneo em Z1 e Zalongamento e temporizada nas restantes (conforme regulado na proteção);
- Em REE:
 - * Verificar que ocorre disparo definitivo em todas as zonas (função de automatismo religação F/S);
 - * Verificar que o tempo de atuação da proteção é instantâneo em Z1 e Z2;
- Outras verificações:
 - * Bloqueio da função de proteção de distância por disparo do Disjuntor de TT's;
 - * Disparo definitivo quando não existem condições de sincronismo (confirmar valores de desvio regulados na proteção para permissão de fecho com sincronismo automático: desvio máximo de ângulo entre tensão de barra e linha, desvio máximo de ângulo entre tensão de barra e linha e desvio máximo de frequência);
 - * Disparo definitivo em Z1 e Zalongamento com avaria do disjuntor;
 - * Disparo definitivo em todas as zonas quando a função de automatismo religação se encontra F/S;

● Condutor Partido

- Esta função de proteção não provoca disparos mas sim sinalizações para o Centro de Comando (CC) e para o Posto de Comando Local (PCL);

● DIFL (Diferencial de linha):

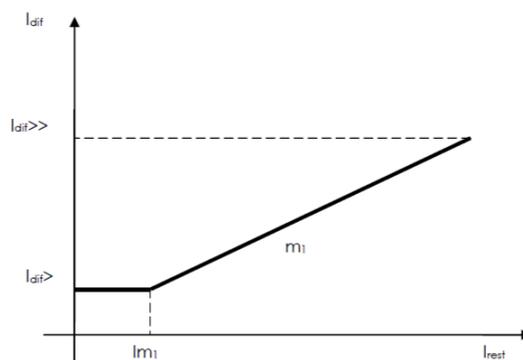


Figura A.3: Característica de Funcionamento da Proteção Diferencial de Linha

- O relé deverá atuar caso a corrente entre a entrada e saída, exceda um valor pré-definido (amplitude e/ou fase);
- Bloqueio de Z1 e Zalongada da proteção de distância sempre que as comunicações estiverem ativas;
- Ativação de Z1, Zalongamento, Z2 e Z3 da proteção de distância por falha de comunicações;
- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel de linha AT do próprio e do painel a montante por comunicação;

- **SOTF (*Switch On To Fault*)**

- Após uma ordem de fecho manual do disjuntor e durante 600 milissegundos, a função SOTF mantém-se ativa dando origem a um disparo não temporizado na presença de qualquer arranque da função DIFL, DIST ou MI. Além do envio de disparo, inibe nova tentativa manual durante 5 minutos e informa o operador da ocorrência de um fecho sobre defeito.

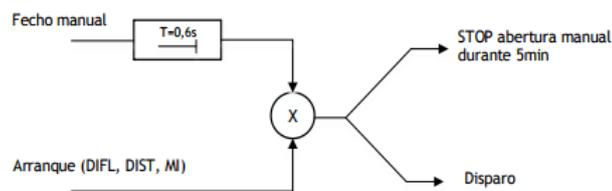


Figura A.4: Esquema do princípio operacional da função SOTF

- **Supervisão em REE**

- A linha sai instantaneamente de serviço quando ocorre uma avaria interna no equipamento de proteção (*watchdog*);

Tabela A.1: Sinalizações, Comandos e Medidas Verificar no Painel de Linha AT

SPCC				
SINALIZAÇÕES			COMANDOS	MEDIDAS
Comutador Local/Dist.	Disj.Falha	MIFi	Disj. Lig/Desl.	I
RNE E.S./F.S.	Disj. Ligado/Desl.	MIFt	RNE/REE	V
REE ES/FS	Bloco Disj. Int./Ext.	MIHdi	Sinc.Man/Aut	P
Relig ES/FS	Disj. Mola Frouxa	MIHdt	Sinc.Bloqueio	Q
Condutor Partido	Secc Bypass Ab/Fe	PTR	Secc.Terra Ab/Fe	-
PN em ensaio	Alarme SF6	WD Prot	Secc.Linha Ab/Fe	-
Relig. em curso	Disp./Enc. SF6	Arranque PD	Secc. Barr1 Ab/Fe	-
Tensão linha aus.	Disj. TT's Linha Disparo	Defeito FF	Secc. Barr2 Ab/Fe	-
Tensão linha pres.	Disj. TT's Barr. Disparo	Defeito FT	-	-
Sinal GPS	Falha SAAC	Defeito Z1	-	-
Sinc.Manual/Aut.	Transf. de Proteções	Defeito Z2	-	-
Falha Sincronismo	Recepção Teleprotec.	Defeito Z3	-	-
-	-	SOFT	-	-

A.1.2 Painel de Barras AT

- **Diferencial de Barramento**

- A realização deste ensaio implica colocar a subestação F/S. Habitualmente estes ensaios são realizados na fase de comissionamento.

- **mU (Mínimo de Tensão):**

- Esta função de proteção deverá ter dois níveis distintos ($U_{<}$, U_{\ll}) de deteção de mínimo de tensão, sendo um deles utilizado para o deslastre e o outro para a normalização da tensão (destinada à reposição);
- A atuação desta função de proteção deverá desencadear a função de automatismo “deslastre por falta de tensão/reposição por regresso de tensão”, em que o deslastre desliga os painéis de linha AT configurados como saídas e os TP's e o relastre apenas ligam os painéis de linha AT (os TP's têm de ser ligados manualmente);

Tabela A.2: Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Barras AT

SPCC				
SINALIZAÇÃO			COMANDO	MEDIDAS
Local/Distância	Encravamento SF6	U <	Disj. Lig/Desl.	I
Tens. Barr Pres/Aus	Falha de Sinc.	U«	Secc. Terra Ab/Fe	U
Tens. Barr 1A Pres/Aus	Prot. em ensaio	Prot. Ensaio	Secc. Barr 1A Ab/Fe	P
Tens. Barr 2A Pres/Aus	Secc.Terra Ab/Fe	-	Secc. Barr 2A Ab/Fe	-
Tens. Barr 1B Pres/Aus	Secc. Barr. 1A Ab/Fe	-	Secc. Barr 1B Ab/Fe	-
Tens. Barr 2B Pres/Aus	Secc. Barr. 2A Ab/Fe	-	Secc. Barr 2B Ab/Fe	-
Disj. Inter Barr Ab/Fe	Secc. Barr. 1B	-	Sinc. Man/Aut	-
Disj. Inter Barr Ins./Ext	Secc. Barr. 2B	-	-	-
Prot. FS/ES/Ens.	Secc. Barr. 1	-	-	-
Prot. Bloq./Desblq	Secc. Barr. 2	-	-	-
Disp. Disj. TT's B 2B	Disp. Disj. TT's B 1A	-	-	-
Disj. Mola Frouxa	Disp. Disj. TT's B 2A	-	-	-
Disj. Falha	Disp. Disj. TT's B 1B	-	-	-
Disp. Disj. CA	Disp. Disj. TT's B 2B	-	-	-
Disp. Disj. CC	Alarme SF6	-	-	-
Sinal GPS	-	-	-	-

A.1.3 Painel Transformador de Potência AT/MT

1. Colocar painel em modo ensaio;
 2. Deve ser garantida a actuação do nível de atuação “Disparo” das proteções próprias indicadas sobre os disjuntores de AT e MT do Transformador de Potência, respectivamente Painel de Transformador de Potência AT/MT e Painel Chegada MT (ensaios realizados pelo Departamento de Energia)
 - Proteção Buchholz (dois níveis: alarme e disparo);
 - Proteção Imagem Térmica (dois níveis: alarme e disparo);
 - Proteção Sobrepressão (um nível: disparo);
 - Proteção Nível de óleo (nível baixo - alarme e nível alto - disparo);
 - Proteção Temperatura (dois níveis: alarme e disparo);
 - Proteção Câmara Comutação - Regulador de Tensão em carga (um nível: disparo) ;
- **MIF (Máximo Intensidade de Fase) do lado AT:**
 - A actuação da função de proteção deve desencadear a abertura dos disjuntores do TP do lado AT e MT;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção e respetivo tempo;

- Para os dois níveis de atuação regulados na proteção ($I_{>}$, $I_{>>}$), inserir pontos de teste para cada combinação possível de defeito fase-fase e para um defeito trifásico para verificar se a proteção está a atuar na gama correta.

- **MIF (Máximo Intensidade de Fase) do lado MT:**

- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura dos disjuntores do TP do lado MT ⁴;
- Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção e respetivo tempo;
- Para o nível de atuação regulados na proteção ($I_{>}$), inserir pontos de teste para cada combinação possível de defeito fase-fase e para um defeito trifásico para verificar se a proteção está a atuar na gama correta.

- **PDIF (Proteção Diferencial):**

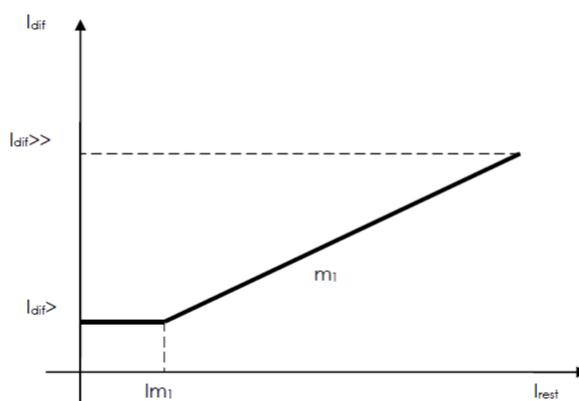


Figura A.5: Característica de Funcionamento da Proteção Diferencial do Transformador

- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do TP do lado AT e MT instantaneamente;
- A função de proteção diferencial deverá efetuar internamente a compensação da amplitude e de fase dos valores de intensidade de corrente a comparar.
- Verificar que em caso de atuação da função de proteção a ordem de ligar fica inibida;

⁴Salvaguarda : dependendo da eletrificação, também pode abrir o lado AT

Tabela A.3: Sinalizações a Verificar no Transformador de Potência AT/MT

SPCC				
SINALIZAÇÕES			COMANDOS	MEDIDAS
Local/Dist	Disj. Ab/Fe	MIFi	Disj. Desl.	I
WD Prot	Disj. Int/Ext	MIFt	Disj. Ligar	P
Falha SACC	Disj. MOL.Tensa	Disp. Dif.	Reg. Aut.	-
PN Ensaio	Disj.MOL.Frouxa	PN Enc.	Reg. Manual	-
Alarme SF6	Secc. B2 Ab/Fe	Cuba Al.	Reg. Subir	-
Bloqueio SF6	Secc. Isol. Ab/Fe	Cuba Disp.	Reg. Descer	-
Falta CA Vent	Secc. B1 Ab/Fe	Regulador -5%	Secc. Isol Ab/Fe	-
Disp.Disj.Vent	Nível Óleo Al	Reg Normal	Secc. B1 Ab/Fe	-
Bulcholz Al	Nível Óleo Disp.	Discord. Tom	Secc. B2 Ab/Fe	-
Bulcholz Disp.	Img.Térm Al	Bloqueio Disj.	Regulador -5%	-
Temp. Alarme	Img.Térm.Disp	Dif bloq Bypass	Reg Normal	-
Temp. Disp.	Desc Cuba Al	-	-	-
Sobrepresão Al	Desc. Cuba Disp.	-	-	-
Sobrepresão Disp	-	-	-	-

A.1.4 Painel de Barras MT

- Colocar painel em modo ensaio;
- **PHB (Máxima Intensidade Homopolar de Barras):**
 - A atuação da função de proteção origina o disparo do TP ligado ao semibarramento em que se detetou o defeito;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção e respetivo tempo;
 - Inserir pontos de teste para o nível de atuação regulado na proteção ($I_{0>}$) de forma a verificar se a proteção está a atuar na gama correta;
- **mU (Mínimo de Tensão)**
 - A função de proteção de frequência deve estar F/S em todos os painéis;
 - Colocar função regulação de tensão em estado manual;
 - Colocar Bateria de Condensadores F/S ;
 - Verificar se a proteção atua na gama e tempos regulados para diferentes pontos de ensaio ($U<$, $U\ll$);
 - A atuação desta função de proteção deve desencadear a função de automatismo deslastre por mínimo de tensão MT/ reposição por normalização da tensão;

● **MU (Máximo de Tensão):**

- A função de proteção de frequência deve ser colocada F/S;
- Colocar função regulação de tensão em estado manual;
- A atuação desta função de proteção coloca a Bateria de Condensadores F/S instantaneamente.
- Se a proteção se mantiver ativa durante certo período de tempo regulado na proteção, provoca o disparo do TP (abertura do disjuntor do TP do lado AT e MT);
- Verificar se a proteção atua na gama e tempos regulados para diferentes pontos de ensaio (U>, U»);

● **mF (Mínimo de Frequência):**

- A função de tensão e a bateria de condensadores devem ser colocadas F/S em todos os painéis;
- Colocar função regulação de tensão em estado manual;
- Funciona em 2 escalões de atuação regulados separadamente. Cada escalão dispõe de saídas separadas de mínimo (normalização) da frequência. Inserir pontos de teste para ambos os escalões de forma a verificar se a proteção atua na gama e tempo correto.
- Automatismos: deslastre por mínimo de frequência / reposição por normalização de frequência ⁵;

Tabela A.4: Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Barras MT

SPCC				
SINALIZAÇÕES			COMANDOS	MEDIDAS
Local/Dist	Disj. Lig/Desl.	P.H.B.i	Disj. Desl.	I
WD MIF/MIH	Disj. Intro/Extr.	P.H.B.t	Disj. Ligar	P
WD DTR	TT Intro/Extr.	MU Arranque	-	-
WD PH B	Disp. TT Med.	MU Disparo	-	-
WD U B	Disp. TT Prot.	mU Arranque	-	-
PN Ensaio	Disj. MOL Frouxas	mU Disparo	-	-
Temp TSA	Alarme SF6	-	-	-
Temp RN	Secc. Terra Ab/Fe	-	-	-
Bulch AL RN	Secc. TSA Ab/Fe	-	-	-
Bulch Disp RN	Secc. RN Ab/Fe	-	-	-
Falha CC Comand.	Al. Nível Óleo	-	-	-
Falha CC Proteção	Disparo Sobpressão	-	-	-
Falha CC Força Motr.	Disparo Temp.	-	-	-
-	Secc. Barras Ab/Fe	-	-	-

⁵Relastre é efetuado pelo operador

A.1.5 Painel da Bateria de Condensadores

- Colocar o painel em modo ensaio;
- **Desequilíbrio de Neutro**
 - Esta função deve atuar especificamente sobre o disjuntor do escalão onde se verifica um desequilíbrio;
 - Quando ocorre disparo desta função de proteção, o disjuntor fica bloqueado;
 - Devem ser inseridos pontos de teste para determinar corrente de alarme e corrente de disparo do disjuntor de cada escalão da bateria de condensadores ($I_{0>}$ e $I_{0\gg}$);
- **MIF (Máximo Intensidade de Fase)**
 - A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do painel da bateria de condensadores;
 - Para os dois níveis de atuação regulados na proteção ($I_{>}$, I_{\gg}), inserir pontos de disparo para cada combinação possível de defeito fase-fase e para um defeito trifásico e verificar o tempo de atuação da proteção;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção;
- **MIH (Máximo de Intensidade Homopolar):**
 - A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor do escalão associado e do disjuntor do painel da bateria de condensadores;
 - Para o nível de atuação da proteção ($I_{0>}$), inserir pontos de teste de forma a verificar se a proteção está a atuar na gama e tempo correto;

Tabela A.5: Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel da Bateria de Condensadores

SPCC				
SINALIZAÇÕES			COMANDOS	MEDIDAS
Local/Dist.	Disj. Int/Ext	MIFi	Disj. Lig/Desl.	I
Disj.Lig/Desl.	Disj.Mol.Frx.	MIFt	Disj.Esc__Lig/Desl.	-
Disj.Esc_Desl/Ligar	Alarme SF6	MIHi	Disj.Esc__Lig/Desl.	-
Disj.Esca_Desl/Ligar	Disp./Enc. SF6	MIHt	-	-
WD Prot.	Alarme Esc_SF6	Desiq Esc_	-	-
PN em ensaio	Alarme Esc_SF6	Desiq Esc_	-	-
Falha SACC	-	Enc. Ligar_	-	-
Tem. Descarga	-	Enc. Ligar_	-	-

A.1.6 Painel de Linha MT

- Colocar o painel em modo ensaio;
- **MIF (Máximo de Intensidade de Fase):**
 - A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor da linha MT;
 - Em RNE funcionamento por tempo independente, temporizada;
 - Em REE (A e B) atuação da proteção instantânea;
 - Para os três níveis de atuação regulados na proteção ($I>$, $I>$, $I>>$), inserir pontos de teste para cada combinação possível de defeito fase-fase e para um defeito trifásico em cada um dos regimes (RNE, REEA, REEB) e verificar tempos de atuação da proteção;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção;
 - Verificar que o disjuntor não fecha manualmente em REE A e B; No caso de ligar as funções de proteção ficam bloqueadas durante 1s;
 - Em regime telecomandado o disjuntor não liga em REE A e B;
 - Verificar que o arranque desta função de proteção desencadeia a função de automatismo “religação rápida e/ou lenta de disjuntores” em RNE ; Nos regimes especiais (A e B) deve estar bloqueada;
- **MIH (Máximo Intensidade Homopolar):**
 - A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor da linha MT;
 - Em RNE funcionamento por tempo independente, temporizada ;
 - Em REE A atuação da proteção instantânea;
 - Para o nível de atuação regulado na proteção ($I0>$), inserir pontos de teste para cada um dos regimes (RNE, REEA) e verificar tempos de atuação da proteção;
 - Verificar que em REE B esta função de proteção se encontra bloqueada;
 - Determinar a corrente mínima de operação que despoleta o arranque da função de proteção;
 - Verificar que o disjuntor não fecha manualmente em REE A e B; No caso de ligar as funções de proteção ficam bloqueadas durante 1s;
 - Em regime telecomandado o disjuntor não liga em REE A e B;
 - Verificar que o arranque desta função de proteção desencadeia a função de automatismo “religação rápida e/ou lenta de disjuntores” em RNE ; Nos regimes especiais (A e B) deve estar bloqueada ;

- **MIHD (Máximo de Intensidade Homopolar Direcional)**

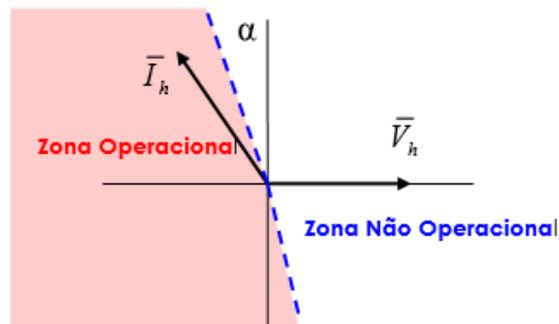


Figura A.6: Característica Operacional de uma Proteção de MIHD

- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor da linha MT;
- Verificar valores de atuação da proteção, nomeadamente: Tensão de Polarização, Corrente de Arranque e ângulo (U/I);
- Verificar que o arranque desta função de proteção desencadeia a função de automatismo “religação rápida e/ou lenta de disjuntores” em RNE ;

- **PTR (Máximo de Intensidade Homopolar de Terras Resistentes):**

- A atuação da função de proteção deve desencadear a abertura do disjuntor da linha MT;
- Inserir pontos de teste para $I_0 >$ de forma a verificar o correto funcionamento (atuação e tempos) em RNE;
- Verificar que a função de proteção PTR se encontra bloqueada em REE A e B;
- Verificar que o disparo da função PTR desencadeia o automatismo de "religação rápida e/ou lenta de disjuntores" em RNE;

- **Supervisão em REE**

- A linha sai instantaneamente de serviço quando ocorre uma avaria interna no equipamento de proteção (*watchdog*);

- **Condutor Partido**

- Esta função de proteção não provoca disparos mas sim sinalizações para o Centro de Comando (CC e Posto de Comando Local (PCL));

Tabela A.6: Sinalizações, Comandos e Medidas a Verificar no Painel de Linha MT

SPCC				
SINALIZAÇÕES			COMANDOS	MEDIDAS
Com. Local/Dist	Disj. Deslig/Lig	MIFi	Disj.Lig/Desl	I
RNE	Disj. Int/Ext	MIFt	RNE	P
REE A	Disj. MOL. Frouxa	MIHi	REE A	-
REE B	Alarme SF6/ Pressão	MIHt	REE B	-
WD PROT	Religação em Curso	MIHDi	Relig. ON/OFF	-
Condutor Partido	Disparo Definitivo	MIHDt	-	-
PN Ens.	Secc. Terra Ab/Fe	PTRi	-	-
Religador ES/FS	Falha de Tensão CA	PTRt	-	-
-	Falha CC com e Prot.	-	-	-
-	Falha CC Força Motriz	-	-	-

Anexo B

Relatório do Ensaio para a Proteção Diferencial do Transformador de Potência

Dispositivo de proteção:

Enrolamento de referência: Primary
Cálculo de lestab.: $(|I_p| + |I_s|) / K1$ ($K1 = 1,00$)
Eliminação de Seq. Zero: IL-I0
Corrente de referência: Corrente nominal do elemento protegido
TC Terra usado: Não

Idif>: 0,20 In
Idif>>: 10,00 In
tdif>: 0,03 s
tdif>>: 0,01 s
Itol rel: 5,00 %
Itol abs: 0,05 In
ttol rel: 1,00 %
ttol abs: 0,01 s

Defeito F-T:

Equipamento em teste - Parametros do Diferencial

Elemento protegido:

Elemento protegido: Transformador
Grupo vetorial: YD5

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
Tensão:	60,00 kV	15,75 kV
Potência:	31,50 MVA	31,50 MVA
Ponto de estrela à terra:	Não	Não
TC Conexão Delta:	Não	Não

TC:

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
TC - Corrente Prim.:	400,00 A	1600,00 A
TC - Corrente Sec.:	1,00 A	1,00 A
TC de Aterramento:	Em direção ao equip.prot.	Em direção ao equip.prot.
I prim. TC Aterr.:	200,00 A	800,00 A
I sec. TC Aterr.:	1,00 A	1,00 A
TC Aterr.:	n/d	n/d

Dispositivo de proteção:

Enrolamento de referência: Primary
Cálculo de lestab.: $(|I_p| + |I_s|) / K1$ ($K1 = 1,00$)
Eliminação de Seq. Zero: IL-I0
Corrente de referência: Corrente nominal do elemento protegido
TC Terra usado: Não
Desativar carac. comb.: Não

Idif>: 0,20 In
Idif>>: 10,00 In
tdif>: 0,03 s
tdif>>: 0,01 s
Itol rel: 5,00 %
Itol abs: 0,05 In
ttol rel: 1,00 %
ttol abs: 0,01 s

Módulo de teste

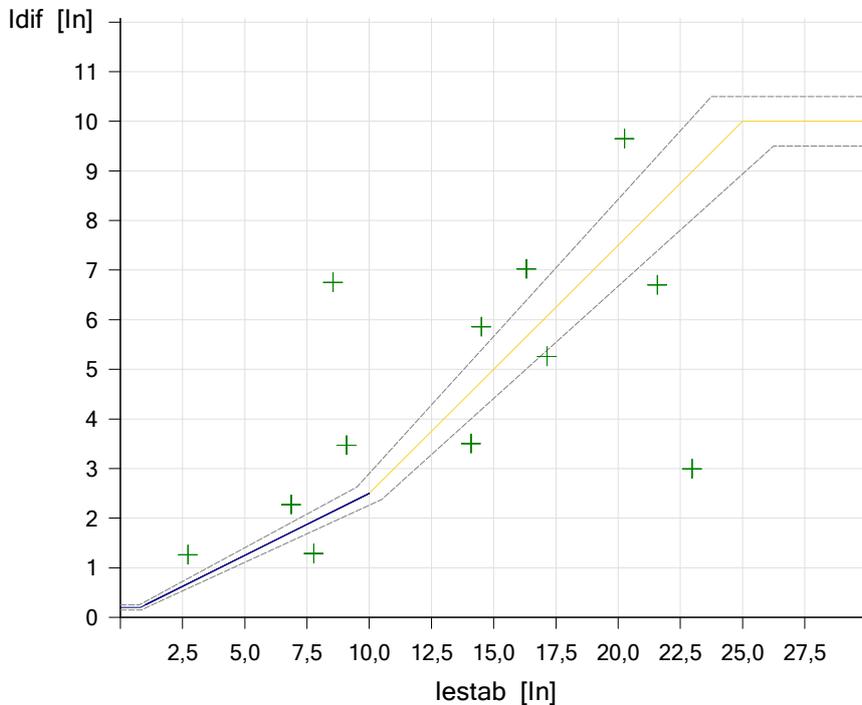
Nome: OMICRON Diff Operating Characteristic
Versão: 3.10
Início do teste: 12-jun-2017 15:01:50
Fim do Teste: 12-jun-2017 15:02:16
Nome do Usuário: Gerente:

Companhia:

Resultados do Teste para Falta Tipo L1-E No lado de referência Primary

Idif	lestab	t de Disparo Nominal	t de Disparo Real	Estado	Resultado
1,26 In	2,71 In	0,0300 s	0,0436 s	Testado	Aprovado
1,29 In	7,77 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
3,47 In	9,09 In	0,0300 s	0,0456 s	Testado	Aprovado
3,50 In	14,09 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
7,02 In	16,31 In	0,0300 s	0,0379 s	Testado	Aprovado
6,70 In	21,58 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
9,65 In	20,26 In	0,0300 s	0,0419 s	Testado	Aprovado
6,75 In	8,54 In	0,0300 s	0,0446 s	Testado	Aprovado
2,99 In	22,97 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
5,26 In	17,14 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
5,86 In	14,50 In	0,0300 s	0,0382 s	Testado	Aprovado
2,27 In	6,87 In	0,0300 s	0,0396 s	Testado	Aprovado

Diagrama da característica de operação



Disparo	1	2	3	4	5	6
Idif:	1,26 In	1,29 In	3,47 In	3,50 In	7,02 In	6,70 In
lestab:	2,71 In	7,77 In	9,09 In	14,09 In	16,31 In	21,58 In
I Primary L1:	1,504 A	3,433 A	4,759 A	6,665 A	8,839 A	10,715 A
Fase Primary L1:	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °
I Primary L2:	0,752 A	1,716 A	2,379 A	3,332 A	4,420 A	5,357 A
Fase Primary L2:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Primary L3:	0,752 A	1,716 A	2,379 A	3,332 A	4,420 A	5,357 A
Fase Primary L3:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Secondary L1:	0,453 A	2,025 A	1,756 A	3,309 A	2,903 A	4,650 A
Fase Secondary L1:	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °
I Secondary L2:	0,000 A					
Fase Secondary L2:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Secondary L3:	0,453 A	2,025 A	1,756 A	3,309 A	2,903 A	4,650 A
Fase Secondary L3:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Terciário L1:						
Fase Terciário L1:						
I Terciário L2:						

Fase Terciário L2: I Terciário L3: Fase Terciário L3:						
V L1: Fase L1: V L2: Fase L2: V L3: Fase L3:						
Disparo	7	8	9	10	11	12
Idif: Iestab:	9,65 In 20,26 In	6,75 In 8,54 In	2,99 In 22,97 In	5,26 In 17,14 In	5,86 In 14,50 In	2,27 In 6,87 In
I Primary L1: Fase Primary L1:	11,332 A -180,000 °	5,793 A -180,000 °	9,836 A -180,000 °	8,487 A -180,000 °	7,714 A -180,000 °	3,463 A -180,000 °
I Primary L2: Fase Primary L2:	5,666 A 0,000 °	2,897 A 0,000 °	4,918 A 0,000 °	4,244 A 0,000 °	3,857 A 0,000 °	1,732 A 0,000 °
I Primary L3: Fase Primary L3:	5,666 A 0,000 °	2,897 A 0,000 °	4,918 A 0,000 °	4,244 A 0,000 °	3,857 A 0,000 °	1,732 A 0,000 °
I Secondary L1: Fase Secondary L1:	3,316 A 180,000 °	0,559 A 180,000 °	6,244 A 180,000 °	3,713 A 180,000 °	2,700 A 180,000 °	1,438 A 180,000 °
I Secondary L2: Fase Secondary L2:	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °
I Secondary L3: Fase Secondary L3:	3,316 A 0,000 °	0,559 A 0,000 °	6,244 A 0,000 °	3,713 A 0,000 °	2,700 A 0,000 °	1,438 A 0,000 °
I Terciário L1: Fase Terciário L1: I Terciário L2: Fase Terciário L2: I Terciário L3: Fase Terciário L3:						
V L1: Fase L1: V L2: Fase L2: V L3: Fase L3:						

Estado do teste:

Teste aprovado

12 de 12 Pontos testados.

12 Pontos aprovados.

0 Pontos reprovados.

Defeito F-F:

Equipamento em teste - Parametros do Diferencial

Elemento protegido:

Elemento protegido: Transformador

Grupo vetorial: YD5

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
Tensão:	60,00 kV	15,75 kV
Potência:	31,50 MVA	31,50 MVA
Ponto de estrela à terra:	Não	Não
TC Conexão Delta:	Não	Não

TC:

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
TC - Corrente Prim.:	400,00 A	1600,00 A
TC - Corrente Sec.:	1,00 A	1,00 A
TC de Aterramento:	Em direção ao equip.prot.	Em direção ao equip.prot.
I prim. TC Aterr.:	200,00 A	800,00 A
I sec. TC Aterr.:	1,00 A	1,00 A
TC Aterr.:	n/d	n/d

Dispositivo de proteção:

Enrolamento de referência: Primary
Cálculo de Iestab.: $(|I_p| + |I_s|) / K1$ (K1 = 1,00)
Eliminação de Seq. Zero: IL-I0
Corrente de referência: Corrente nominal do elemento protegido
TC Terra usado: Não
Desativar carac. comb.: Não

Idif>:	0,20 In	tdif>:	0,03 s
Idif>>:	10,00 In	tdif>>:	0,01 s
Itol rel:	5,00 %	ttol rel:	1,00 %
Itol abs:	0,05 In	ttol abs:	0,01 s

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Diff Operating Characteristic	Versão:	3.10
Início do teste:	12-jun-2017 15:02:29	Fim do Teste:	12-jun-2017 15:02:59
Nome do Usuário:		Gerente:	
Companhia:			

Ajustes do teste:

Testando:	Primary / Secondary	Tempo de Atraso:	0,25 s
Max. Tempo de Teste:	1,50 s	Tempo de pré-falta:	0,000 s
Pré-falta:	Não	Enrolamento da Saída de Tensão:	Primary
Corrente de pré-falta:	0,00 In	Saída do enrolamento/derivação:	Primary
Saída de Tensão habilitada:	Não		
Acionado por trigger de tempo:	Não		

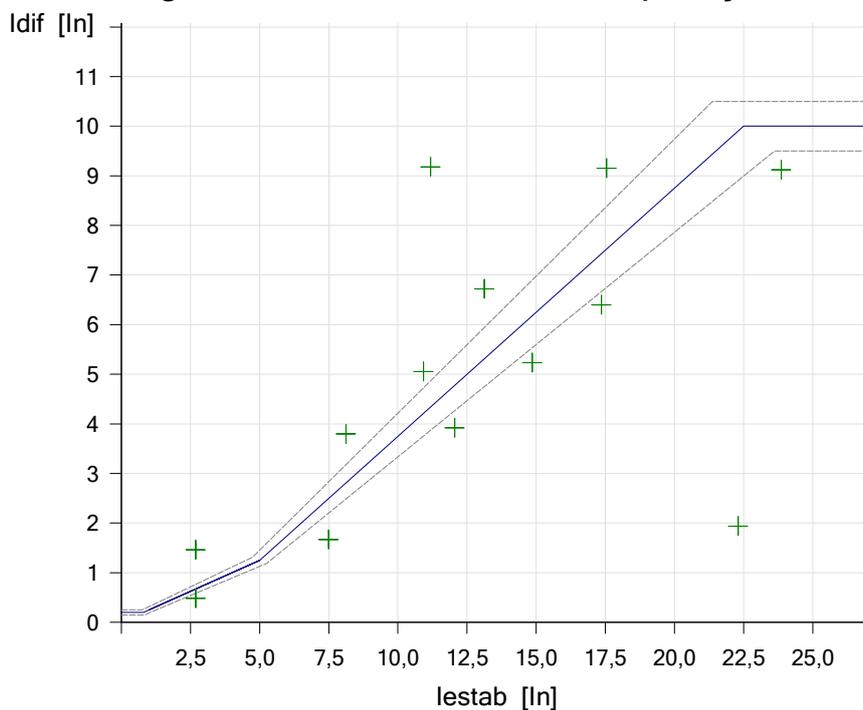
Saídas binárias

Saída bin. 1:	0
Saída bin. 2:	0
Saída bin. 3:	0
Saída bin. 4:	0

Resultados do Teste para Falta Tipo L1-L2 No lado de referência Primary

Idif	lestab	t de Disparo Nominal	t de Disparo Real	Estado	Resultado
1,46 In	2,69 In	0,0300 s	0,0391 s	Testado	Aprovado
1,67 In	7,49 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
3,80 In	8,12 In	0,0300 s	0,0465 s	Testado	Aprovado
3,92 In	12,05 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
6,72 In	13,12 In	0,0300 s	0,0437 s	Testado	Aprovado
6,40 In	17,36 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
9,15 In	17,55 In	0,0300 s	0,0358 s	Testado	Aprovado
9,12 In	23,86 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
9,18 In	11,18 In	0,0300 s	0,0371 s	Testado	Aprovado
1,94 In	22,30 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
5,05 In	10,93 In	0,0300 s	0,0440 s	Testado	Aprovado
5,23 In	14,86 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
0,48 In	2,69 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado

Diagrama da característica de operação



Disparo	1	2	3	4	5	6
Idif:	1,46 In	1,67 In	3,80 In	3,92 In	6,72 In	6,40 In
lestab:	2,69 In	7,49 In	8,12 In	12,05 In	13,12 In	17,36 In
I Primary L1:	1,572 A	3,471 A	4,516 A	6,051 A	7,517 A	9,002 A
Fase Primary L1:	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °
I Primary L2:	1,572 A	3,471 A	4,516 A	6,051 A	7,517 A	9,002 A
Fase Primary L2:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Primary L3:	0,000 A					
Fase Primary L3:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Secondary L1:	0,513 A	2,425 A	1,800 A	3,388 A	2,667 A	4,567 A
Fase Secondary L1:	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °	180,000 °
I Secondary L2:	0,256 A	1,213 A	0,900 A	1,694 A	1,333 A	2,283 A
Fase Secondary L2:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Secondary L3:	0,256 A	1,213 A	0,900 A	1,694 A	1,333 A	2,283 A
Fase Secondary L3:	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °	0,000 °
I Terciário L1:						
Fase Terciário L1:						
I Terciário L2:						
Fase Terciário L2:						
I Terciário L3:						
Fase Terciário L3:						

V L1: Fase L1:						
V L2: Fase L2:						
V L3: Fase L3:						
Disparo	7	8	9	10	11	12
Idif: lestab:	9,15 In 17,55 In	9,12 In 23,86 In	9,18 In 11,18 In	1,94 In 22,30 In	5,05 In 10,93 In	5,23 In 14,86 In
I Primary L1: Fase Primary L1:	10,116 A -180,000 °	12,496 A -180,000 °	7,714 A -180,000 °	9,184 A -180,000 °	6,055 A -180,000 °	7,612 A -180,000 °
I Primary L2: Fase Primary L2:	10,116 A 0,000 °	12,496 A 0,000 °	7,714 A 0,000 °	9,184 A 0,000 °	6,055 A 0,000 °	7,612 A 0,000 °
I Primary L3: Fase Primary L3:	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °	0,000 A 0,000 °
I Secondary L1: Fase Secondary L1:	3,500 A 180,000 °	6,142 A 180,000 °	0,833 A 180,000 °	8,483 A 180,000 °	2,450 A 180,000 °	4,013 A 180,000 °
I Secondary L2: Fase Secondary L2:	1,750 A 0,000 °	3,071 A 0,000 °	0,417 A 0,000 °	4,242 A 0,000 °	1,225 A 0,000 °	2,006 A 0,000 °
I Secondary L3: Fase Secondary L3:	1,750 A 0,000 °	3,071 A 0,000 °	0,417 A 0,000 °	4,242 A 0,000 °	1,225 A 0,000 °	2,006 A 0,000 °
I Terciário L1: Fase Terciário L1:						
I Terciário L2: Fase Terciário L2:						
I Terciário L3: Fase Terciário L3:						
V L1: Fase L1:						
V L2: Fase L2:						
V L3: Fase L3:						
Disparo	13					
Idif: lestab:	0,48 In 2,69 In					
I Primary L1: Fase Primary L1:	1,201 A -180,000 °					
I Primary L2: Fase Primary L2:	1,201 A 0,000 °					
I Primary L3: Fase Primary L3:	0,000 A 0,000 °					
I Secondary L1: Fase Secondary L1:	0,921 A 180,000 °					
I Secondary L2: Fase Secondary L2:	0,460 A 0,000 °					
I Secondary L3: Fase Secondary L3:	0,460 A 0,000 °					
I Terciário L1: Fase Terciário L1:						
I Terciário L2: Fase Terciário L2:						
I Terciário L3: Fase Terciário L3:						
V L1: Fase L1:						
V L2: Fase L2:						
V L3: Fase L3:						

Estado do teste:**Teste aprovado**

13 de 13 Pontos testados.

13 Pontos aprovados.

0 Pontos reprovados.

Defeito F-F-F:**Equipamento em teste - Parametros do Diferencial****Elemento protegido:**Elemento protegido: Transformador
Grupo vetorial: YD5

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
Tensão:	60,00 kV	15,75 kV
Potência:	31,50 MVA	31,50 MVA
Ponto de estrela à terra:	Não	Não
TC Conexão Delta:	Não	Não

TC:

Nome do enrolamento:	Primary	Secondary
TC - Corrente Prim.:	400,00 A	1600,00 A
TC - Corrente Sec.:	1,00 A	1,00 A
TC de Aterramento:	Em direção ao equip.prot.	Em direção ao equip.prot.
I prim. TC Aterr.:	200,00 A	800,00 A
I sec. TC Aterr.:	1,00 A	1,00 A
TC Aterr.:	n/d	n/d

Dispositivo de proteção:Enrolamento de referência: Primary
Cálculo de I_{estab.}: $(|I_p| + |I_s|) / K_1$ (K₁ = 1,00)
Eliminação de Seq. Zero: IL-I0
Corrente de referência: Corrente nominal do elemento protegido
TC Terra usado: Não
Desativar carac. comb.: Não

Idif>:	0,20 In	tdif>:	0,03 s
Idif>>:	10,00 In	tdif>>:	0,01 s
Itol rel:	5,00 %	ttol rel:	1,00 %
Itol abs:	0,05 In	ttol abs:	0,01 s

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Diff Operating Characteristic	Versão:	3.10
Início do teste:	12-jun-2017 15:03:12	Fim do Teste:	12-jun-2017 15:03:43
Nome do Usuário:		Gerente:	
Companhia:			

Ajustes do teste:

Testando:	Primary / Secondary	Tempo de Atraso:	0,25 s
Max. Tempo de Teste:	1,50 s	Tempo de pré-falta:	0,000 s
Pré-falta:	Não	Enrolamento da Saída de Tensão:	Primary
Corrente de pré-falta:	0,00 In	Saída do enrolamento/derivação:	Primary
Saída de Tensão habilitada:	Não		
Acionado por trigger de tempo:	Não		

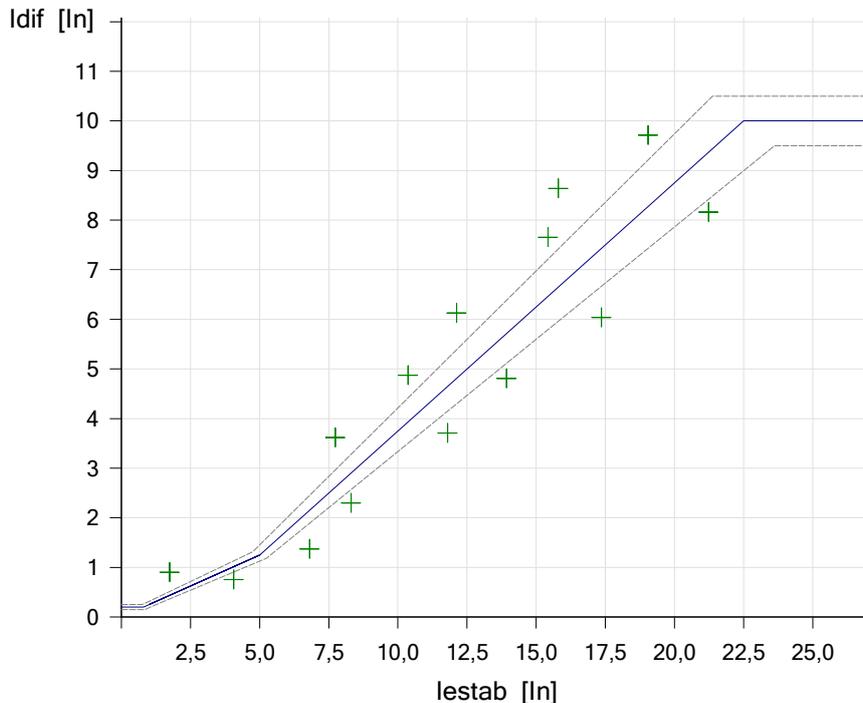
Saídas binárias

Saída bin. 1:	0
Saída bin. 2:	0
Saída bin. 3:	0
Saída bin. 4:	0

Resultados do Teste para Falta Tipo L1-L2-L3 No lado de referência Primary

Idif	lestab	t de Disparo Nominal	t de Disparo Real	Estado	Resultado
0,90 In	1,75 In	0,0300 s	0,0375 s	Testado	Aprovado
1,37 In	6,81 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
3,62 In	7,74 In	0,0300 s	0,0368 s	Testado	Aprovado
3,71 In	11,80 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
6,13 In	12,12 In	0,0300 s	0,0402 s	Testado	Aprovado
6,04 In	17,36 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
8,64 In	15,80 In	0,0300 s	0,0362 s	Testado	Aprovado
7,65 In	15,43 In	0,0300 s	0,0438 s	Testado	Aprovado
9,71 In	19,05 In	0,0300 s	0,0470 s	Testado	Aprovado
8,16 In	21,24 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
4,81 In	13,93 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
4,87 In	10,37 In	0,0300 s	0,0431 s	Testado	Aprovado
2,30 In	8,31 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado
0,75 In	4,06 In	N/R	N/R	Testado	Aprovado

Diagrama da característica de operação



Disparo	1	2	3	4	5	6
Idif:	0,90 In	1,37 In	3,62 In	3,71 In	6,13 In	6,04 In

Iestab:	1,75 In	6,81 In	7,74 In	11,80 In	12,12 In	17,36 In
I Primary L1:	1,004 A	3,099 A	4,304 A	5,877 A	6,915 A	8,866 A
Fase Primary L1:	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °
I Primary L2:	1,004 A	3,099 A	4,304 A	5,877 A	6,915 A	8,866 A
Fase Primary L2:	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °
I Primary L3:	1,004 A	3,099 A	4,304 A	5,877 A	6,915 A	8,866 A
Fase Primary L3:	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °
I Secondary L1:	0,307 A	1,963 A	1,487 A	2,919 A	2,161 A	4,085 A
Fase Secondary L1:	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °
I Secondary L2:	0,307 A	1,963 A	1,487 A	2,919 A	2,161 A	4,085 A
Fase Secondary L2:	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °
I Secondary L3:	0,307 A	1,963 A	1,487 A	2,919 A	2,161 A	4,085 A
Fase Secondary L3:	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °
I Terciário L1:						
Fase Terciário L1:						
I Terciário L2:						
Fase Terciário L2:						
I Terciário L3:						
Fase Terciário L3:						
V L1:						
Fase L1:						
V L2:						
Fase L2:						
V L3:						
Fase L3:						
Disparo	7	8	9	10	11	12
Idif:	8,64 In	7,65 In	9,71 In	8,16 In	4,81 In	4,87 In
Iestab:	15,80 In	15,43 In	19,05 In	21,24 In	13,93 In	10,37 In
I Primary L1:	9,260 A	8,745 A	10,897 A	11,139 A	7,100 A	5,774 A
Fase Primary L1:	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °	-180,000 °
I Primary L2:	9,260 A	8,745 A	10,897 A	11,139 A	7,100 A	5,774 A
Fase Primary L2:	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °	60,000 °
I Primary L3:	9,260 A	8,745 A	10,897 A	11,139 A	7,100 A	5,774 A
Fase Primary L3:	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °	-60,000 °
I Secondary L1:	2,584 A	2,807 A	3,370 A	4,720 A	3,291 A	1,985 A
Fase Secondary L1:	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °	-150,000 °
I Secondary L2:	2,584 A	2,807 A	3,370 A	4,720 A	3,291 A	1,985 A
Fase Secondary L2:	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °	90,000 °
I Secondary L3:	2,584 A	2,807 A	3,370 A	4,720 A	3,291 A	1,985 A
Fase Secondary L3:	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °	-30,000 °
I Terciário L1:						
Fase Terciário L1:						
I Terciário L2:						
Fase Terciário L2:						
I Terciário L3:						
Fase Terciário L3:						
V L1:						
Fase L1:						
V L2:						
Fase L2:						
V L3:						
Fase L3:						
Disparo	13	14				
Idif:	2,30 In	0,75 In				
Iestab:	8,31 In	4,06 In				
I Primary L1:	4,020 A	1,822 A				
Fase Primary L1:	-180,000 °	-180,000 °				
I Primary L2:	4,020 A	1,822 A				
Fase Primary L2:	60,000 °	60,000 °				
I Primary L3:	4,020 A	1,822 A				
Fase Primary L3:	-60,000 °	-60,000 °				
I Secondary L1:	2,169 A	1,194 A				
Fase Secondary L1:	-150,000 °	-150,000 °				
I Secondary L2:	2,169 A	1,194 A				

Fase Secondary L2:	90,000 °	90,000 °				
I Secondary L3:	2,169 A	1,194 A				
Fase Secondary L3:	-30,000 °	-30,000 °				
I Terciário L1:						
Fase Terciário L1:						
I Terciário L2:						
Fase Terciário L2:						
I Terciário L3:						
Fase Terciário L3:						
V L1:						
Fase L1:						
V L2:						
Fase L2:						
V L3:						
Fase L3:						

Estado do teste:

Teste aprovado

14 de 14 Pontos testados.

14 Pontos aprovados.

0 Pontos reprovados.

Anexo C

Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância em RNE, REE e com o Disjuntor dos TT's Desligado

Neste Anexo, é possível encontrar os relatórios dos três primeiros ensaios com o OCC para a proteção de distância da linha de Alta Tensão (AT) de Riba d'Ave da Subestação de Energia Elétrica (SE) de Caniços:

1. Ensaio com o painel em Regime Normal de Exploração (RNE);
2. Ensaio com o painel em Regime Especial de Exploração (REE);
3. Ensaio com o disjuntor dos TT's desligado;

Estes ensaios foram executados com o disjuntor aberto.

O segundo teste apresenta classificação de reprovado, no entanto a proteção está a atuar de forma correta. Para o defeito F-T, a proteção atua por MIH (Máximo Intensidade Homopolar), saindo todas as zonas de serviço instantaneamente (REE). Nos restantes defeitos (F-F e F-F-F), a função proteção de distância atua, saindo a Z1 e Z2 instantaneamente e as restantes zonas temporizadas. O teste apresenta a classificação de reprovado, uma vez que os tempos de disparo regulados nos ajustes de zona estão definidos para RNE (ficheiro RIO não exportou os tempos regulados para as zonas em REE).

O mesmo acontece com o terceiro ensaio. Quando o disjuntor dos TT's se encontra desligado, a função de proteção de distância deve ser bloqueada automaticamente. No primeiro teste (F-F), em RNE, a proteção atua ao fim de 1,75s por MIH. Nos restantes defeitos, a proteção não atua, uma vez que a proteção de distância se encontra bloqueada.



Group:7SA522

Group:PD

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em percentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Advanced Distance:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Equipamento em teste - Ajustes de Distância

Parametros do sistema:

Comprimento da linha: 1,000 Ω Ângulo da linha: 73,00 °
Conexão TP: na linha Ponto de Neutro do TC: Dir.linha
Correção da impedância 1A/I nom: Não
Impedância em valores primários: Não

Tolerâncias:

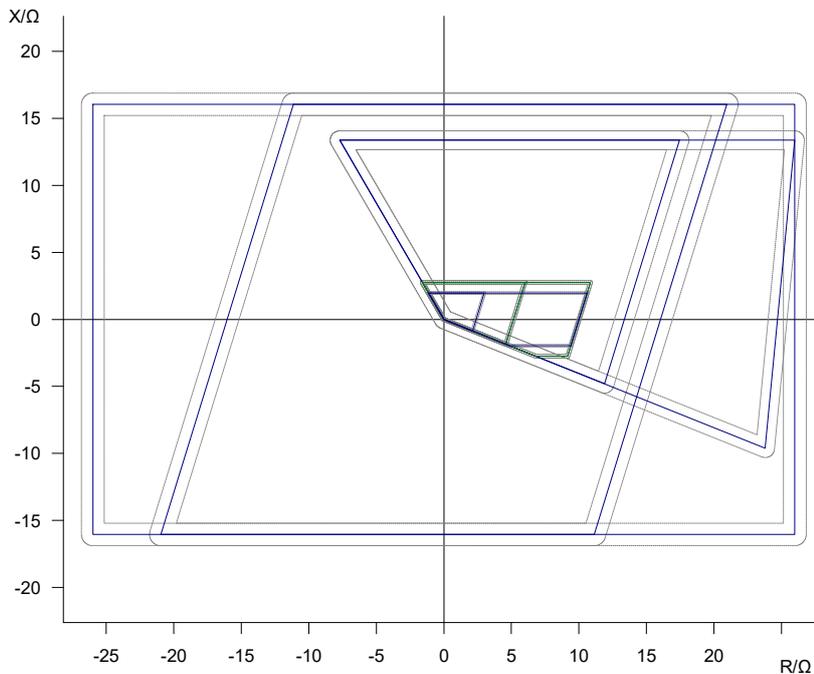
Tol. T rel.: 1,000 % Tol. T abs. -: 100,0 ms
Tol. T abs. +: 100,0 ms Tol. Z abs.: 100,0 m Ω
Tol. rel. Z: 5,000 %

Fator de terra:

RE/RL: 1,230000 XE/XL: 1,220000
Separar a resistência de arco: Não

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ



Referências de ligação XRIO

Nome de referência	Unidade	Valor	Caminho XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1,00 A	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_nom	100,00 V	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/V nom

Comentário

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Advanced Distance	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 14:27:44	Fim do Teste:	08-jun-2017 14:28:21
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

Ajustes do teste

Modelo de teste:

Modelo de teste:	Corrente de teste constante	ITeste	1,250 A
Permitir redução de ITeste/VTeste:	Não	kS = kL:	Não
Mag. ZS:	0,000 Ω	Ângulo ZS:	0,00 °
mag. kS:	1,000	Ângulo kS:	0,00 °

Início da Falta:

Modo: aleatório
Offset DC: Não

Tempos:

Pré-falta: 1,000 s
Pós-falta: 500,0 ms
Max-falta: 6,000 s
Referência de Tempo: Início da falha

Outro:

Zonas estendidas: Inativo
Corrente de carga habilitada: Não
Desligar na passagem por zero: Não
Corrente de carga: n/d

Ajustes de busca:

Busca res. rel.: 1,000 %
Ignorar característica nominal: Não
Intervalo de busca: 200,0 mΩ
Busca res. abs.: 50,00 mΩ

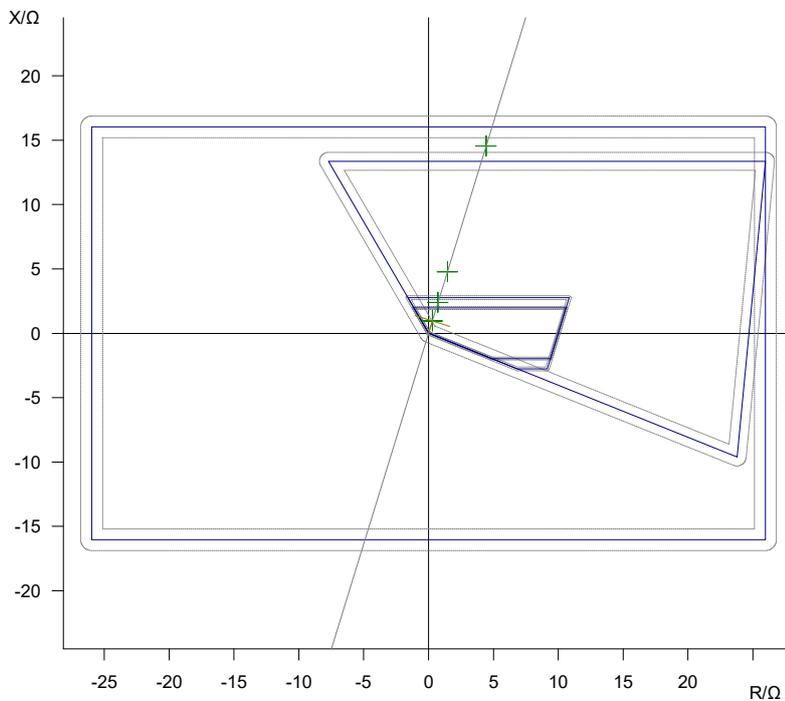
Saídas binárias auxiliares:

Nome	Tempo de atraso do início da falha	Inclinação	Tempo de atraso de disparo	Inclinação
------	------------------------------------	------------	----------------------------	------------

Resultados do teste

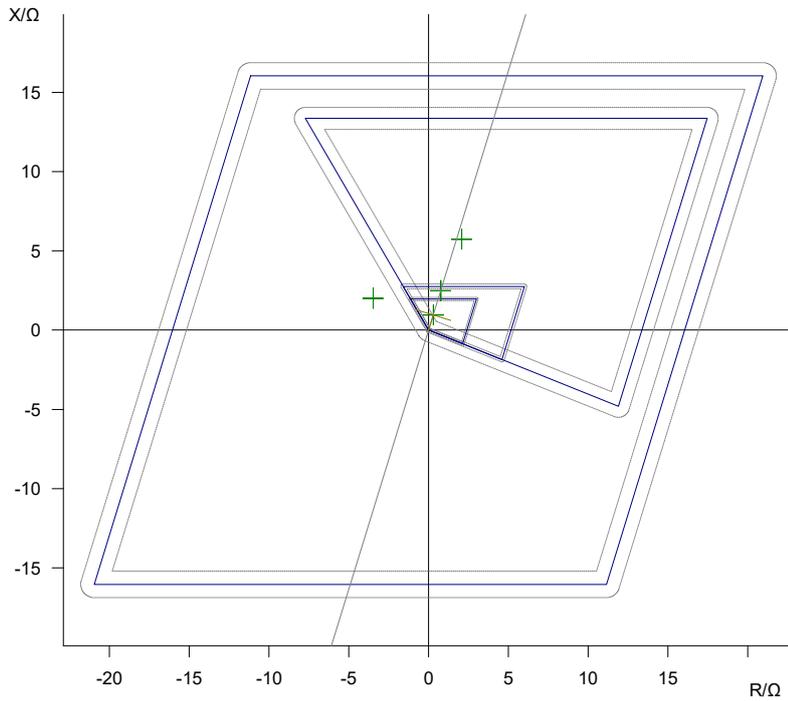
Teste de disparo: Tipo de falta L1-E

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	43,00 ms	43,00 ms	1,250 A	Aprovado
2,500 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	353,6 ms	17,87 %	1,250 A	Aprovado
5,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	859,5 ms	7,438 %	1,250 A	Aprovado
15,23 Ω	73,00 °	n/d		2,000 s	2,062 s	3,12 %	1,250 A	Aprovado



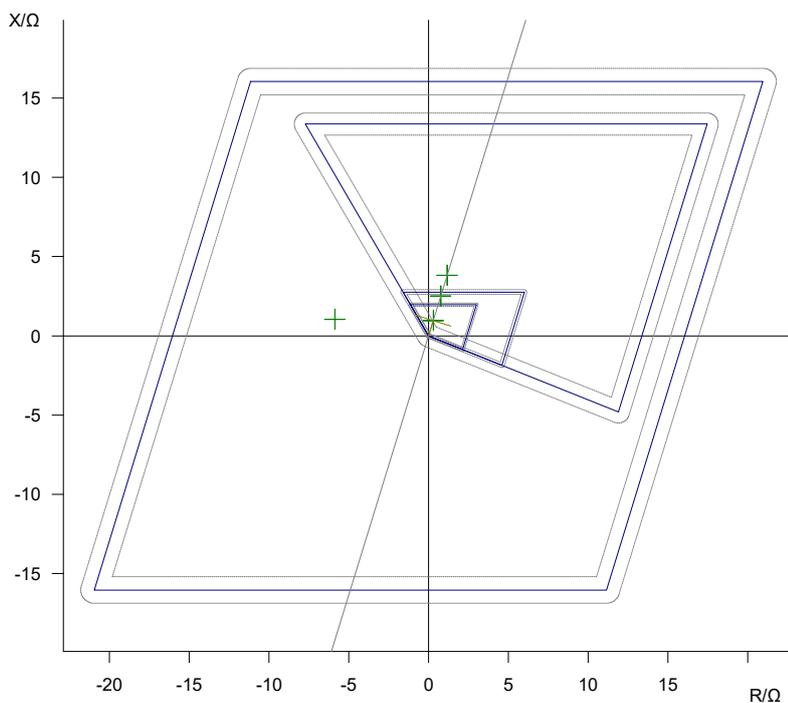
Teste de disparo: Tipo de falta L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	44,00 ms	44,00 ms	1,250 A	Aprovado
2,593 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	351,6 ms	17,2 %	1,250 A	Aprovado
6,091 Ω	70,00 °	n/d		800,0 ms	861,9 ms	7,737 %	1,250 A	Aprovado
4,000 Ω	150,00 °	n/d		2,000 s	2,083 s	4,165 %	1,250 A	Aprovado



Teste de disparo: Tipo de falta L1-L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	43,10 ms	43,10 ms	1,250 A	Aprovado
2,620 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	360,8 ms	20,27 %	1,250 A	Aprovado
4,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	864,2 ms	8,025 %	1,250 A	Aprovado
5,955 Ω	170,00 °	n/d		2,000 s	2,084 s	4,18 %	1,250 A	Aprovado



Estado do teste:
Teste aprovado

Advanced Distance REE:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Equipamento em teste - Ajustes de Distância

Parâmetros do sistema:

Comprimento da linha: 1,000 Ω Ângulo da linha: 73,00 °
Conexão TP: na linha Ponto de Neutro do TC: Dir.linha
Correção da impedância 1A/I nom: Não
Impedância em valores primários: Não

Tolerâncias:

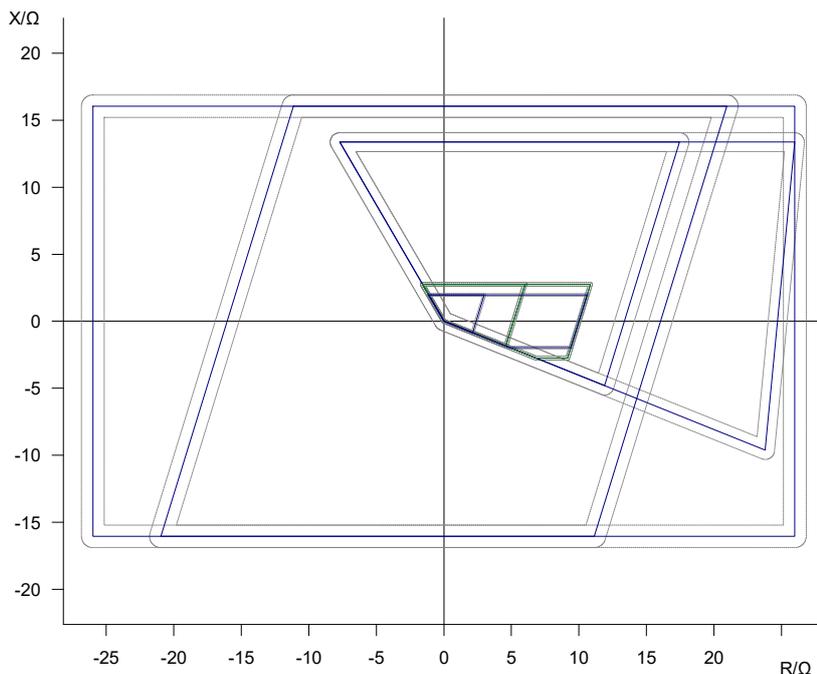
Tol. T rel.: 1,000 %
Tol. T abs. +: 100,0 ms Tol. T abs. -: 100,0 ms
Tol. rel. Z: 5,000 % Tol. Z abs.: 100,0 m Ω

Fator de terra:

RE/RL: 1,230000 XE/XL: 1,220000
Separar a resistência de arco: Não

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ



Referências de ligação XRIO

Nome de referência	Unidade	Valor	Caminho XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1,00 A	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_nom	100,00 V	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/V nom

Comentário

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Advanced Distance	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 14:29:33	Fim do Teste:	08-jun-2017 14:30:14
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

Ajustes do teste

Modelo de teste:

Modelo de teste:	Corrente de teste constante	ITeste	1,250 A
Permitir redução de ITeste/VTeste:	Não	kS = kL:	Não
Mag. ZS:	0,000 Ω	Ângulo ZS:	0,00 °
mag. kS:	1,000	Ângulo kS:	0,00 °

Início da Falta:

Modo: aleatório
Offset DC: Não

Tempos:

Pré-falta: 1,000 s
Pós-falta: 500,0 ms
Max-falta: 6,000 s
Referência de Tempo: Início da falha

Outro:

Zonas estendidas: Inativo
Desligar na passagem por zero: Não
Corrente de carga habilitada: Não
Corrente de carga: n/d

Ajustes de busca:

Busca res. rel.: 1,000 %
Ignorar característica nominal: Não
Intervalo de busca: 200,0 mΩ
Busca res. abs.: 50,00 mΩ

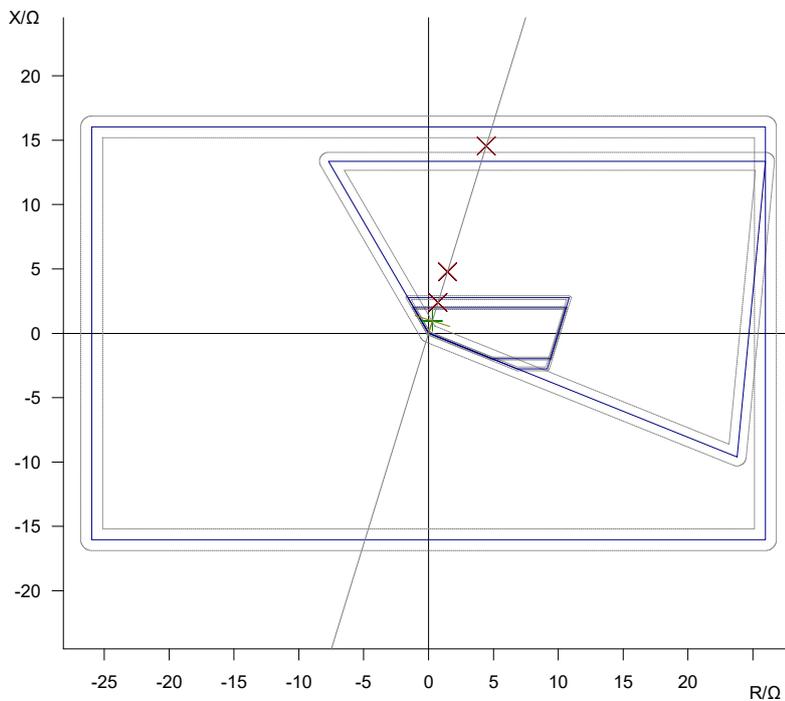
Saídas binárias auxiliares:

Nome	Tempo de atraso do início da falha	Inclinação	Tempo de atraso de disparo	Inclinação
------	------------------------------------	------------	----------------------------	------------

Resultados do teste

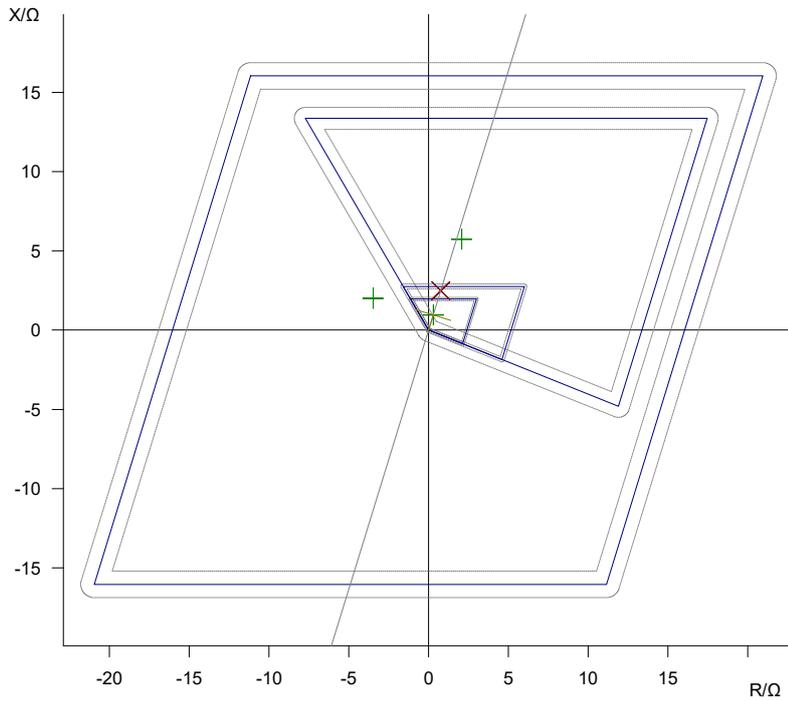
Teste de disparo: Tipo de falta L1-E

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	42,30 ms	42,30 ms	1,250 A	Aprovado
2,500 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	48,60 ms	-83,8 %	1,250 A	Reprovado
5,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	54,30 ms	-93,21 %	1,250 A	Reprovado
15,23 Ω	73,00 °	n/d		2,000 s	54,00 ms	-97,3 %	1,250 A	Reprovado



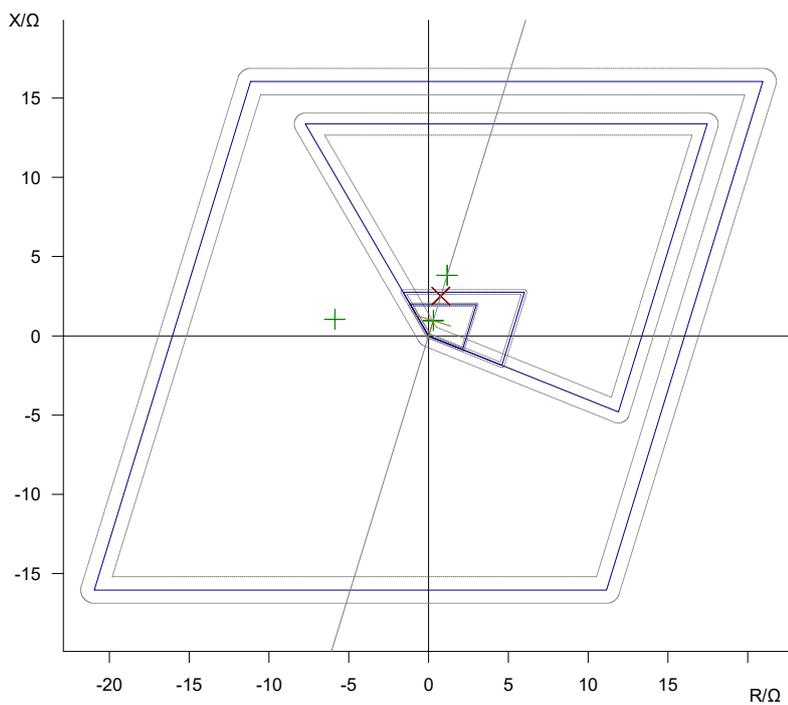
Teste de disparo: Tipo de falta L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	41,70 ms	41,70 ms	1,250 A	Aprovado
2,593 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	49,70 ms	-83,43 %	1,250 A	Reprovado
6,091 Ω	70,00 °	n/d		800,0 ms	863,7 ms	7,963 %	1,250 A	Aprovado
4,000 Ω	150,00 °	n/d		2,000 s	2,082 s	4,075 %	1,250 A	Aprovado



Teste de disparo: Tipo de falta L1-L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	44,20 ms	44,20 ms	1,250 A	Aprovado
2,620 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	60,20 ms	-79,93 %	1,250 A	Reprovado
4,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	859,3 ms	7,412 %	1,250 A	Aprovado
5,955 Ω	170,00 °	n/d		2,000 s	2,084 s	4,185 %	1,250 A	Aprovado



Estado do teste:
Teste reprovado

Advanced Distance DTT Desligado:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Equipamento em teste - Ajustes de Distância

Parâmetros do sistema:

Comprimento da linha: 1,000 Ω Ângulo da linha: 73,00 °
Conexão TP: na linha Ponto de Neutro do TC: Dir.linha
Correção da impedância 1A/I nom: Não
Impedância em valores primários: Não

Tolerâncias:

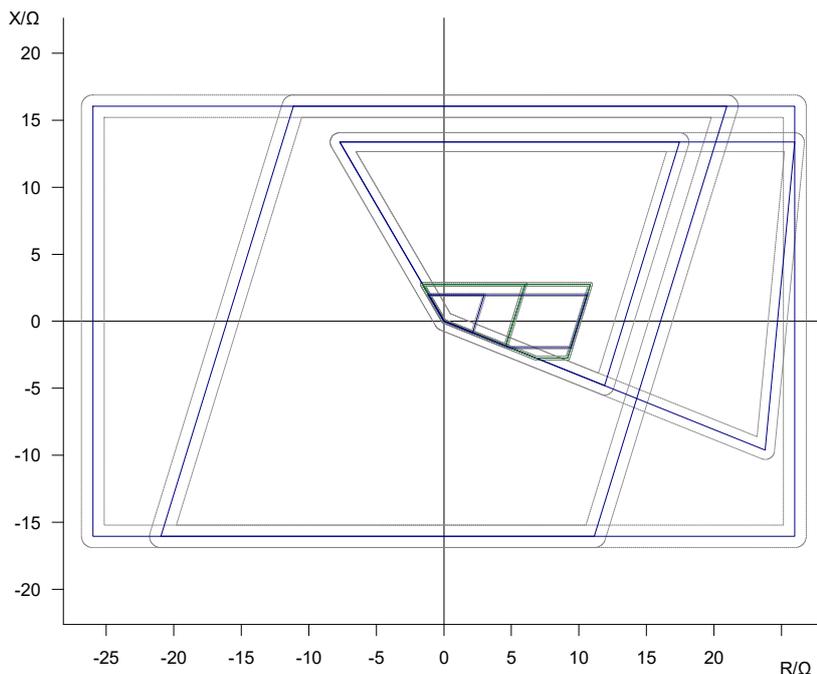
Tol. T rel.: 1,000 %
Tol. T abs. +: 100,0 ms Tol. T abs. -: 100,0 ms
Tol. rel. Z: 5,000 % Tol. Z abs.: 100,0 m Ω

Fator de terra:

RE/RL: 1,230000 XE/XL: 1,220000
Separar a resistência de arco: Não

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ



Referências de ligação XRIO

Nome de referência	Unidade	Valor	Caminho XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1,00 A	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_nom	100,00 V	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/V nom

Comentário

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Advanced Distance	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 14:37:06	Fim do Teste:	08-jun-2017 14:38:36
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

Ajustes do teste

Modelo de teste:

Modelo de teste:	Corrente de teste constante	ITeste	1,250 A
Permitir redução de ITeste/VTeste:	Não	kS = kL:	Não
Mag. ZS:	0,000 Ω	Ângulo ZS:	0,00 °
mag. kS:	1,000	Ângulo kS:	0,00 °

Início da Falta:

Modo: aleatório
Offset DC: Não

Tempos:

Pré-falta: 1,000 s
Pós-falta: 500,0 ms
Max-falta: 6,000 s
Referência de Tempo: Início da falha

Outro:

Zonas estendidas: Inativo
Corrente de carga habilitada: Não
Desligar na passagem por zero: Não
Corrente de carga: n/d

Ajustes de busca:

Busca res. rel.: 1,000 %
Ignorar característica nominal: Não
Intervalo de busca: 200,0 mΩ
Busca res. abs.: 50,00 mΩ

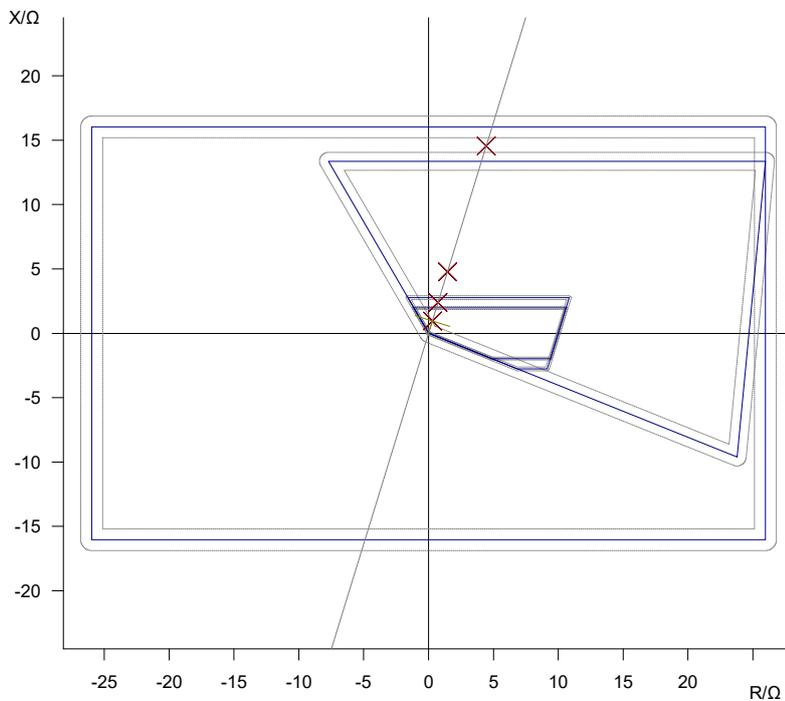
Saídas binárias auxiliares:

Nome	Tempo de atraso do início da falha	Inclinação	Tempo de atraso de disparo	Inclinação
------	------------------------------------	------------	----------------------------	------------

Resultados do teste

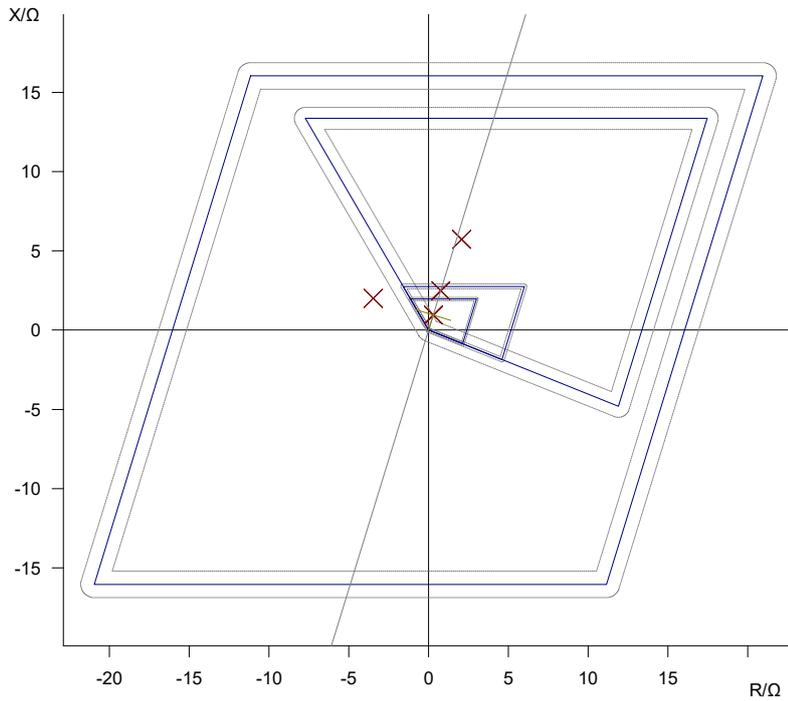
Teste de disparo: Tipo de falta L1-E

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	1,750 s	1,750 s	1,250 A	Reprovado
2,500 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	1,751 s	483,8 %	1,250 A	Reprovado
5,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	1,751 s	118,9 %	1,250 A	Reprovado
15,23 Ω	73,00 °	n/d		2,000 s	1,752 s	-12,38 %	1,250 A	Reprovado



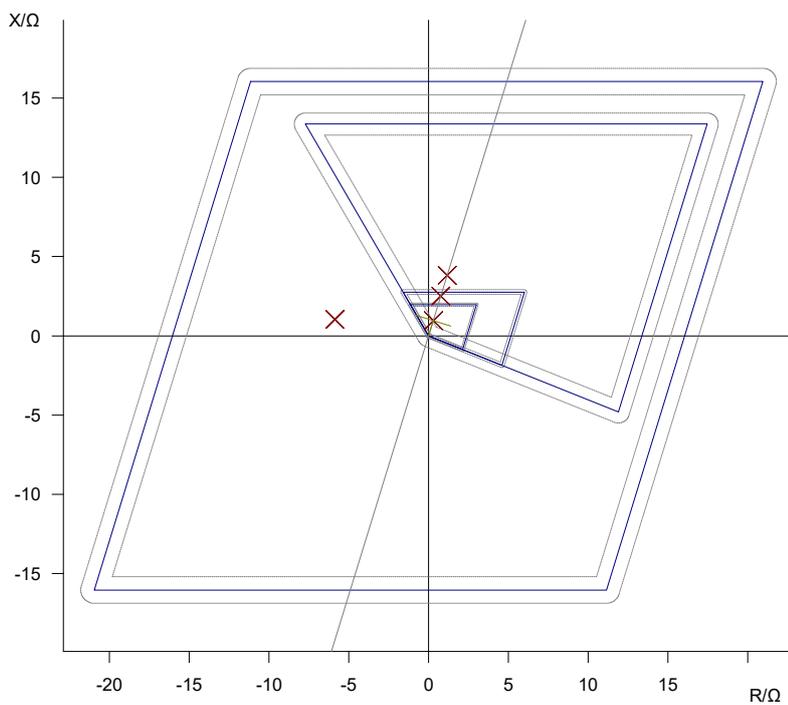
Teste de disparo: Tipo de falta L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	sem trip		1,250 A	Reprovado
2,593 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	sem trip		1,250 A	Reprovado
6,091 Ω	70,00 °	n/d		800,0 ms	sem trip		1,250 A	Reprovado
4,000 Ω	150,00 °	n/d		2,000 s	sem trip		1,250 A	Reprovado



Teste de disparo: Tipo de falta L1-L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,000 Ω	73,00 °	n/d		0,000 s	sem trip		1,250 A	Reprovado
2,620 Ω	73,00 °	n/d		300,0 ms	sem trip		1,250 A	Reprovado
4,000 Ω	73,00 °	n/d		800,0 ms	sem trip		1,250 A	Reprovado
5,955 Ω	170,00 °	n/d		2,000 s	sem trip		1,250 A	Reprovado



Estado do teste:
Teste reprovado

Nota: O MI da 7sj645 foi alterado de 1.19A para 1.3A de 1.6s para 1.7s depois dos ensaios.

Group end:PD

Group end:7SA522

Anexo D

Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância: Religação em Z1

Neste relatório, é possível encontrar o relatório do quarto e quinto ensaio com o OCC para a proteção de distância da linha de Alta Tensão (AT) de Riba d'Ave da Subestação de Energia Elétrica (SE) de Caniços. Estes ensaios contemplam:

- Verificação do Automatismo de Religação na Z1 em Regime Normal de Exploração;
- Verificação do Automatismo de Religação em Z1 em Regime Especial de Exploração;

Ambos os ensaios foram realizados com o disjuntor fechado, de forma a conseguir testar o automatismo.



Group:7SA522

Group:PD

Equipamento em teste - Ajustes de Distância

Parâmetros do sistema:

Comprimento da linha:	1,000 Ω	Ângulo da linha:	73,00 °
Conexão TP:	na linha	Ponto de Neutro do TC:	Dir.linha
Correção da impedância 1A/I nom:	Não		
Impedância em valores primários:	Não		

Tolerâncias:

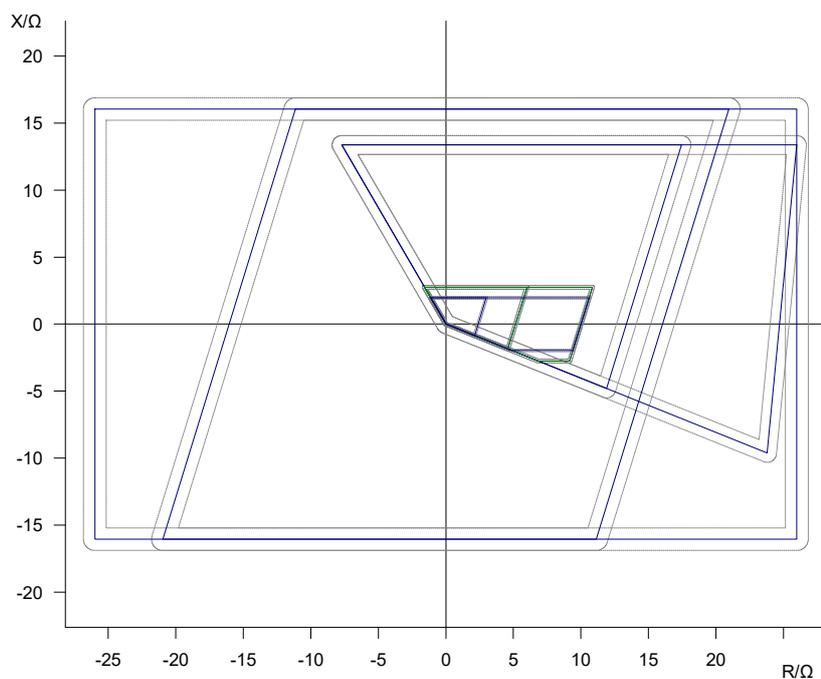
Tol. T rel.:	1,000 %	Tol. T abs. -:	100,0 ms
Tol. T abs. +:	100,0 ms	Tol. Z abs.:	100,0 m Ω
Tol. rel. Z:	5,000 %		

Fator de terra:

RE/RL:	1,230000	XE/XL:	1,220000
Separar a resistência de arco:	Não		

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω



Religação em Zona 1:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação:	SE_Canicos	Endereço da Subestação:
Bay:	LAT_508_Riba D'ave	Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição:	SE_Canicos /AT	Fabricante:
Tipo de Dispositivo:	7SD523	Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:		
Info adicional 1:		
Info adicional 2:		

Valores Nominais:

f nom:	50,00 Hz	Número de fases:	3
V nom (secundária):	100,0 V	V primária:	60,00 V
I nom (secundária):	1,000 A	I primária:	1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN:	1,732	IN / I nom:	1,000
-----------	-------	-------------	-------

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO**Configuração do DJ**

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Equipamento em teste - Ajustes de Distância**Parâmetros do sistema:**

Comprimento da linha: 1,000 Ω Ângulo da linha: 73,00 °
 Conexão TP: na linha Ponto de Neutro do TC: Dir.linha
 Correção da impedância 1A/I nom: Não
 Impedância em valores primários: Não

Tolerâncias:

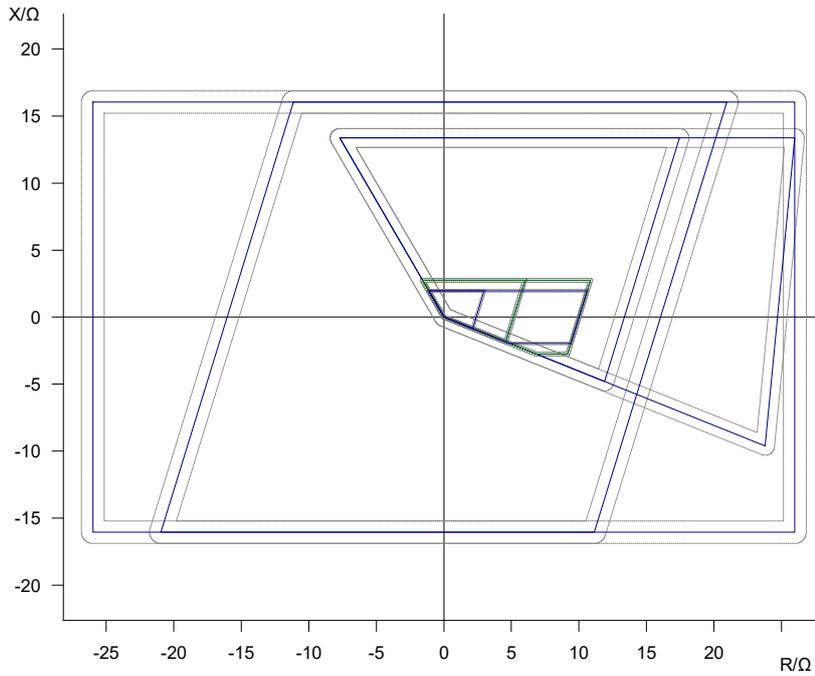
Tol. T rel.: 1,000 % Tol. T abs. -: 100,0 ms
 Tol. T abs. +: 100,0 ms Tol. Z abs.: 100,0 m Ω
 Tol. rel. Z: 5,000 %

Fator de terra:

RE/RL: 1,230000 XE/XL: 1,220000
 Separar a resistência de arco: Não

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 m Ω



Referências de ligação XRIO

Nome de referência	Unidade	Valor	Caminho XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1,00 A	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_nom	100,00 V	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/V nom

Comentário

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Advanced Distance	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 14:42:37	Fim do Teste:	08-jun-2017 14:42:42
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

Ajustes do teste

Modelo de teste:

Modelo de teste:	Corrente de teste constante	ITeste	1,250 A
Permitir redução de ITeste/VTteste:	Não	kS = kL:	Não
Mag. ZS:	0,000 Ω	Ângulo ZS:	0,00 °
mag. kS:	1,000	Ângulo kS:	0,00 °

Início da Falta:

Modo:	aleatório
Offset DC:	Não

Tempos:

Pré-falta:	1,000 s	Max-falta:	6,000 s
Pós-falta:	500,0 ms	Referência de Tempo:	Início da falha

Outro:

Zonas estendidas:	Inativo	Desligar na passagem por zero:	Sim
Corrente de carga habilitada:	Não	Corrente de carga::	n/d

Ajustes de busca:

Busca res. rel.: 1,000 % Busca res. abs.: 50,00 mΩ
Ignorar característica nominal: Não
Intervalo de busca: 200,0 mΩ

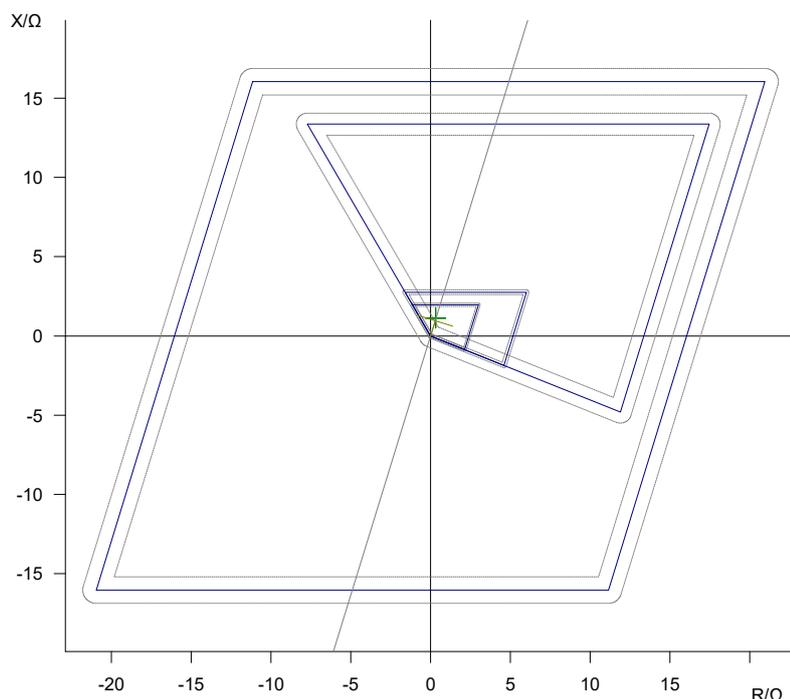
Saídas binárias auxiliares:

Nome	Tempo de atraso do início da falta	Inclinação	Tempo de atraso de disparo	Inclinação
------	------------------------------------	------------	----------------------------	------------

Resultados do teste

Teste de disparo: Tipo de falta L1-L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,158 Ω	74,00 °	n/d		0,000 s	52,70 ms	52,70 ms	1,250 A	Aprovado



Detalhes do disparo:

Parâmetros:

Tipo de falta: L1-L2-L3
|Z|: 1,158 Ω Phi: 74,00 °
R: 319,0 mΩ X: 1,113 Ω
%: n/d % de:
ITeste: 1,250 A

Resultados:

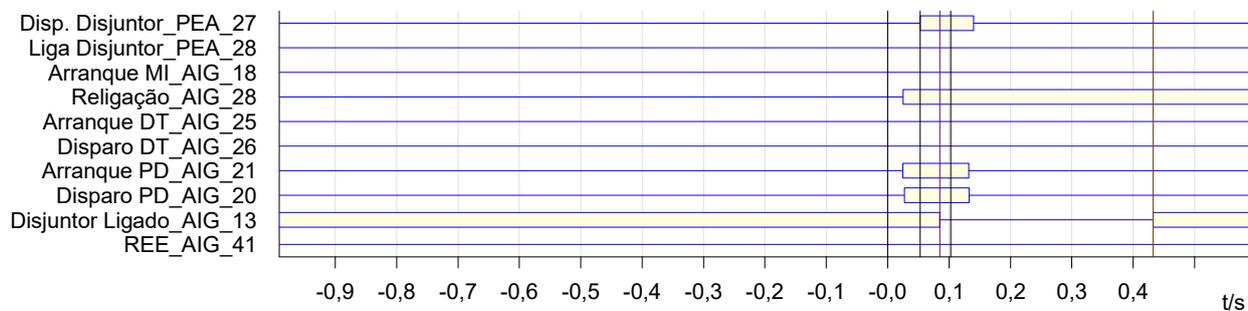
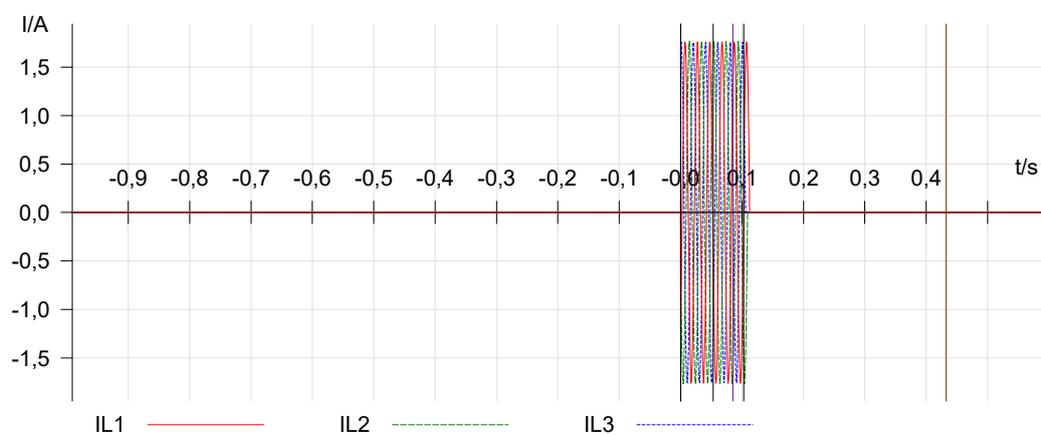
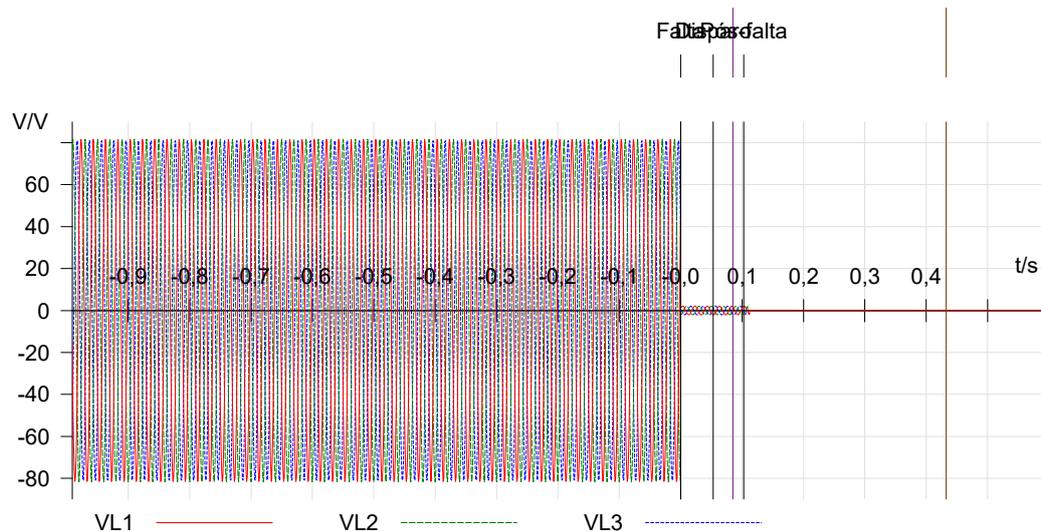
t real: 52,70 ms Avaliação: Aprovado
t nom: 0,000 s Desv.: 52,70 ms
t min: -100,0 ms t max: 100,0 ms

Quantidades da falta (natural):

VL1: 1,447 V 0,00 °
VL2: 1,447 V -120,00 °
VL3: 1,447 V 120,00 °
IL1: 1,250 A -74,00 °
IL2: 1,250 A -194,00 °
IL3: 1,250 A 46,00 °
VFalta: 1,447 V 0,00 °
IFalta: 1,250 A -74,00 °

Quantidades da falta (simétrico):

V0: 0,000 V n/d
V1: 1,447 V 0,00 °
V2: 0,000 V n/d
I0: 0,000 A n/d
I1: 1,250 A -74,00 °
I2: 0,000 A n/d



Dados do Cursor

	Tempo	Sinal	Valor
Cursor 1	85,10 ms	<nenhum>	n/a
Cursor 2	432,30 ms	<nenhum>	n/a
C2 - C1	347,20 ms		n/a

Estado do teste:
Teste aprovado

Sem Religação em Zona 1REE:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
 Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
 Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
 Número Modelo/Série:
 Info adicional 1:
 Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
 V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
 I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO**Configuração do DJ**

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Equipamento em teste - Ajustes de Distância**Parâmetros do sistema:**

Comprimento da linha: 1,000 Ω Ângulo da linha: 73,00 °
 Conexão TP: na linha Ponto de Neutro do TC: Dir.linha
 Correção da impedância 1A/I nom: Não
 Impedância em valores primários: Não

Tolerâncias:

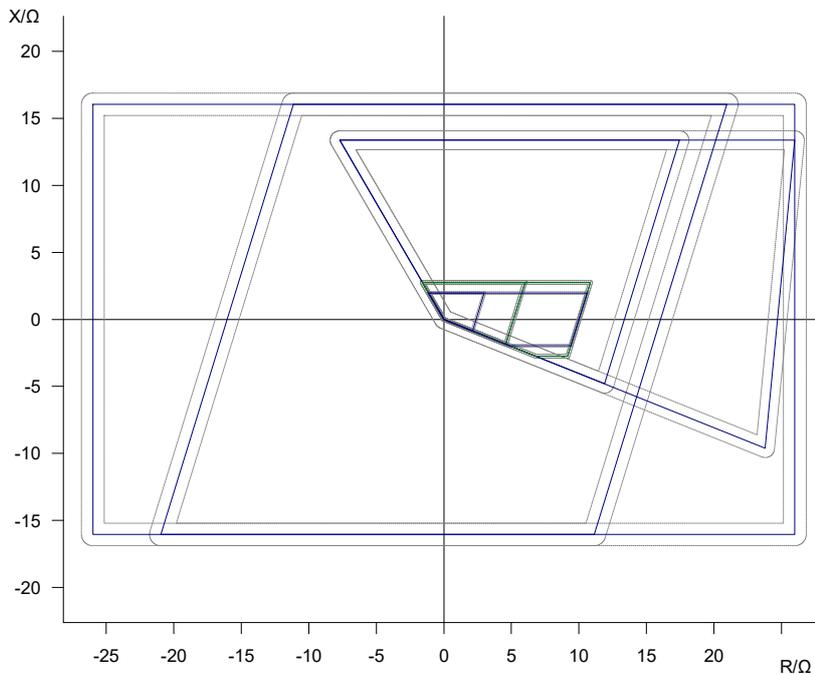
Tol. T rel.: 1,000 %
 Tol. T abs. +: 100,0 ms Tol. T abs. -: 100,0 ms
 Tol. rel. Z: 5,000 % Tol. Z abs.: 100,0 m Ω

Fator de terra:

RE/RL: 1,230000 XE/XL: 1,220000
 Separar a resistência de arco: Não

Ajustes de zona:

Etiqueta	Tipo	Loop de Falta	Tempo de Disparo	Tol.T rel	Tol.T abs+	Tol.T abs-	Tol.Z rel.	Tol.Z abs
Z1	Disparo	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1	Disparo	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-L	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z1B	extendido	L-E	0,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-L	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z2	Disparo	L-E	300,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-L	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z3	Disparo	L-E	800,0 ms	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-L	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ
Z5	Disparo	L-E	2,000 s	1,000 %	100,0 ms	100,0 ms	5,000 %	100,0 mΩ



Referências de ligação XRIO

Nome de referência	Unidade	Valor	Caminho XRIO
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.INOM	In	1,00 A	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/In
RIO.DEVICE.NOMINALVALUES.VNOM	V_nom	100,00 V	RIO/Dispositivo/Valores Nominais/V nom

Comentário

Módulo de teste

Nome:	OMICRON Advanced Distance	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 14:43:59	Fim do Teste:	08-jun-2017 14:44:07
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

Ajustes do teste

Modelo de teste:

Modelo de teste:	Corrente de teste constante	ITeste	1,250 A
Permitir redução de ITeste/VTeste:	Não	kS = kL:	Não
Mag. ZS:	0,000 Ω	Ângulo ZS:	0,00 °
mag. kS:	1,000	Ângulo kS:	0,00 °

Início da Falta:

Modo: aleatório
Offset DC: Não

Tempos:

Pré-falta: 1,000 s
Pós-falta: 500,0 ms
Max-falta: 6,000 s
Referência de Tempo: Início da falha

Outro:

Zonas estendidas: Inativo
Corrente de carga habilitada: Não
Desligar na passagem por zero: Sim
Corrente de carga: n/d

Ajustes de busca:

Busca res. rel.: 1,000 %
Ignorar característica nominal: Não
Intervalo de busca: 200,0 mΩ
Busca res. abs.: 50,00 mΩ

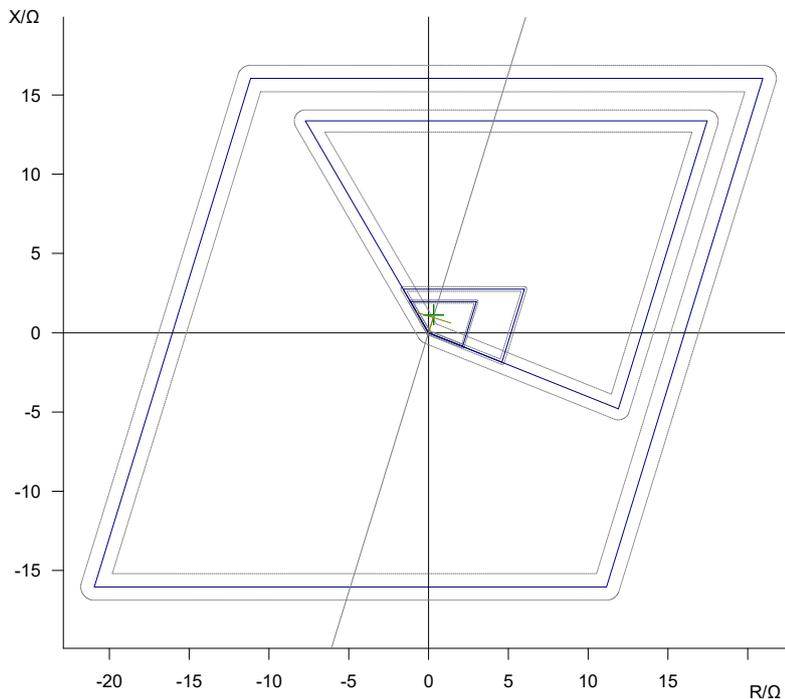
Saídas binárias auxiliares:

Nome	Tempo de atraso do início da falha	Inclinação	Tempo de atraso de disparo	Inclinação
------	------------------------------------	------------	----------------------------	------------

Resultados do teste

Teste de disparo: Tipo de falta L1-L2-L3

Z	Phi	%	% de	t nom	t real	Desv.	ITeste	Resultado
1,158 Ω	74,00 °	n/d		0,000 s	46,80 ms	46,80 ms	1,250 A	Aprovado



Detalhes do disparo:

Parâmetros:

Tipo de falta: L1-L2-L3
|Z|: 1,158 Ω
R: 319,0 mΩ
%: n/d
ITeste: 1,250 A
Phi: 74,00 °
X: 1,113 Ω
% de: % de:

Resultados:

t real: 46,80 ms
 t nom: 0,000 s
 t min: -100,0 ms

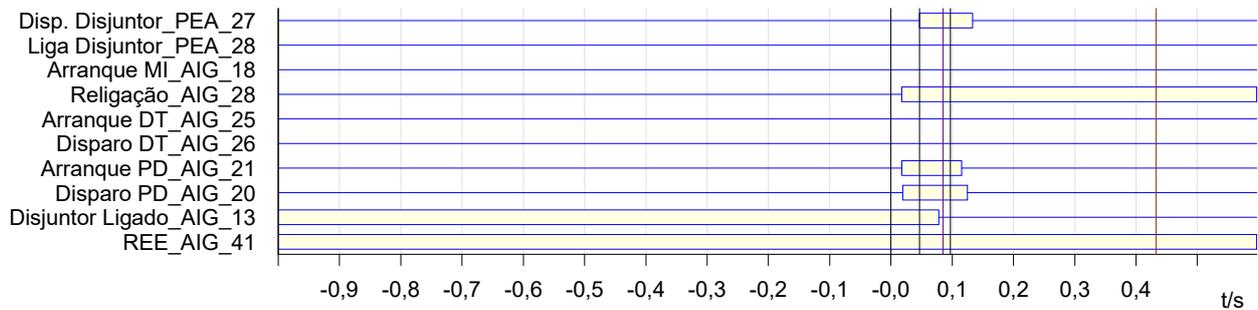
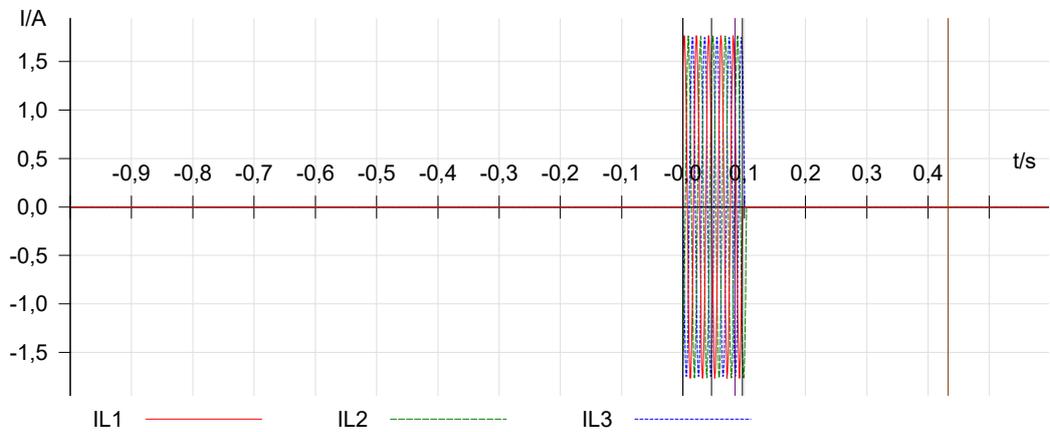
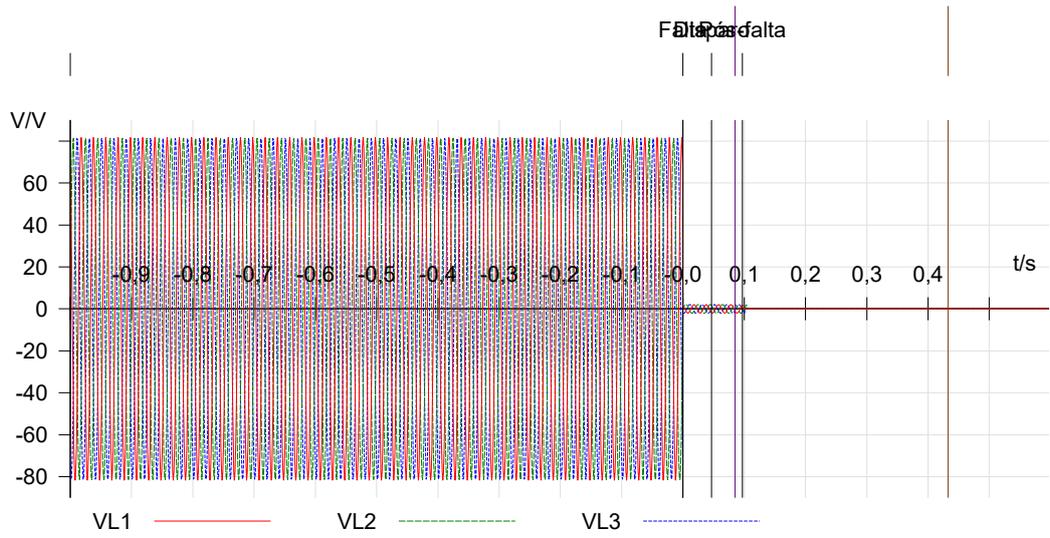
Avaliação: Aprovado
 Desv.: 46,80 ms
 t max: 100,0 ms

Quantidades da falta (natural):

VL1: 1,447 V 0,00 °
 VL2: 1,447 V -120,00 °
 VL3: 1,447 V 120,00 °
 IL1: 1,250 A -74,00 °
 IL2: 1,250 A -194,00 °
 IL3: 1,250 A 46,00 °
 VFalta: 1,447 V 0,00 °
 IFalta: 1,250 A -74,00 °

Quantidades da falta (simétrico):

V0: 0,000 V n/d
 V1: 1,447 V 0,00 °
 V2: 0,000 V n/d
 I0: 0,000 A n/d
 I1: 1,250 A -74,00 °
 I2: 0,000 A n/d



Dados do Cursor

Tempo	Sinal	Valor
-------	-------	-------

Cursor 1	85,10 ms	<nenhum>	n/a
Cursor 2	432,30 ms	<nenhum>	n/a
C2 - C1	347,20 ms		n/a

Estado do teste:
Teste aprovado

Nota: O MI da 7sj645 foi alterado de 1.19A para 1.3A de 1.6s para 1.7s depois dos ensaios.

Group end:PD

Group end:7SA522

Anexo E

Relatório do Ensaio para a Proteção de Distância com Verificação de Sincronismo

Neste relatório, é possível encontrar o relatório do sexto, sétimo, oitavo e nono ensaio com o OCC para a proteção de distância da linha de Alta Tensão (AT) de Riba d'Ave da Subestação de Energia Elétrica (SE) de Caniços. Estes ensaios contemplam:

- Verificação do automatismo de religação em Z1 com condições de sincronismo;
- Verificação do automatismo de religação em Z1 sem se verificarem condições de sincronismo;
- Verificação da permissão de fecho manual do disjuntor de linha AT com condições de sincronismo;
- Verificação da permissão de fecho manual do disjuntor de linha AT sem se verificarem condições de sincronismo;

Os ensaios de verificação do automatismo de religação foram realizados com o disjuntor fechado e os ensaios de permissão de fecho foram executados com o disjuntor aberto. Todos os ensaios foram realizados com o comutador em Regime Normal de Exploração (RNE).



Group:7SA522

Group:PD

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em percentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Religação em Z1_Com_Sincronismo:

Equipamento em Teste - Ajustes do dispositivo

Subestação/Vão:

Subestação: SE_Canicos Endereço da Subestação:
Bay: LAT_508_Riba D'ave Endereço do Vão:

Dispositivo:

Nome/descrição: SE_Canicos /AT Fabricante:
Tipo de Dispositivo: 7SD523 Endereço do dispositivo:
Número Modelo/Série:
Info adicional 1:
Info adicional 2:

Valores Nominais:

f nom: 50,00 Hz Número de fases: 3
V nom (secundária): 100,0 V V primária: 60,00 V
I nom (secundária): 1,000 A I primária: 1,200 kA

Fator para corrente/tensão residual:

VLN / VN: 1,732 IN / I nom: 1,000

Limites:

V max: 120,0 V I max: 10,00 A

Filtros Debounce/Deglitch:

T de Debounce: 5,000 ms T de Deglitch: 0,000 s

Detecção de Sobrecarga:

Tempo de Supressão: 50,00 ms

Objeto sob Teste - Outras Funções RIO

Configuração do DJ

Descrição	Nome	Valor
Tempo de disparo do DJ	Tempo de disparo do DJ	50,00 ms
Tempo de fechamento do DJ	Tempo de fechamento do DJ	100,00 ms
Tempos para 52a, 52b em porcentagem de tempo CB	52a, 52b % de DJ	20,00 %

Ajustes do teste

Estado	Estado 1	Pré-falta	L1-L2-L3;100 %	Pós-falta	Pós-falta
V L1-E	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 74,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV 71,08 ° 50,000 Hz	0,000 V 74,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 74,00 ° 50,000 Hz
V L2-E	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -46,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV -48,92 ° 50,000 Hz	0,000 V -46,00 ° 50,000 Hz	0,000 V -46,00 ° 50,000 Hz
V L3-E	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -166,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV 191,08 ° 50,000 Hz	0,000 V -166,00 ° 50,000 Hz	0,000 V -166,00 ° 50,000 Hz
I L1	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz
I L2	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz
I L3	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz
V(2)-1	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 74,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz
Tempo máx. do estado	1,000 s	500,0 ms	1,500 s	500,0 ms	500,0 ms
Lógica de trigger			OU		
Disp. Disjuntor_PEA_27			1		
Interação do usuário	Não	Não	Não	Não	Não
Trigger CMGPS	Não	Não	Não	Não	Não
Acionador IRIG-B/PTP	Não	Não	Não	Não	Não
Pulsos/segundos	1	1	1	1	1
Atraso após Trigger	0,000 s	0,000 s	50,00 ms	0,000 s	0,000 s
No trigger, ir para o final do teste	Não	Não	Não	Não	Não
Diagramas					

Comentário

Condição de iniciar teste

Iniciar Teste: Imediatamente

Módulo de teste

Nome: OMICRON State Sequencer
 Início do teste: 08-jun-2017 15:10:12
 Nome do Usuário: Nuno Carreiro
 Companhia: EDP

Versão:
 Fim do Teste:
 Gerente:

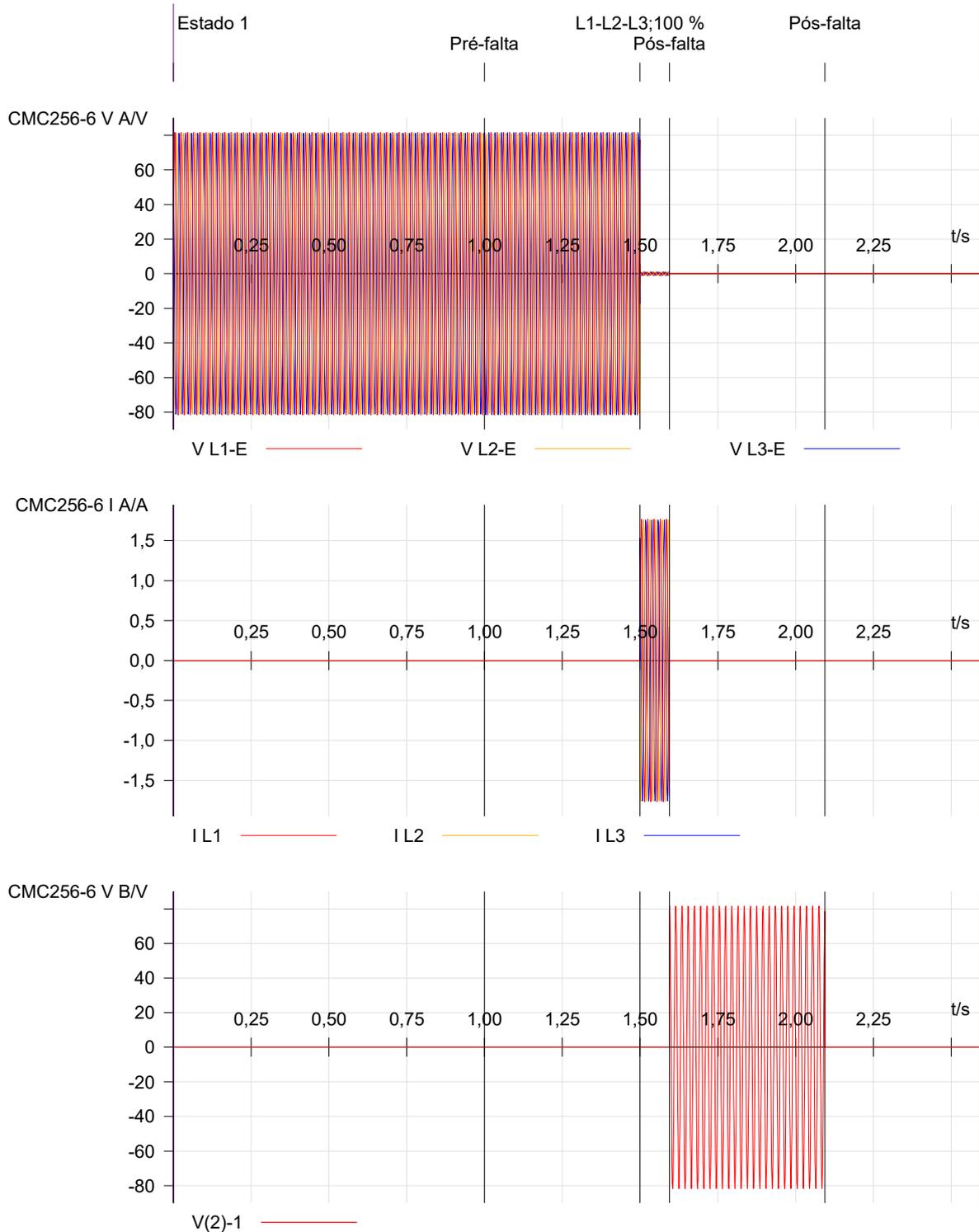
3.10
 08-jun-2017 15:10:17
 Carreiro

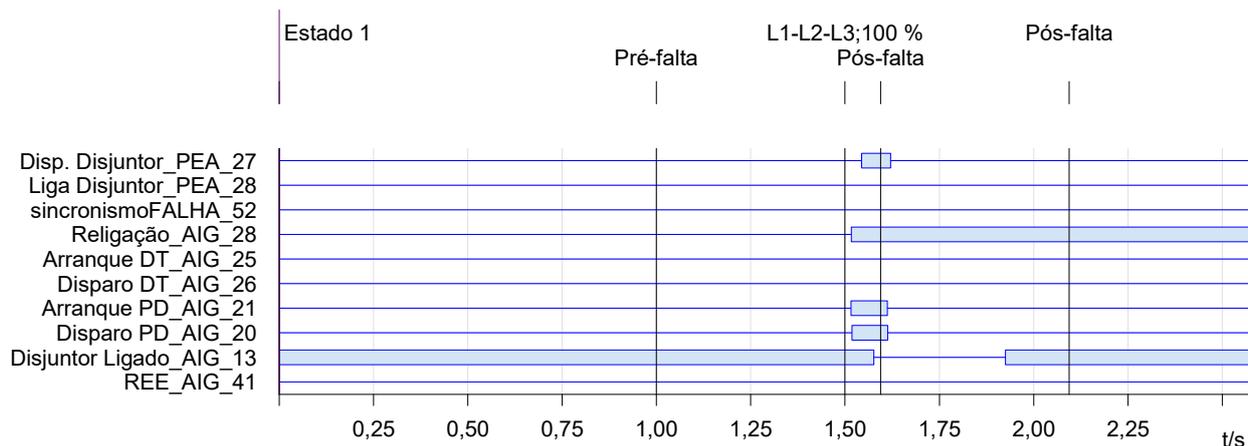
Resultados do teste

Avaliação do Tempo

Nome	Ignorar antes	Início	Parar	Tnom	Tdesv-	Tdesv+	Tatual	Tdesv	Aval.
L1-L2-L3;100 %	L1-L2-L3;100 %	L1-L2-L3;100 %	Disp. Disjuntor_PEA_27 0>1	20,00 ms	50,00 ms	50,00 ms	44,10 ms	24,10 ms	o +

Aval.: + .. Aprovado x .. Reprovado o .. Não avaliado





Dados do Cursor

	Tempo	Sinal	Valor
Cursor 1	0,00 s	<nenhum>	n/a
Cursor 2	2,59 s	<nenhum>	n/a
C2 - C1	2,59 s		n/a

Gravador de eventos

Tempo	Tipo	Nome do sinal	Inclinação
0,000 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	0>1
1,516 s	Entrada	Arranque PD_AIG_21	0>1
1,517 s	Entrada	Religação_AIG_28	0>1
1,519 s	Entrada	Disparo PD_AIG_20	0>1
1,544 s	Entrada	Disp. Disjuntor_PEA_27	0>1
1,576 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	1>0
1,613 s	Entrada	Arranque PD_AIG_21	1>0
1,613 s	Entrada	Disparo PD_AIG_20	1>0
1,621 s	Entrada	Disp. Disjuntor_PEA_27	1>0
1,926 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	0>1

Estado do teste:

Teste aprovado

Religação em Z1_Sem Sincronismo:

Ajustes do teste

Estado	Estado 1	Pré-falta	L1-L2-L3;100 %	Pós-falta	Pós-falta
V L1-E	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 74,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV 71,08 ° 50,000 Hz	57,74 V 74,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 74,00 ° 50,000 Hz
V L2-E	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -46,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV -48,92 ° 50,000 Hz	57,74 V -46,00 ° 50,000 Hz	0,000 V -46,00 ° 50,000 Hz
V L3-E	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -166,00 ° 50,000 Hz	750,0 mV 191,08 ° 50,000 Hz	57,74 V -166,00 ° 50,000 Hz	0,000 V -166,00 ° 50,000 Hz
I L1	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz

I L2	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz
I L3	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	1,250 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz
V(2)-1	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 44,00 ° 50,000 Hz	0,000 V 0,00 ° 50,000 Hz
Tempo máx. do estado	1,000 s	500,0 ms	1,500 s	500,0 ms	10,50 s
Lógica de trigger			OU		
Disp. Disjuntor_PEA_27			1		
Interação do usuário	Não	Não	Não	Não	Não
Trigger CMGPS	Não	Não	Não	Não	Não
Acionador IRIG-B/PTP	Não	Não	Não	Não	Não
Pulsos/segundos	1	1	1	1	1
Atraso após Trigger	0,000 s	0,000 s	50,00 ms	0,000 s	0,000 s
No trigger, ir para o final do teste	Não	Não	Não	Não	Não
Diagramas					

Comentário

Módulo de teste

Nome: OMICRON State Sequencer Versão: 3.10
 Início do teste: 08-jun-2017 15:14:20 Fim do Teste: 08-jun-2017 15:14:35
 Nome do Usuário: Nuno Carreiro Gerente: Carreiro
 Companhia: EDP

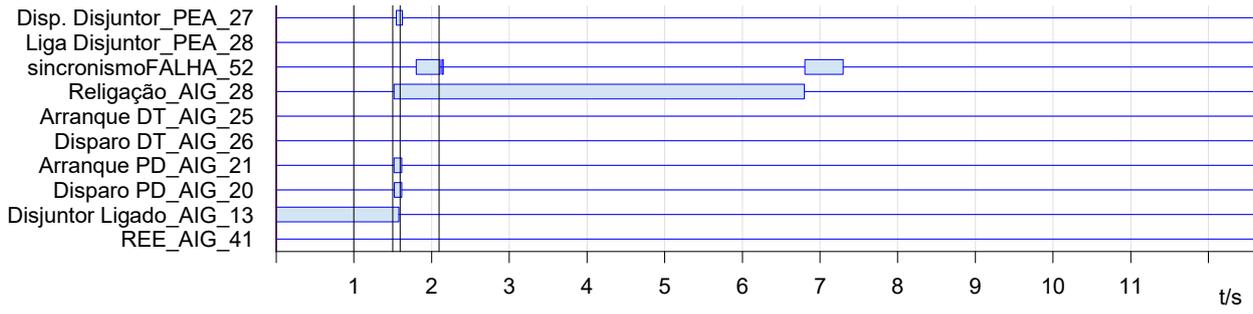
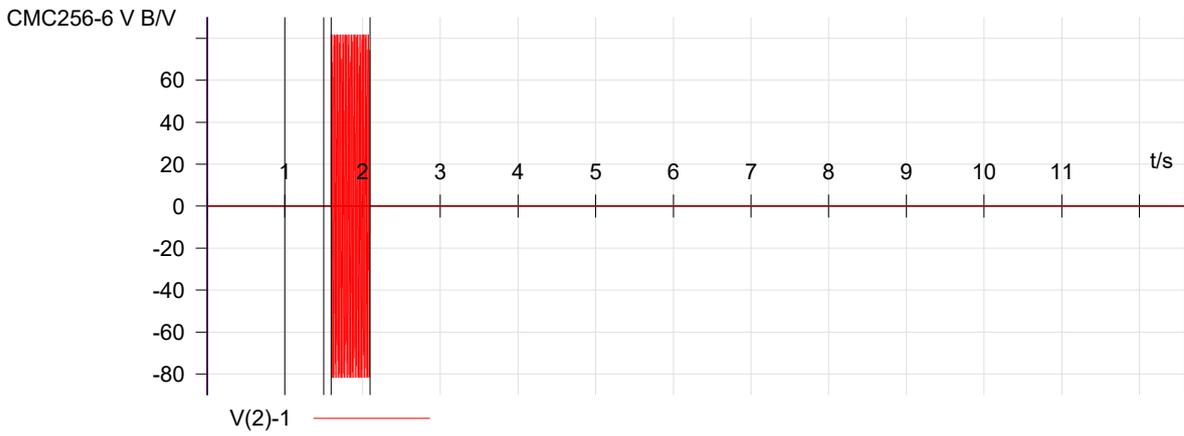
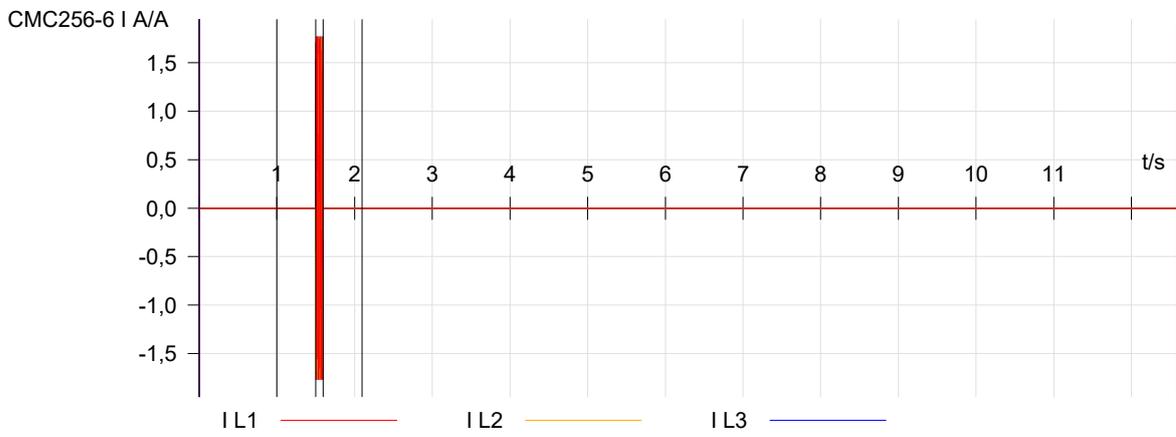
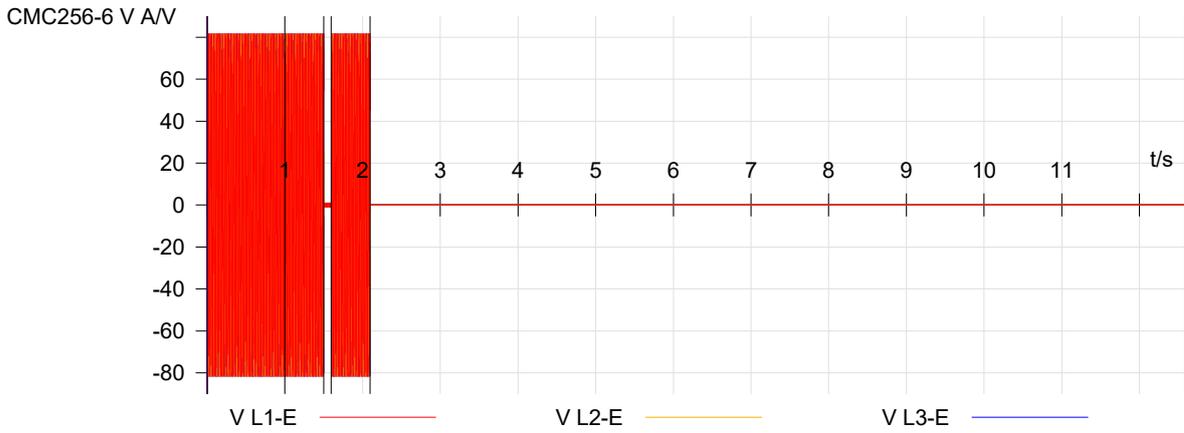
Resultados do teste

Avaliação do Tempo

Nome	Ignorar antes	Início	Parar	Tnom	Tdesv-	Tdesv+	Tatual	Tdesv	Aval.
L1-L2-L3;100 %	L1-L2-L3;100 %	L1-L2-L3;100 %	Disp. Disjuntor_PEA_27 0>1	20,00 ms	50,00 ms	50,00 ms	46,10 ms	26,10 ms	o +

Aval.: + .. Aprovado x .. Reprovado o .. Não avaliado

Estado 2-L-3
 Pré-falta
 Pós-falta



Dados do Cursor

	Tempo	Sinal	Valor
Cursor 1	0,00 s	<nenhum>	n/a
Cursor 2	12,60 s	<nenhum>	n/a
C2 - C1	12,60 s		n/a

Gravador de eventos

Tempo	Tipo	Nome do sinal	Inclinação
0,000 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	0>1
1,516 s	Entrada	Arranque PD_AIG_21	0>1
1,517 s	Entrada	Religação_AIG_28	0>1
1,519 s	Entrada	Disparo PD_AIG_20	0>1
1,546 s	Entrada	Disp. Disjuntor_PEA_27	0>1
1,577 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	1>0
1,613 s	Entrada	Arranque PD_AIG_21	1>0
1,614 s	Entrada	Disparo PD_AIG_20	1>0
1,622 s	Entrada	Disp. Disjuntor_PEA_27	1>0
1,804 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	0>1
2,108 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	1>0
2,134 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	0>1
2,149 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	1>0
6,799 s	Entrada	Religação_AIG_28	1>0
6,804 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	0>1
7,298 s	Entrada	sincronismoFALHA_5 2	1>0

Estado do teste:
Teste aprovado

FechoManual_Disjuntor_Com_Sincronismo:

Ajustes do teste

Estado	Estado 1	Pós-falta	Pós-falta
V L1-E	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz
V L2-E	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz
V L3-E	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz
I L1	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz

I L2	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz
I L3	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz
V(2)-1	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz
Tempo máx. do estado	1,000 s		500,0 ms
Lógica de trigger		OU	
Liga Disjuntor_PEA_28		1	
Interação do usuário	Não	Não	Não
Trigger CMGPS	Não	Não	Não
Acionador IRIG-B/PTP	Não	Não	Não
Pulsos/segundos	1	1	1
Atraso após Trigger	0,000 s	0,000 s	0,000 s
No trigger, ir para o final do teste	Não	Não	Não
Diagramas			

Comentário

Módulo de teste

Nome: OMICRON State Sequencer
 Início do teste: 08-jun-2017 15:27:26
 Nome do Usuário: Nuno Carreiro
 Companhia: EDP

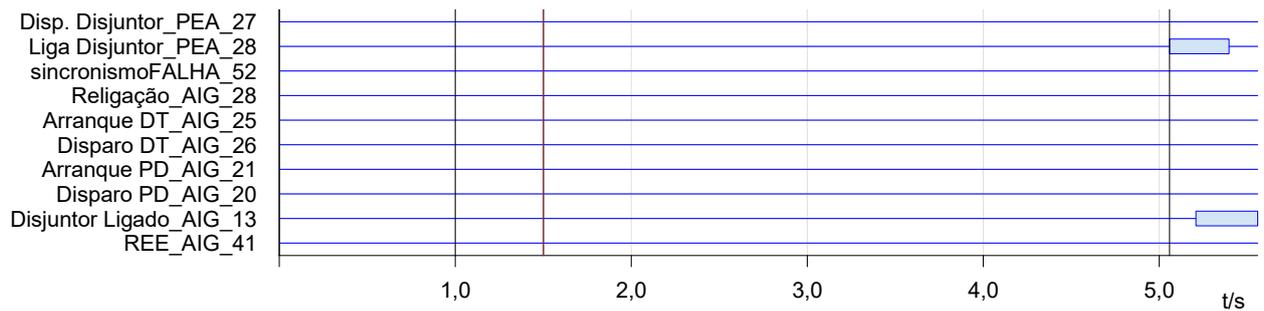
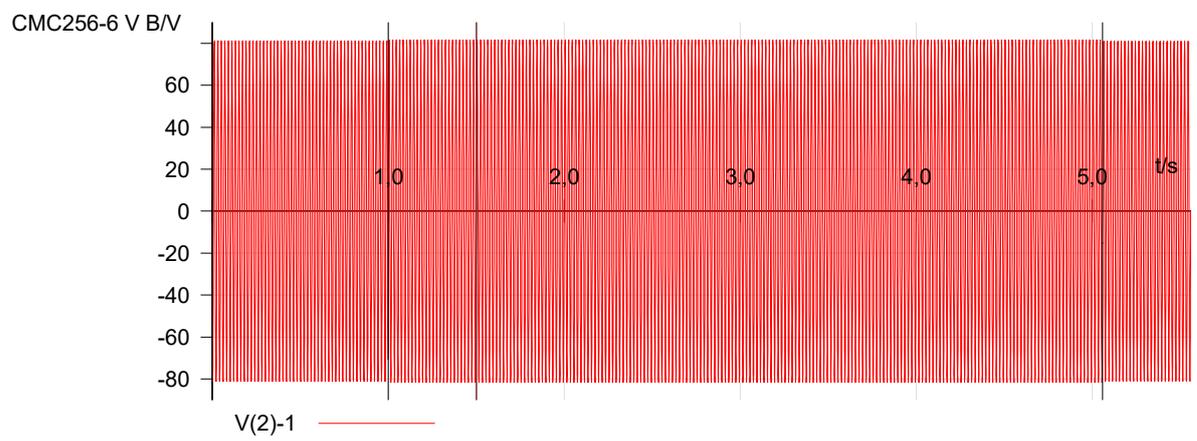
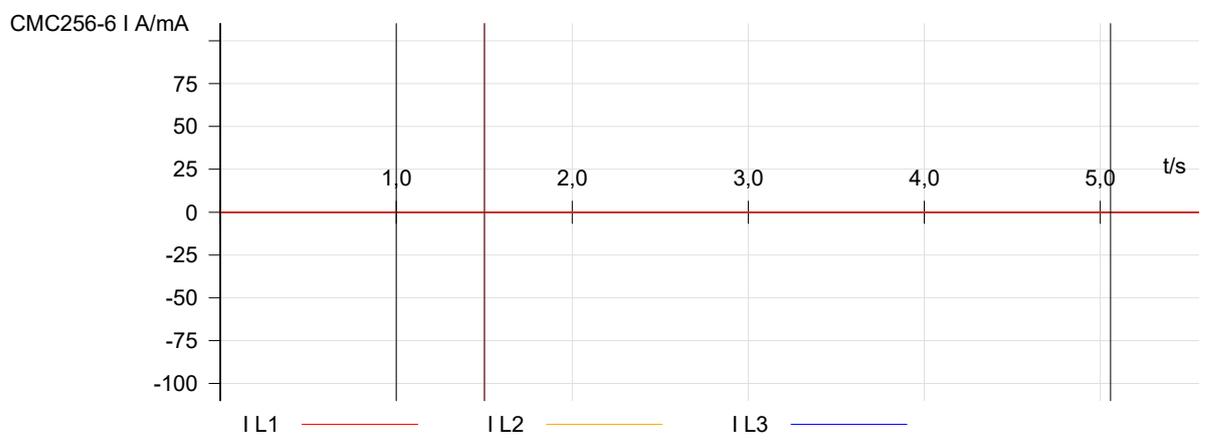
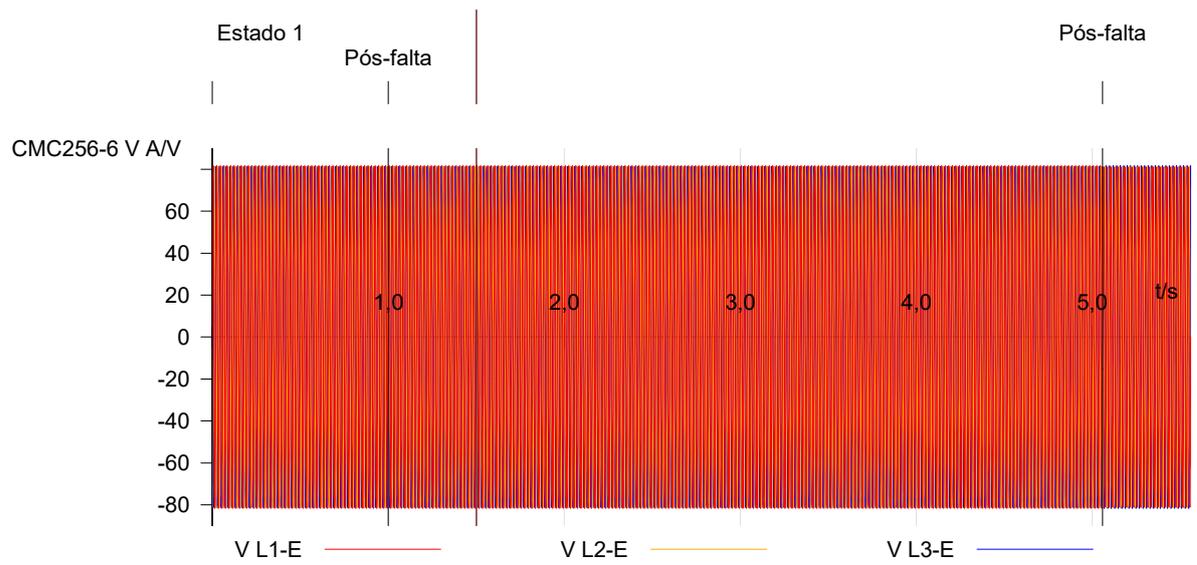
Versão: 3.10
 Fim do Teste: 08-jun-2017 15:27:34
 Gerente: Carreiro

Resultados do teste

Avaliação do Tempo

Nome	Ignorar antes	Início	Parar	Tnom	Tdesv-	Tdesv+	Tatual	Tdesv	Aval.
Disparo Disjuntor			Disp. Disjuntor_PEA_27 0>1	20,00 ms	50,00 ms	50,00 ms			o o

Aval.: + .. Aprovado x .. Reprovado o .. Não avaliado



Dados do Cursor

	Tempo	Sinal	Valor
Cursor 1	1,50 s	<nenhum>	n/a
Cursor 2	1,50 s	<nenhum>	n/a
C2 - C1	0,00 s		n/a

Gravador de eventos

Tempo	Tipo	Nome do sinal	Inclinação
5,059 s	Entrada	Liga Disjuntor_PEA_28	0>1
5,209 s	Entrada	Disjuntor Ligado_AIG_13	0>1
5,397 s	Entrada	Liga Disjuntor_PEA_28	1>0

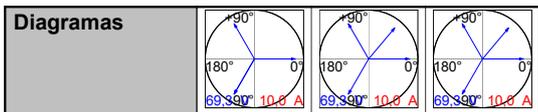
Estado do teste:

Teste aprovado

FechoManual_Disjuntor_Sem_Sincronismo:

Ajustes do teste

Estado	Estado 1	Pós-falta	Pós-falta
V L1-E	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 0,00 ° 50,000 Hz
V L2-E	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz
V L3-E	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 120,00 ° 50,000 Hz
I L1	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 0,00 ° 50,000 Hz
I L2	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A -120,00 ° 50,000 Hz
I L3	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz	0,000 A 120,00 ° 50,000 Hz
V(2)-1	57,74 V -120,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 50,00 ° 50,000 Hz	57,74 V 50,00 ° 50,000 Hz
Tempo máx. do estado	1,000 s		500,0 ms
Lógica de trigger		OU	
Liga Disjuntor_PEA_28		1	
Interação do usuário	Não	Não	Não
Trigger CMGPS	Não	Não	Não
Acionador IRIG-B/PTP	Não	Não	Não
Pulsos/segundos	1	1	1
Atraso após Trigger	0,000 s	0,000 s	0,000 s
No trigger, ir para o final do teste	Não	Não	Não



Comentário

Módulo de teste

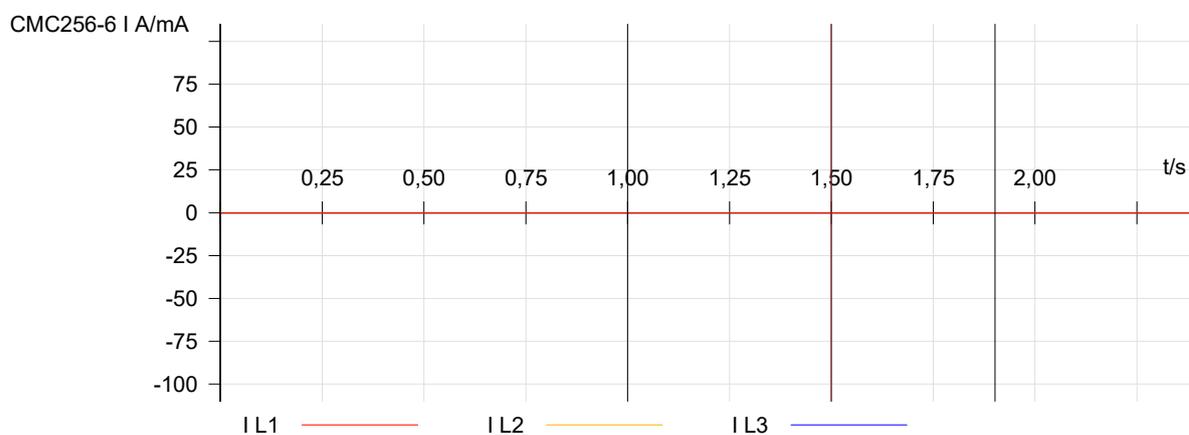
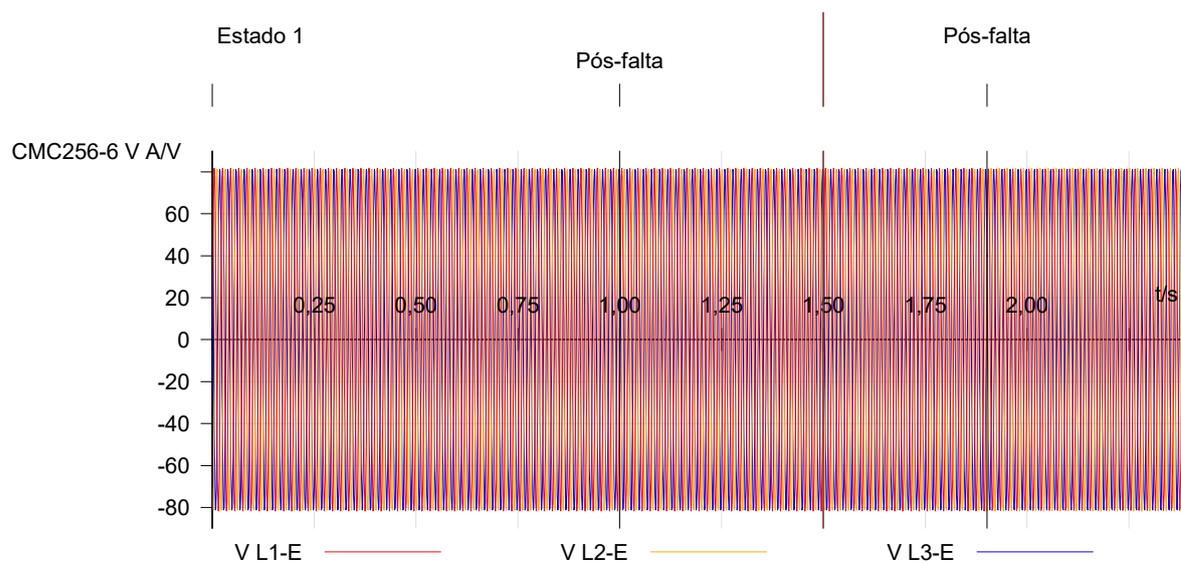
Nome:	OMICRON State Sequencer	Versão:	3.10
Início do teste:	08-jun-2017 15:28:45	Fim do Teste:	08-jun-2017 15:28:50
Nome do Usuário:	Nuno Carreiro	Gerente:	Carreiro
Companhia:	EDP		

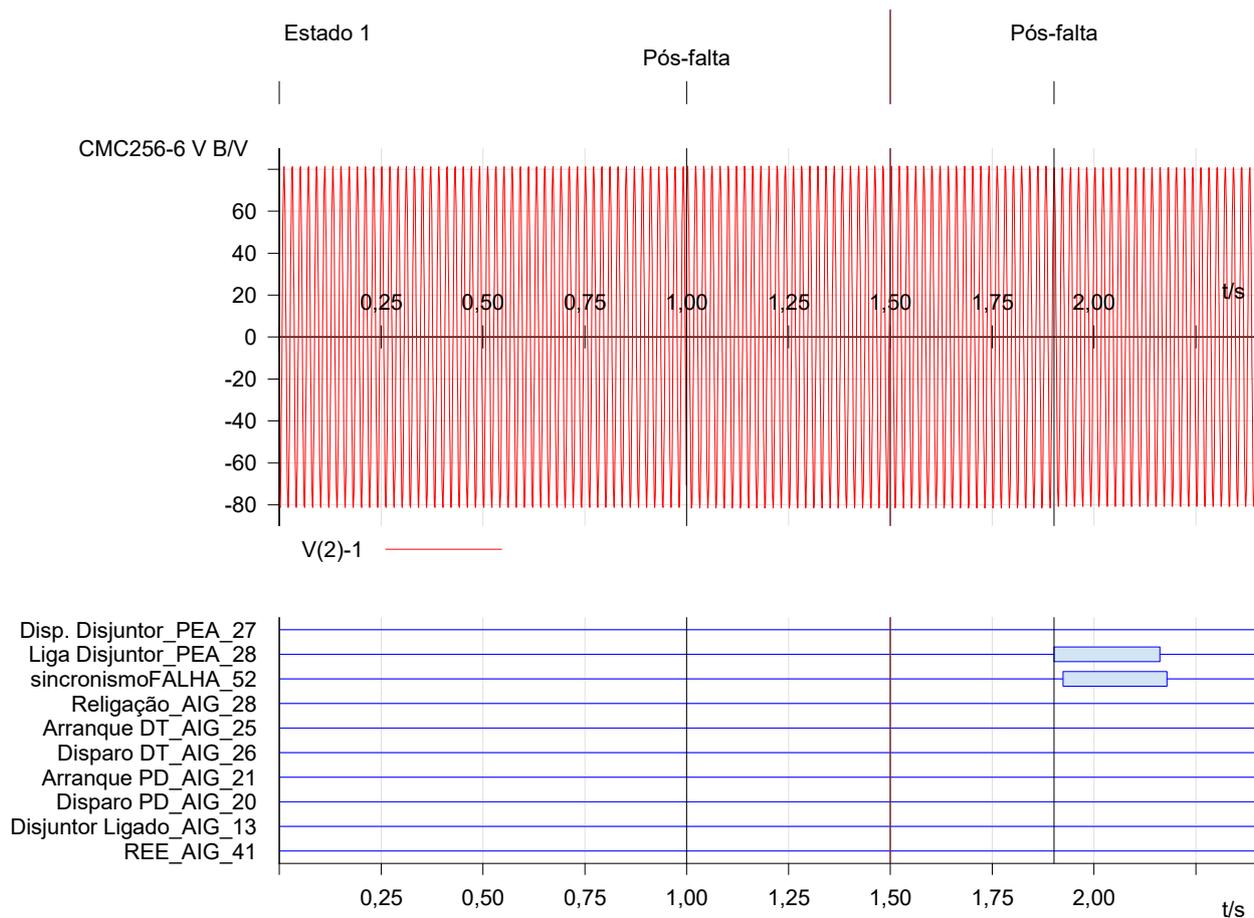
Resultados do teste

Avaliação do Tempo

Nome	Ignorar antes	Início	Parar	Tnom	Tdesv-	Tdesv+	Tatual	Tdesv	Aval.
Disparo Disjuntor			Disp. Disjuntor_PEA_27 0>1	20,00 ms	50,00 ms	50,00 ms			o o

Aval.: + .. Aprovado x .. Reprovado o .. Não avaliado





Dados do Cursor

	Tempo	Sinal	Valor
Cursor 1	1,50 s	<nenhum>	n/a
Cursor 2	1,50 s	<nenhum>	n/a
C2 - C1	0,00 s		n/a

Gravador de eventos

Tempo	Tipo	Nome do sinal	Inclinação
1,902 s	Entrada	Liga Disjuntor_PEA_28	0>1
1,924 s	Entrada	sincronismoFALHA_52	0>1
2,162 s	Entrada	Liga Disjuntor_PEA_28	1>0
2,179 s	Entrada	sincronismoFALHA_52	1>0

Estado do teste:
Teste aprovado

Nota: O MI da 7sj645 foi alterado de 1.19A para 1.3A de 1.6s para 1.7s depois dos ensaios.

Group end:PD

Anexo F

Nós Lógicos [12]

F.1 Nós Lógicos para Funções de Proteção

- **PTEF**: Proteção de defeitos à terra transitórios;
- **PZSU**: Proteção de velocidade zero e baixa velocidade, isto é, se um dispositivo funciona quando a velocidade de uma máquina baixa do valor definido;
- **PDIS**: Proteção de Distância. O relé atua quando o valor de admitância, impedância ou reactância sai da gama de valores definida;
- **PVPH**: Proteção de rácio de tensão/frequência. Quando um relé funciona em situações de em que o rácio de tensão frequência excede um valor pré-definido. Pode conter característica instantânea ou de tempo;
- **PTUV**: Proteção de mínimo de tensão. O rele atua quando o valor de tensão baixa de um valor pré-definido;
- **PDPR**: Proteção direcional de potência. O relé opera num determinado valor de fluxo de potência ou num fluxo inverso resultante da perda de um motor de um gerador;
- **PWDE**: Proteção de defeito à terra direcional. O relé atua para um determinado valor de potência numa única direção;
- **PUCP**: Proteção de mínimo de corrente ou potência. O relé atua quando o valor de corrente ou potência diminui de um determinado valor;
- **PUEX**: Proteção de perda de campo. O relé deve atuar quando há diminuição do campo de excitação;
- **PPBR**: Proteção de inversão de correntes de fase. O relé funciona quando se verifica desequilíbrio nas correntes ou inversão na sequência de fases;
- **PPBV**: Proteção de sequência de fases de tensão;

- **PMSU**: Proteção de arranque do motor. Esta função supervisiona o arranque do motor e previne sobrecargas;
- **PTTR**: Proteção térmica de sobrecarga. O relé térmico da máquina ou transformador funciona quando a temperatura excede um valor definido;
- **PROL**: Proteção térmica de sobrecarga no rotor;
- **PSOL**: Proteção térmica de sobrecarga no estator;
- **PIOC**: Proteção de sobreintensidade de característica instantânea. O relé funciona, instantaneamente, quando o valor de corrente excede um determinado valor;
- **PTOC**: Proteção de sobreintensidade de característica temporizada. O relé funciona, com uma temporização, quando o valor de corrente excede um determinado valor;
- **PVOC**: Proteção de sobreintensidade com tensão controlada;
- **PPFR**: Proteção de fator de potência. O relé atua quando o valor de fator de potência aumenta ou diminui de um valor especificado;
- **PTOV**: Proteção de sobretensão. O relé atua quando a tensão de entrada é superior ao valor definido;
- **PDOV**: Proteção de sobretensão (DC);
- **PVCB**: Proteção de equilíbrio de tensão ou corrente. O relé opera na presença de diferenças de tensão ou correntes de dois circuitos;
- **PHIZ**: Pesquisa de terras. O relé atua na falha de uma máquina ou de isolamento à terra;
- **PREF**: Proteção do rotor contra defeitos à terra;
- **PSEF**: Proteção do estator contra defeitos à terra;
- **PITF**: Proteção entre espiras contra defeitos à terra;
- **PDOC**: Proteção direcional de sobreintensidade (AC). O relé atua para excessos de corrente numa determinada direção;
- **PDEF**: Proteção direcional contra defeitos à terra;
- **PDCO**: Proteção de sobreintensidade (DC). O relé atua para valores excessivos de corrente;
- **PPAM**: Proteção de ângulo de fase. O relé atua num determinado valor de ângulo de fase entre duas correntes, ou entre duas tensões ou entre uma corrente e uma tensão;
- **PFRQ**: Proteção de frequência. O relé opera na existência de desvios de frequência;

- **PDIF**: Proteção diferencial. O relé atua quando há uma diferença quantitativa entre dois valores de variáveis da mesma grandeza elétrica;
- **PPDF**: Proteção de comparação de fases;
- **PLDF**: Proteção diferencial de linha;
- **PNDF**: Proteção de defeito à terra restrito;
- **PTDF**: Proteção diferencial de transformador;
- **PBDF**: Proteção de barramento;
- **PMDF**: Proteção diferencial de motor;
- **PGDF**: Proteção diferencial de gerador.

Nós Lógicos para Funções relacionadas com a Proteção:

- **RDRE**: Registo de perturbações (aquisição), ao nível das unidades de painel (*bay level*) e de processo (*process level*);
- **RDRS**: Registo de perturbações (avaliação), ao nível de subestação (*station level*);
- **RREC**: Religação automática;
- **RBRF**: Falha de disjuntor;
- **RCPW**: Ligação analógica entre dois relés em duas subestações adjacentes (por exemplo proteção diferencial ou de distância)
- **RFLO**: Localizador de defeitos;
- **RSYN**: Verificação de sincronismo;
- **RPSB**: Bloqueio de variação de potência.

F.2 Nós Lógicos para Controlo

- **CALH**: Gestão de alarmes (criação de grupos de alarmes e grupos de eventos);
- **CSWI**: Controlo de interruptores. Dispositivos descritos por XCBR e XSWI;
- **CPOW**: Controlo de disjuntor com capacidade de comutação ‘point-on-wave’;
- **CILO**: Função de Bloqueio de interruptores (em nível de subestação e de unidades de painel);
- **IHMI**: Interface Homem máquina. Controlo local das unidades de painel e controlo ao nível de subestação (*station level*);

- **ITCI:** Interface de controlo remoto ou de telecomando;
- **ITMI:** Interface de monitorização remota;
- **IARC:** Função de arquivo. Arquivo de dados históricos de informação completa ao nível da Subestação;
- **ATCC:** Controlo automático das tomadas;
- **AVCO:** Controlo automático de tensão;
- **ARCO:** Controlo de reativa;
- **ANCR:** Controlo de Bobina de Petersen;
- **AZVT:** Controlo de tensão nula;
- **GAPC:** Controlo automático de processo. É um LN genérico, especialmente, para funções desconhecidas.

F.3 Nós Lógicos para Medidas

- **MMXU:** Medidas para fins operacionais. Para aquisição de valores originários de Transformadores de Corrente (TI's) e Transformadores de Tensão (TT's), bem como para realização de cálculos, como valores r.m.s. ou fluxos de potência;
- **MMTR:** Medidas para fins comerciais. Medidas essencialmente utilizadas para faturação a clientes;
- **MSQI:** Sequências e desequilíbrios. Utilizado para fins de verificação de estabilidade;
- **MHAI:** Harmónicos. Para fins de qualidade de energia.

F.4 Nós Lógicos para Dispositivos Físicos

O LN para identificação e descrição do comportamento de Dispositivos Físicos (PD) é o LLN0, Nó Lógico de dispositivo. Este LN contém informação relativa ao IED do PD. É também utilizado para ações comuns a todos os LN's.

F.5 Nós Lógicos para Sistema e Segurança do Dispositivo

A segurança é definida por um único LN, o GSAL, Aplicação Geral de Segurança. Este contém registos de violações de segurança.

F.6 Nós Lógicos relacionados com os equipamentos primários

- **XCBR**: Disjuntor. Este LN cobre todos os equipamentos com capacidade de interromper curto-circuitos;
- **XSWI**: Interruptor. Este LN cobre todos os equipamentos interruptores sem capacidade de cortar curto-circuitos, como seccionadores e seccionadores terra.

Para funções de monitorização por sensores existem os seguintes LN's:

- **SIMS**: Supervisão de Isolamento médio. É utilizado para funções como volumes de gás (GIS), pressão e temperatura;
- **SARC**: Monitorização e diagnóstico de arcos;
- **SPDC**: Monitorização e diagnóstico de descargas parciais.

Os transformadores utilizados na aquisição de medidas, Transformadores de Corrente e Transformadores de Tensão são definidos pelos LN's, respetivamente, **TCTR** e **TVTR**.

Ao nível dos transformadores de potência estão designados os seguintes LN's:

- **YPTR**: Transformador de Potência;
- **YLTC**: Alteração das Tomadas dos Transformadores;
- **YEFN**: Bobina de Petersen ou neutralizador de defeitos à terra;
- **YPSH**: 'Power Shunt' para contornar terras resistivas em caso de defeito.

Outros LN's para equipamentos do Sistema de Potência são:

- **ZAXN**: Rede Auxiliar. LN genérico para troca de informação com uma rede auxiliar (fontes de alimentação);
- **ZBAT**: Baterias. Transmite informação sobre o estado das baterias e pode ser usado para controlo de ciclos de carga e descarga;
- **ZBSH**: Isolador. Supervisão de isoladores;
- **ZCAB**: Cabos elétricos. Supervisão de elemento do sistema de alimentação;
- **ZCAP**: Banco de Condensadores. Controlo do fluxo de Potência Reativa;
- **ZCON**: Conversor AC/DC;
- **ZGEN**: Gerador. LN genérico para troca de informação com geradores;
- **ZGIL**: Isolamento a Gás (GIL da nomenclatura anglo-saxónica: *Gas isolated Line*). Mistura de informação dos LN's SIMS, SARC e SPDC;

- **ZLIN**: Supervisão de Linha Aérea;
- **ZMOT**: Motor. LN genérico para troca de informação com motores;
- **ZREA**: Reator. Para controlo de Fluxo de Potência Reativa;
- **ZRRC**: Componente rotativo. Também para controlo de Fluxo de Potência Reativa;
- **ZTCF**: Controlo de tirístores (conversor de frequência). Conversão de frequência incluindo conversão AC/DC;
- **ZTCR**: Controlo de tirístores (componente reativa). Controlo de Fluxo de Potência Reativa.

Existe ainda o LN GGIO que define Nós Lógicos Genéricos, para definição de saídas que não sejam cobertas pelos LN's presentes na Norma.

F.7 Nós Lógicos relacionados com Serviços de Sistema

Funções de sistema como a sincronização temporal e a supervisão do sistema são requisitos do SAS e são suportados na norma IEC 61850. Os LN's definidos para tal são:

- **STIM**: 'Tempo Mestre'. LN para garantir um tempo sincronizado ao sistema;
- **SSYS**: Supervisão de Sistema. Recolha e processamento de informação para supervisão do sistema;
- **GTES**: Gerador de teste. LN para iniciar testes, utilizando sinais processados, mas evitando qualquer impacto no processo.

Anexo G

Estados Associados a cada Descritivo

Tabela G.1: Estados das Sinalizações associadas às funções do Disjuntor

Descritivo	Estado 0	Estado 1	Estado 2	Estado 3
BLOCO DISJUNTOR	ANOMALIA 00	EXTRAIDO	INTRODUZIDO	ANOMALIA 11
BLOCO DISJUNTOR 1	EXTRAIDO	INTRODUZIDO	-	-
BLOCO DISJUNTOR 2	EXTRAIDO	INTRODUZIDO	-	-
CIRCUITO COMANDO DISJ	NORMAL	FALHA	-	-
DESL FREQUENCIA DISJ	NORMAL	DISPARO	-	-
DESL TENSAO DISJ	NORMAL	DISPARO	-	-
DISJ CA PAINEL	LIGADO	DESLIGADO	-	-
DISJ CC COM CONTROLO	LIGADO	DESLIGADO	-	-
DISJ CC FORCA MOTRIZ	LIGADO	DESLIGADO	-	-
DISJ EM REE	NORMAL	DISPARO	-	-
DISJ ENERGIA CORTADA	NORMAL	ALARME	-	-
DISJ FALHA PROT	NORMAL	ALARME	-	-
DISJ PERM DESLIGAR	NORMAL	BLOQUEADO	-	-
DISJ PERM LIGAR	NORMAL	BLOQUEADO	-	-
DISJ TT CONT	LIGADO	DESLIGADO	-	-
DISJ TT PROT	LIGADO	DESLIGADO	-	-
DISJUNTOR	ANOMALIA 00	DESLIGADO	LIGADO	ANOMALIA 11
DISJUNTOR 1	DESLIGADO	LIGADO	-	-
ESTADO PAINEL	ENSAIO	NORMAL	-	-
MOLAS DISJUNTOR	NORMAL	FROUXAS	-	-
PESQ TERRAS DISJ	NORMAL	DISPARO	-	-
RELIGACAO DISJ	NORMAL	DISPARO	-	-

Tabela G.2: Estados das Sinalizações associadas às funções de Corrente

Descritivo	Estado 0	Estado 1
MAX FASE + MIH INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX FASE + MIH TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX FASE INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX FASE TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I>INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I>TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I»INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I»TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I»>INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I»>TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I _o INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I _o TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I _o >INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I _o >TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I _o »INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I _o »TEMP	NORMAL	DISPARO
MAX I _o INST	NORMAL	ARRANQUE
MAX I _o TEMP	NORMAL	DISPARO

Tabela G.3: Estados das Sinalizações associadas às funções de Religação

Descritivo	Estado 0	Estado 1
FUNCAO RELIGACAO	EM SERVICO	FORA SERVICO
FUNCAO RELIGACAO	NORMAL	BLOQUEADO
FUNCAO RELIGACAO	NORMAL	INTERROMPIDA
RELIGACAO CICLO 1	FIM	EM CURSO
RELIGACAO CICLO 2	FIM	EM CURSO
RELIGACAO CICLO 3	FIM	EM CURSO
RELIGACAO DISPARO	NORMAL	DEFINITIVO
RELIGACAO L1	INACTIVO	ACTIVO
RELIGACAO L1+L2	INACTIVO	ACTIVO
RELIGACAO LENTA 1	FIM	EM CURSO
RELIGACAO LENTA 2	FIM	EM CURSO
RELIGACAO PAINEL	FIM	EM CURSO
RELIGACAO PATR	FIM	EM CURSO
RELIGACAO RAPIDA	FIM	EM CURSO

Tabela G.4: Estados das Sinalizações associadas a outras funções

Descritivo	Estado 0	Estado 1	Estado 2	Estado 3
SECCIONADOR BARR	ANOMALIA 0	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 1
SECCIONADOR BARR1	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR BARR2	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR BARR3	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR BARR4	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR BYPASS	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR CABO	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR ISOLAMENTO	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR LINHA	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SECCIONADOR TERRA	ANOMALIA 00	ABERTO	FECHADO	ANOMALIA 11
SINCRONIZACAO UP1	NORMAL	FALHA	-	-
SUPERVISAO CIRCUIT DESL	NORMAL	ALARME	-	-
SUPERVISAO CIRCUIT LIGAR	NORMAL	ALARME	-	-
TRANSFORMADOR DE TENSÃO	ANOMALIA 00	EXTRAIDO	INTRODUZIDO	ANOMALIA 11
UNIDADE PAINEL	NORMAL	FALHA	-	-
PESQ TERRAS PAINEL	INACTIVO	ACTIVO	-	-
PRESSAO SF6 N1	NORMAL	ALARME	-	-
PRESSAO SF6 N2	NORMAL	DISPARO	-	-
PRESSAO SF6 PAINEL	NORMAL	ALARME	-	-
PROT ARRANQUE A FRIO	NORMAL	ACTUADO	-	-
PROT DEFEITO FASE-FASE	NORMAL	DISPARO	-	-
PROT DEFEITO FASE-TERR	NORMAL	DISPARO	-	-
PROT TERRAS RESIST INST	NORMAL	ARRANQUE	-	-
PROT TERRAS RESIST TEMP	NORMAL	DISPARO	-	-
PROTECCOES (AGRUPAMENTO)	NORMAL	DISPARO	-	-
REE DISCORDANTE	NORMAL	ALARME	-	-
REGIME EXPLORACAO	-	NORMAL	-	-
REGIME EXPLORACAO	-	REE A	-	-
REGIME EXPLORACAO	-	REE B	-	-
REGIME EXPLORACAO	NORMAL	-	-	-
REGIME EXPLORACAO	NORMAL	ESPECIAL	-	-
REGIME EXPLORACAO	NORMAL	REE A	REE B	ANOMALIA
REGIME NEUTRO	IMPEDANTE	ISOLADO	-	-
MODO FUNCION PAINEL	ANOMALIA 00	DISTANCIA	LOCAL	ANOMALIA 11
MODO FUNCION PAINEL	ANOMALIA 00	LOCAL	DISTANCIA	ANOMALIA 11
MODO FUNCION PAINEL	DISTANCIA	LOCAL	-	-
MODO FUNCION PAINEL	LOCAL	DISTANCIA	-	-
ARCO INTERNO BARR	NORMAL	ACTUADO	-	-
ARCO INTERNO CABOS	NORMAL	ACTUADO	-	-
ARCO INTERNO DISJ	NORMAL	ACTUADO	-	-
ARCO INTERNO PAINEL	NORMAL	ACTUADO	-	-
COMUNICACAO UP1	NORMAL	FALHA	-	-
COMUNICACAO UP1-BDD	NORMAL	FALHA	-	-
CONDUTOR DA LINHA	NORMAL	PARTIDO	-	-
DESL+REP FREQ ESCALAO	ESCALAO 1	ESCALAO 2	-	-

Tabela G.5: Estados das funções associadas a Medidas

Descritivo	Tipo
CORRENTE	Real
CORRENTE FASE L2	Real
CORRENTE FASE L3	Real
CORRENTE HOMOP	Real
DISJ N° MANOBRAS	Número
POTENCIA ACTIVA	Real
POTENCIA REACTIVA	Real
REACT DEFEITO	Real
RESIST DEFEITO	Real

Tabela G.6: Estados associados às funções de Comando

Descritivo	Estado
DESL+REP FREQ: 1° ESC	ACTIVAR
DESL+REP FREQ: 2° ESC	ACTIVAR
DESL+REP FREQ: DESL	ACTIVAR
DESL+REP FREQ: DESL+REP	ACTIVAR
DESL+REP FREQ: S/PROG	ACTIVAR
DESL+REP TENS: DESL	ACTIVAR
DESL+REP TENS: DESL+REP	ACTIVAR
DESL+REP TENS: S/PROG	ACTIVAR
DISJUNTOR DESLIGAR	DESLIGAR
DISJUNTOR LIGAR	LIGAR
DISJUNTOR ESTADO	DESENCRAVAR
FUNCAO RELIGACAO	EM SERVICO
FUNCAO RELIGACAO	FORA SERVICO
PROGRAMA RELIG L1	ACTIVAR
PROGRAMA RELIG L1+L2	ACTIVAR
PROGRAMA RELIG RR	ACTIVAR
PROGRAMA RELIG RR+L1	ACTIVAR
PROGRAMA RELIG RR+L1+L2	ACTIVAR
REGIME EXPLORACAO NORMAL	NORMAL
REGIME EXPLORACAO REEA	REE A
REGIME EXPLORACAO REEB	REE B
SECC LINHA ABRIR	ABRIR
SECC LINHA FECHAR	FECHAR
PROT TERRA RESIST	BLOQUEAR
PROT TERRA RESIST	DESBLOQUEAR

Referências

- [1] EDP Distribuição Energia SA. Instalações AT e MT. Subestações de Distribuição: Ensaios de funcionamento e verificações gerais - DPE-C13-500/N. 2007. URL: www.edpdistribuicao.pt.
- [2] EDP Distribuição Energia SA. Instalações AT e MT. Subestações de Distribuição: Sistemas de Protecção, Comando e Controlo Numérico (SPCC), Características e ensaios - DMA-C13-501/N. 2007. URL: www.edpdistribuicao.pt.
- [3] P. Cardoso. Avaliação do Impacto em Comissionamento e Testes de Funcionamento numa Subestação com Protocolo CEI 61850. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2013.
- [4] D. Martins. Normalização de Metodologias de Ensaios de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2014.
- [5] J. M. Gers e E. J. Holmes. *Protection of Electricity Distribution Networks, 2nd Edition*. The Institution of Electrical Engineers, 2004.
- [6] EDP Distribuição Energia SA. Subestações de distribuição at/mt: Protocolos de ensaios funcionais. 27 de Janeiro de 2009.
- [7] EDP Distribuição Energia SA. Instalações AT e MT. Subestações de Distribuição: Memória, Projecto-tipo - DIT-C13-500/N. 2007. URL: <http://www.edpdistribuicao.pt>.
- [8] OMICRON. The High Precision Relay Test Set and Universal Calibrator CMC 256plus – High Precision Relay Testing and, 2013. URL: https://www.omicronenergy.com/fileadmin/user_upload/pdf/literature/CM-Line-Catalog-ENU.pdf.
- [9] B. Sampaio. Desenvolvimento de modelo de ensaio de Sistemas de Protecção, Comando e Controlo Numérico (SPCC) em Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED) utilizando o software OMICRON “Test Universe”. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2007.
- [10] OMICRON. Testing Solutions for Protection and Measurement Systems- Product Catalog. URL: www.omicron.at.
- [11] OMICRON. State Sequencer. URL: <https://www.omicronenergy.com/en/products/all/secondary-testing-calibration/test-universe/modules/state-sequencer/>.

- [12] G. Silva. Definição de Requisitos Necessários à Interoperabilidade entre IED ' s na Rede Elétrica de Distribuição. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, 2015.
- [13] International Standard. *IEC 61850-7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes*. IEC, 2003.
- [14] International Standard. *IEC 61850-5: Communication requirements for functions and device models*. IEC, 2003.
- [15] International Standard. *IEC 61850-7-3: Common data classes Reference*. IEC, 2003.
- [16] International Standard. *IEC 61850-7-1: Principles and models*. IEC, 2003.
- [17] International Standard. *IEC 61850-8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mapping to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3*. IEC, 2004.
- [18] International Standard. *IEC 61850-6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs*. IEC, 2003.
- [19] Douglas Proudfoot. UCA and 61850 for Dummies. *Siemens Power Transmission and Distribution*, 2002.
- [20] R. E. Mackiewicz. Overview of iec 61850 and benefits. In *2006 IEEE PES Power Systems Conference and Exposition*, pages 623–630, Oct 2006.
- [21] International Standard. *IEC 61850-10: Conformance testing*. IEC, 2005.
- [22] Eric a Udren and David J Dolezilek. IEC 61850: Role of Conformance Testing in Successful Integration. page 12, 2006.
- [23] International Standard. *IEC 61850-4: System and project management*. IEC, 2002.
- [24] International Standard. *IEC 61850-7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ASCI)*. IEC, 2003.
- [25] International Standard. *IEC 61850-9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link*. IEC, 2003.
- [26] International Standard. *IEC 61850-9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3*. IEC, 2004.
- [27] J. C. Tan, C. Zhang, and Z. Q. Bo. The importance of IEC 61850 interoperability testing. *Proceedings of the Universities Power Engineering Conference*, 2008.
- [28] Stanley Horowitz and Arun Phadke. *Power Systems Relaying*. Fourth edition.
- [29] EFACEC. Unidade Terminal de Protecção e Controlo de Transformadores - TPU TD420. 2015.
- [30] EDP Distribuição Energia SA. *Guia Geral de Protecção e Automação da RND*. 2011.
- [31] M. Guerra. Especificação dos Requisitos de Um Sistema Automático de Aquisição e Tratamento de Oscilografia para Apoio à Manutenção dos Sistemas de Protecção da Rede Nacional de Transporte. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2014.

- [32] Günther Senfter. Iec61850—is it worth the trouble? *CIREN 2007*, 2007.