

Submódulo 2.11

Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção

Requisitos

Revisão	Motivo da revisão	Data de aprovação
2024.05	Despacho ANEEL nº 1.580/2024	21/05/2024

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

ÍNDICE

1. OBJETIVO	4
2. ASPECTOS GERAIS	4
3. REQUISITOS GERAIS	5
4. SISTEMAS DE PROTEÇÃO	6
4.1. Requisitos gerais.....	6
4.2. Linhas de transmissão	7
4.2.1. Requisitos gerais.....	7
4.2.2. Esquemas de religamento automático.....	8
4.3. Verificação de sincronismo manual.....	10
4.4. Unidades transformadoras de potência.....	10
4.5. Reatores em derivação.....	11
4.6. Barramentos.....	13
4.7. Falha de disjuntor.....	13
4.8. Bancos de capacitores em derivação	14
4.9. Bancos de capacitores série	14
4.10. Filtros	15
4.11. Elos de corrente contínua	15
4.12. Compensadores estáticos	16
4.13. Compensadores síncronos	16
4.14. Documentação técnica.....	17
5. SISTEMAS DE REGISTRO DE PERTURBAÇÕES	17
5.1. Requisitos gerais.....	17
5.2. Requisitos funcionais.....	17
5.3. Rede de coleta de registros de perturbação dos agentes	18
5.4. Registro de perturbações	19
5.4.1. Terminais de linha de transmissão	19
5.4.2. Barramentos.....	19
5.4.3. Unidades transformadoras de potência.....	20

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024
5.4.4. Reatores em derivação				20
5.4.5. Bancos de capacitores em derivação				21
5.4.6. Bancos de capacitores série				21
5.4.7. Bancos de filtros				21
5.4.8. Elos de corrente contínua.....				22
5.4.9. Compensadores estáticos.....				23
5.4.10. Compensadores síncronos				23
6. SISTEMAS DE TELEPROTEÇÃO.....				24
6.1. Canais				24
7. REDES UTILIZADAS PARA PROTEÇÃO.....				25
7.1. Redes locais utilizadas para proteção				25
7.2. Requisitos para redes externas utilizadas para proteção.....				26
8. REFERÊNCIAS				27

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

1. OBJETIVO

1.1. Estabelecer requisitos técnicos mínimos e características funcionais para os seguintes sistemas:

- (a) sistema de proteção;
- (b) sistema de registro de perturbações;
- (c) sistema de teleproteção, e
- (d) redes de comunicação utilizadas para proteção.

1.2. Os requisitos técnicos mínimos descritos neste submódulo aplicam-se a todas as instalações de transmissão integrantes da Rede Básica. Para as instalações existentes, a adequação aos citados requisitos deve ocorrer nos casos de:

- (a) ampliações;
- (b) melhorias e reforços de grande porte;
- (c) melhorias e reforços de pequeno porte relacionados a sistemas de proteção, registros de perturbações, teleproteção e redes de comunicação utilizadas para proteção; e
- (d) identificação da necessidade e determinação pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

1.3. Os requisitos técnicos mínimos também se aplicam às instalações de transmissão de energia elétrica destinadas a interligações internacionais (ITI) conectadas à Rede Básica, e às Demais Instalações de Transmissão (DIT) ou instalações de transmissão de interesse exclusivo de centrais de geração para conexão compartilhada (ICG) diretamente conectadas a barramentos da Rede Básica, conforme Submódulo 2.10 – Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão.

1.4. Os requisitos técnicos mínimos aplicáveis às instalações de transmissão integrantes ou que venham a integrar a Rede de Operação com tensão nominal inferior a 230 kV, e às DIT ou às ICG não conectadas diretamente a barramentos da Rede Básica são aqueles definidos pelo agente de transmissão responsável por essas instalações, exceto quando requisitos específicos tenham sido estabelecidos em ato de outorga do empreendimento, ou por indicação do ONS.

2. ASPECTOS GERAIS

2.1. Os termos a seguir tem os seguintes significados, neste submódulo:

- (a) Canal Lógico - refere-se ao significado de canal, como um meio de transmissão de sinal entre dois pontos, podendo compartilhar caminhos físicos com outros canais, com alocação de banda de frequência, comprimento de onda ou slots de tempo próprios, conforme definido pela *International Telecommunication Union – ITU* [10];
- (b) *Sampled Values (SV)* - são mensagens para transmissão dos valores instantâneos digitalizados das grandezas primárias de tensões e correntes do sistema de potência; e
- (c) Segmento de Rede - refere-se a qualquer subdivisão física da rede de comunicação utilizada para proteção, composta por uma interligação física entre IED (*Intelligent Electronic Devices*), utilizando um roteador, *switch* ou *firewall*, ou outros equipamentos que compõem a rede de comunicação [11].

3. REQUISITOS GERAIS

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

3.1. Os materiais e equipamentos a serem utilizados devem ser projetados, fabricados, montados e ensaiados em conformidade com as revisões mais recentes das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, no que for aplicável, e, na falta dessas, com as revisões mais recentes das normas da *International Electrotechnical Commission* – IEC, da *American National Standards Institute* – ANSI ou do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* – IEEE, nessa ordem de preferência.

3.2. Os equipamentos e sistemas devem atender aos requisitos estabelecidos nas normas de compatibilidade eletromagnética aplicáveis, nos graus de severidade adequados para utilização em instalações de transmissão de sistemas elétricos de potência, inclusive subestações de extra alta tensão.

3.3. Cada sistema (proteção, registro de perturbações, teleproteção e redes de comunicação utilizadas para proteção) deve ser integrado no nível da instalação para permitir o acesso local ou remoto de todos os seus dados, ajustes, registros de eventos, grandezas de entrada e outras informações, respeitando critérios mínimos de segurança cibernética. Essa integração não deve impor restrições à operação dos componentes primários da instalação.

3.4. No caso de implantação de ampliação, melhoria ou reforço em instalações de transmissão, os respectivos sistemas de proteção, registro de perturbações, teleproteção e redes de comunicação utilizadas para os sistemas de proteção, devem ser compatibilizados com os já instalados e atender aos requisitos deste submódulo.

3.5. Os sistemas de proteção, registros de perturbação, teleproteção e redes de comunicação utilizados para proteção devem ser dotados de recursos de automonitoramento e autodiagnóstico, que devem incluir sinalização local e remota de falha e defeito. No caso de sistema de proteção, deve ocorrer o bloqueio automático da atuação do próprio item sob defeito. O mesmo deve ocorrer quando houver ausência de sinais analógicos ou amostrados dos quais dependa para seu funcionamento.

3.6. Os sistemas devem ter arquitetura aberta e utilizar protocolos de comunicação descritos em norma brasileira ou internacional, de forma a não impor restrições à ampliação da rede onde se aplicam e à sua integração com sistemas e equipamentos de outros fabricantes.

3.7. Cada sistema ou função de proteção principal que utilize sinais de sincronização temporal deverá utilizar uma fonte de sinal de tempo (GNSS - *Global Navigation Satellite System*) independente da fonte de sinal de tempo (GNSS) da proteção alternada.

3.8. Cada sistema ou função de proteção que utilize sincronização de tempo, deve implementar, de forma independente, um mecanismo automático de seleção e manutenção de um gerador de sinal de tempo específico para a proteção principal e outro para a proteção alternada, entre os IED ou relógios disponíveis, para servir de sinal de referência (*master or grandmaster clock*) para sincronização dos IED, em caso de perda do sinal de tempo externo GNSS usado como referência. O gerador de sinal de tempo deve possuir capacidade de manter erro em relação ao tempo do sistema GNSS menor que 1 microssegundo por pelo menos 1 hora após a perda do sinal GNSS.

3.9. Cada sistema ou função de proteção que utilize comunicação digital deverá atender aos requisitos temporais e de performance definidos para cada tipo de mensagem e função nas respectivas normas utilizadas para sua especificação e implementação.

3.10. Os sistemas devem ter recursos que possibilitem a intervenção das equipes de manutenção, sem que haja a necessidade de desligamento da respectiva Função Transmissão (FT) e, também não ocasione nenhuma interferência na rede de comunicação para proteção do(s) vão(s) adjacente(s).

3.11. Os ajustes das proteções das instalações devem ser definidos e implantados pelos agentes de transmissão responsáveis pelas instalações, de forma a garantir a integridade dos componentes, mantendo

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

seletividade com os componentes adjacentes e atendendo aos requisitos mínimos estabelecidos neste submódulo e às filosofias de proteção estabelecidas pelo ONS [1][2][3].

3.12. Os requisitos desse submódulo também se aplicam às novas linhas resultantes de seccionamento de linha de transmissão existente.

4. SISTEMAS DE PROTEÇÃO

4.1. Requisitos gerais

4.1.1. Todo componente deve ser protegido localmente por dois sistemas de proteção redundantes e independentes, a saber: proteção principal e proteção alternada. A independência deve ser tanto em *hardware* (localizados em dispositivos físicos distintos) quanto em *software* (processados por CPU distintas).

4.1.2. A proteção dos componentes deve ser concebida de maneira a não depender de proteção de retaguarda remota no sistema de transmissão e, quando de defeitos sólidos e sem ocorrência de falha de disjuntor, o tempo total de eliminação de faltas não deve exceder a:

- (a) 70 ms no caso de sistemas acima de 230 kV; e
- (b) 90 ms no caso de sistemas de 230 kV.

4.1.3. Devem ser previstos para os sistemas de proteção sensores e transformadores de instrumentos (TI), de corrente (TC) e potencial (TP), convencionais ou transformadores de instrumentos de baixa potência (LPIT - *Low Power Instrument Transformer*) em número e localização adequadas e com características nominais especificadas em função da aplicação.

4.1.4. No caso de aplicação de função diferencial para o componente, os somatórios de corrente necessários para compor as malhas diferenciais devem ser realizados internamente ao IED.

4.1.5. Os transformadores de corrente dos sistemas de proteção devem ser utilizados nas instalações de forma a permitir a superposição das zonas de atuação das proteções de equipamentos primários adjacentes, evitando a existência de zonas mortas. Excepcionalmente, em subestações cujos arranjos físicos permitem a existência de zonas mortas, e onde não há superposição das zonas de proteção de equipamentos primários adjacentes, devem ser usadas proteções que tenham funcionalidades que possam detectar faltas nessas zonas mortas.

4.1.6. Em subestações com arranjo do tipo disjuntor e meio, barra dupla com disjuntor duplo e anel, os sistemas de proteção devem prever lógica de detecção de faltas no trecho de barramento que permanece energizado quando a chave isoladora da respectiva função de transmissão estiver aberta e seus disjuntores fechados (*Stub Bus Protection*).

4.1.7. As correntes e tensões fornecidas para cada sistema de proteção, principal e alternada, devem ser obtidas de núcleos independentes de TC e de secundários diferentes de TP. Para sensores e transformadores de instrumentos de baixa potência (LPIT) os sinais amostrados de correntes e tensões para cada sistema de proteção, principal e alternada, devem ser obtidos de portas óticas independentes de cada LPIT. As fontes geradoras de sinal ótico utilizadas nos LPIT devem ser redundantes e independentes para as proteções principal e alternada. O mesmo se aplica às *Merging Units* (redundantes e independentes) quer sejam internas ou externas ao LPIT. As informações de correntes provenientes dos TC, para transformadores de instrumentos (TI) convencionais ou de baixa potência (LPIT), podem ser compartilhadas entre funções de transmissão adjacentes.

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.1.8. As proteções sujeitas a operação acidental por perda de potencial devem ter supervisão de tensão para bloqueio de operação e alarme.

4.1.9. Os sistemas de proteção principal e alternada, incluindo os IED, os dispositivos de comunicação das redes utilizadas para proteção, *switches*, roteadores, *gateways*, transformadores de instrumentos de baixa potência (LPIT), *Merging Units* e unidades de controle (quando redundantes), devem ser alimentados por bancos de baterias, retificadores e circuitos de corrente contínua independentes.

4.1.10. Os IED (*Intelligent Electronic Device*) e MU (*Merging Units*) de proteção principal e alternada devem ser independentes e dedicados para cada FT da instalação. No caso de MU, o compartilhamento entre diferentes FT pode ser realizado somente nos casos em que é possível o compartilhamento de informação de TC, conforme previsto no item 4.1.7.

4.1.11. Os sistemas de proteção, principal e alternada, devem ter dois circuitos de disparo independentes, em *hardware* e *software*, acionando as duas bobinas de disparo ou os dois módulos de controle de cada disjuntor.

4.1.12. Deve ser prevista a supervisão dos circuitos de corrente contínua dos dispositivos de proteção e dos equipamentos de telecomunicação utilizados para teleproteção, dos esquemas de religamento automático e sincronismo, de forma a indicar através de alarme qualquer anormalidade que possa implicar perda da confiabilidade operacional do sistema de proteção e controle. O mesmo requisito deve ser aplicado às *Merging Units* (MU).

4.2. Linhas de transmissão

4.2.1. Requisitos gerais

4.2.1.1. Cada terminal da LT deve ter proteção principal e proteção alternada, redundantes e independentes, ambas dotadas de esquemas de teleproteção, as quais devem estar, cada uma delas, compatível ao conjunto de proteção do outro terminal da LT.

4.2.1.2. Os sistemas de proteção devem dispor das seguintes funções e lógicas de proteção:

- (a) função de distância (21/21 N) para detecção de faltas entre fases e entre fases e terra, com temporizadores independentes por zona;
- (b) função de sobrecorrente direcional residual (67 N) e/ou de sequência negativa (67 Q), com unidades instantânea e temporizada;
- (c) lógica de detecção de perda de potencial para bloqueio de operação e alarme das funções de proteção que dependem de informação de potencial;
- (d) lógica de detecção de faltas que ocorram durante a energização da LT (*switch onto fault*);
- (e) funções de sobretensão (59) com elementos instantâneos e temporizados independentes nas três fases; e
- (f) função de bloqueio das unidades de distância por oscilação de potência (68 OSB), de disparo por oscilação de potência (68 OST) e de perda de sincronismo (78 OST).

4.2.1.3. No caso da utilização da função diferencial (87L) e funções baseadas no domínio do tempo (grandezas incrementais e ondas viajantes), os sistemas de proteção devem também dispor das funções e lógicas descritas no item 4.2.1.2. e atender ao item 4.2.2.2. deste submódulo e sincronização de tempo no caso das funções diferenciais.

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.2.1.4. Os esquemas de teleproteção para LT devem atender aos seguintes itens:

- (a) unidade instantânea da proteção de sobrecorrente direcional residual (67 N) e/ou de sequência negativa (67 Q) deve(m) atuar incorporada(s) ao esquema de teleproteção selecionado;
- (b) em esquemas de teleproteção permissivos por sobrealcance devem ser utilizadas lógicas de bloqueio temporário para evitar operação incorreta durante a eliminação sequencial de faltas em LT paralelas (*transient blocking*); e
- (c) os esquemas de teleproteção permissivos por sobrealcance devem ter lógicas para a devolução de sinal permissivo (*echo*) e de disparo para proteção de terminais com fraca alimentação (*weak infeed*).

4.2.1.5. Os sistemas de proteção, principal e alternada, devem permitir a eliminação de faltas em toda extensão da linha de transmissão, sem temporização intencional, mesmo em condições de fraca alimentação de um dos terminais.

4.2.1.6. Em LT conectada a barramento isolado a SF6, as proteções associadas ao compartimento de saída da LT, quando provocarem disparo local, devem comandar o envio de transferência direta de disparo para o terminal remoto (TDD) e atuar em relés de bloqueio.

4.2.1.7. Todas as atuações das proteções de linha, incluindo as proteções de sobretensão, devem comandar o envio de sinal de transferência de disparo para abertura dos disjuntores do terminal remoto.

4.2.2. Esquemas de religamento automático

4.2.2.1. As LT devem ser dotadas de dois esquemas de religamento automático e verificação de sincronismo, redundantes e independentes, em *hardware* e *software*, para religamento automático tripolar, monopolar e mono/tripolar, que podem estar integrados aos IED de proteção da LT.

4.2.2.2. Apenas as atuações das seguintes funções de proteção devem iniciar os esquemas de religamento automático:

- (a) proteções de linha de alta velocidade (zonas 1 e esquemas de teleproteção);
- (b) recepção de TDD por atuação das proteções de linha de alta velocidade (zonas 1 e esquemas de teleproteção).

4.2.2.3. As atuações das seguintes funções de proteção devem bloquear os esquemas de religamento automático:

- (a) proteções de falha de disjuntor;
- (b) proteções de reatores de linha não manobráveis.

4.2.2.4. Os esquemas de religamento automático devem ter os seguintes recursos:

- (a) prover facilidades para colocação ou retirada de serviço do religamento automático, e a alteração da modalidade do tipo de religamento;
- (b) em subestações com arranjo de barramento do tipo anel, barra dupla com disjuntor duplo ou disjuntor e meio, prever a possibilidade de religamento em quaisquer dos disjuntores associados à LT e prover facilidades para a seleção do disjuntor a religar;
- (c) para as funções de religamento monopolar e tripolar, ter ajustes independentes para o tempo morto;

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (d) uma vez iniciado um determinado ciclo de religamento, somente ser permitido um novo ciclo depois de decorrido um tempo mínimo ajustável, que se inicia com a abertura do disjuntor;
- (e) ser configurável para realizar o religamento automático para qualquer tipo de falha interna; e
- (f) ser prevista a possibilidade de seleção de qualquer um dos terminais da LT para religar primeiro (terminal líder). Esse religamento deve ocorrer depois de transcorrido o tempo morto ajustado. O outro terminal (terminal seguidor) deve religar com verificação de sincronismo, com ajustes independentes do grupo de verificação de sincronismo manual. Para permitir a seleção do terminal líder, ambos os terminais devem ser equipados com esquemas de religamento e de verificação de sincronismo. O terminal líder deve religar somente se não houver tensão na LT. O terminal seguidor deve religar somente depois da verificação de sincronismo, se houver nível de tensão adequado na LT, ou seja, entre os limites mínimo e máximo permitidos.

4.2.2.5. O esquema de religamento automático deve atender, adicionalmente, às seguintes condições:

- (a) para religamento monopolar, o desligamento e o religamento dos dois terminais da LT devem ser monopulares para faltas monofásicas, e o desligamento dos dois terminais da LT devem ser tripolares sem religamento para os demais tipos de falta. Caso não haja sucesso no ciclo de religamento monopolar, o desligamento deve ser tripolar;
- (b) durante o período de operação com fase aberta imposto pelo tempo morto do religamento monopolar, qualquer ordem de disparo deve ser tripolar, sem religamento da LT;
- (c) durante o ciclo de religamento monopolar, no caso de utilização de esquemas de teleproteção em sobrealcançe, com funções direcionais de sobrecorrente residual (ou de sequência negativa), deve ser previsto o bloqueio dessas funções durante o período de operação com fase aberta; e
- (d) para religamento mono/tripolar, o desligamento e o religamento dos dois terminais da LT devem ser monopulares para faltas monofásicas e desligamento e religamento tripolares para os demais tipos de falta. Caso não haja sucesso no ciclo de religamento monopolar, o desligamento deve ser tripolar;
- (e) para religamento tripolar o desligamento e religamento dos dois terminais da LT devem ser tripolares para todo os tipos de falta; e
- (f) os sistemas de proteção devem permitir a correta seleção das fases defeituosas para comandar o desligamento do disjuntor de forma monopolar ou tripolar.

4.2.2.6. A função para verificação de sincronismo para os esquemas de religamento automático, deve possibilitar ajustes da diferença de tensão, defasagem angular, diferença de frequência, e permitir a seleção das seguintes condições para fechamento do disjuntor:

- (a) barra viva - linha morta;
- (b) barra morta - linha viva;
- (c) barra viva - linha viva; e
- (d) barra morta - linha morta.

4.3. Verificação de sincronismo manual

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.3.1. As instalações devem ser providas de dispositivo ou função para a verificação das condições de sincronismo para o fechamento manual de seus disjuntores, com ajustes que permitam contemplar pelo menos duas condições de fechamento.

4.3.2. O dispositivo ou função de sincronização deve ter os seguintes recursos:

- (a) permitir o fechamento do disjuntor, após verificar que a diferença entre as tensões (módulo e ângulo de fase) e a diferença da frequência dos dois terminais estão dentro dos limites ajustados;
- (b) permitir o fechamento do disjuntor nas condições em que um ou ambos os lados do disjuntor estejam sem tensão – “barra viva-linha morta”, “barra morta-linha viva” ou “barra morta-linha morta”; e
- (c) exteriorizar as grandezas de tensão de ambos os lados do disjuntor a sincronizar, a diferença de ângulo de fase e o desvio de frequência entre seus terminais, bem como a indicação das condições de sincronização.

4.4. Unidades transformadoras de potência

4.4.1. Toda unidade transformadora de potência deve dispor dos seguintes sistemas de proteção:

- (a) proteção principal e alternada, compostas de:
 - (1) função diferencial percentual (87) com atuação diferencial por fase, número de circuitos de restrição igual ao número de TC da malha diferencial e restrição ou bloqueio de atuação para correntes de magnetização (*inrush*) e sobreexcitação;
 - (2) funções de sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51) e residual (50/51 R) vinculadas a cada um dos enrolamentos da unidade transformadora de potência;
 - (3) função de sobrecorrente instantânea e temporizada de neutro (50/51 N) vinculada a cada ponto de aterramento da unidade transformadora de potência;
 - (4) função de sobretensão de sequência zero (59 G) vinculada ao enrolamento terciário ligado em delta, para alarme de faltas à terra quando o terciário alimentar cargas locais na subestação; e
 - (5) função diferencial de terra restrita (87 N) vinculada a cada ponto de aterramento da unidade transformadora de potência.
- (b) proteção intrínseca, composta de:
 - (1) função para detecção de faltas internas que ocasionem formação de gás (63) ou aumento da pressão interna (20), inclusive para o comutador;
 - (2) função de sobretensão do óleo (26) com dois níveis de atuação (advertência e urgência);
 - (3) função de sobretensão do enrolamento (49) com dois níveis de atuação (advertência e urgência); e
 - (4) válvula de alívio.

4.4.2. As funções diferenciais devem ser alimentadas pelos sinais de corrente ou valores amostrados correspondentes (*SV - Sampled Values*), oriundos dos enrolamentos dos TC e localizados próximos aos disjuntores da unidade transformadora de potência, de forma que haja superposição entre a proteção diferencial da unidade transformadora de potência com as proteções diferenciais dos barramentos.

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.4.2.1. Opcionalmente, uma delas pode ser conectada aos enrolamentos dos TC localizados nas buchas da unidade transformadora de potência, devendo nesse caso ser prevista uma proteção de alta velocidade para o trecho de conexão da unidade transformadora de potência, entre o(s) disjuntor(es) e esses TC, para o caso de indisponibilidade da proteção diferencial que cobre esse trecho.

4.4.3. A atuação dos sistemas de proteção deve promover as seguintes ações:

- (a) as proteções diferenciais devem comandar a abertura e o bloqueio de fechamento de todos os disjuntores conectados à unidade transformadora de potência;
- (b) as proteções de sobrecorrente de neutro e as proteções de sobrecorrente vinculadas ao terciário devem comandar o desligamento de todos os disjuntores conectados à unidade transformadora de potência, sem comandar seus bloqueios de fechamento;
- (c) as proteções de sobrecorrente de fase e residuais devem comandar a abertura apenas dos disjuntores do respectivo enrolamento, sem comandar seus bloqueios de fechamento;
- (d) a função de sobretensão temporizada de sequência zero (59G) vinculada ao enrolamento terciário ligado em delta, deve ser utilizada para alarme de faltas à terra. Em casos que envolvam riscos à segurança humana, essa função poderá ser utilizada para comandar a abertura e o bloqueio de todos os disjuntores da unidade transformadora de potência;
- (e) a função de detecção de gás (63), deve comandar a abertura e o bloqueio de fechamento de todos os disjuntores associados à unidade transformadora de potência;
- (f) os níveis de advertência e urgência das funções de sobretemperatura do óleo (26) e do enrolamento (49) e a função para detecção de aumento da pressão interna (20), integrantes da proteção intrínseca da unidade transformadora de potência, devem ser utilizados para indicação e alarme;
- (g) os níveis de urgência das funções de sobretemperatura do óleo (26) e do enrolamento (49), integrantes da proteção intrínseca da unidade transformadora de potência, podem ser utilizados para comandar a abertura de todos os disjuntores da unidade por meio de temporizadores independentes;
- e
- (h) a função para detecção de aumento da pressão interna (20) pode ser utilizada para comandar a abertura de todos os disjuntores da unidade transformadora e o bloqueio do fechamento dos mesmos, sem retardo de tempo intencional.

4.5. Reatores em derivação

4.5.1. Todo reator deve dispor dos seguintes sistemas de proteção:

- (a) principal e alternada, compostas de:
 - (1) função diferencial (87) por fase, com bloqueio ou restrição de atuação por corrente de *inrush* e sobreexcitação;
 - (2) função diferencial de terra restrita (87 R);
 - (3) funções de sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51) e residual (50/51 R), associadas ao lado da LT ou do barramento, onde o reator está conectado; e
 - (4) funções de sobrecorrente instantânea e temporizada residual (50/51 R), associadas ao lado do neutro do reator, ou funções de sobrecorrente instantânea e temporizada de neutro (50/51 N).

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

(b) proteção intrínseca, composta de:

- (1) função para detecção de faltas internas que ocasionem formação de gás (63) ou aumento da pressão interna (20);
- (2) função de sobretemperatura do óleo (26) com dois níveis de atuação (advertência e urgência); e
- (3) função de sobretemperatura do enrolamento (49) com dois níveis de atuação (advertência e urgência).

4.5.1.1. No caso de reatores à núcleo de ar que não possuem proteções intrínsecas deverá ser inserida uma função de proteção específica para identificação e atuação para faltas entre espiras.

4.5.1.2. As funções diferenciais por fase (87) e diferencial de terra restrita (87R) devem ser alimentadas pelos sinais de corrente, ou por valores amostrados (SV) correspondentes oriundos de *Merging Units*, provenientes dos TC convencionais de bucha do lado de alta e do lado de neutro do reator, ou por valores amostrados (SV) provenientes de transformadores de instrumentos de baixa potência (LPIT) para cada enrolamento.

4.5.1.3. No caso de reatores trifásicos que não possuam TC de bucha do lado de neutro, a proteção diferencial de terra restrita deve utilizar os sinais de corrente, ou valores amostrados (SV) oriundos de *Merging Units*, provenientes dos TC convencionais de bucha do lado de alta e do TC convencional de neutro instalado entre a bucha de neutro e o ponto de aterramento do reator, ou por valores amostrados provenientes de transformadores para instrumentos de baixa potência (LPIT) do lado de alta e no neutro.

4.5.1.4. Para reatores de barra, podem ser utilizados os TC de pedestal para a conexão das proteções diferenciais e sobrecorrente do reator. No caso de reatores de barra que utilizam TC de bucha para proteção, devem ser previstas proteções redundantes e independentes de alta velocidade para o trecho de conexão do reator, entre o(s) disjuntor(es) e os TC de bucha de alta.

4.5.2. A atuação dos sistemas de proteção dos reatores deve promover as seguintes ações:

- (a) no caso de reatores manobráveis, as proteções diferenciais e a função para detecção de formação de gás (63), devem comandar a abertura e o bloqueio dos disjuntores do reator;
- (b) no caso de reatores diretamente conectados à LT, as proteções diferenciais e a função para detecção de formação de gás (63), devem comandar a abertura e o bloqueio dos disjuntores locais e enviar comando para abertura e bloqueio de fechamento dos disjuntores dos terminais remotos da LT (transferência direta de disparo - TDD);
- (c) os níveis de advertência e urgência das funções de sobretemperatura do óleo (26) e do enrolamento (49) e a função para detecção de aumento da pressão interna (20), devem ser utilizados para indicação e alarme;
- (d) os níveis de urgência das funções de sobretemperatura do óleo (26) e do enrolamento (49), podem ser utilizados para comandar a abertura e o bloqueio de todos os disjuntores do reator, por meio de temporizadores independentes; e
- (e) a função para detecção de aumento da pressão interna (20) deve ser utilizada para comandar a abertura de todos os disjuntores do reator e o bloqueio do fechamento dos mesmos, sem retardo de tempo intencional.

4.6. Barramentos

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.6.1. Cada barramento da instalação, com exceção dos barramentos com arranjo em anel, deve possuir sistemas de proteção, principal e alternada, compostos de funções com princípio diferencial (87) ou por comparação de fase, para cada uma das fases.

4.6.2. Os sistemas de proteção do barramento devem desligar e bloquear o fechamento de todos os disjuntores das barras protegidas, de forma seletiva, para qualquer configuração do barramento.

4.6.3. Os novos vãos instalados em subestações existentes devem se adaptar à proteção do respectivo barramento. Caso isso não seja possível, a substituição da proteção do barramento deve ser realizada e informada ao ONS durante o processo de integração do empreendimento, levando-se em conta todos os requisitos para esta proteção constantes dos Procedimentos de Rede vigentes. Para subestações que possuem apenas um sistema de proteção do barramento, a proteção deve ser substituída, sem obrigatoriedade de duplicação. A referida excepcionalidade deve ser desconsiderada no caso em que a duplicação seja requerida em ato de outorga ou parecer de acesso.

4.7. Falha de disjuntor

4.7.1. Todo disjuntor da subestação deve ser protegido por dois esquemas redundantes e independentes, em hardware e software, para falha de disjuntor, que podem estar integrados aos sistemas de proteção das diversas FT ou dos barramentos da subestação.

4.7.1.1. Excepcionalmente, no caso de vão de linha de transmissão a ser seccionada ou de novo vão, em instalação existente na qual há apenas um único esquema de falha de disjuntor implantado, poderá ser utilizada a filosofia existente na instalação, sem a obrigatoriedade de duplicação do esquema de falha de disjuntor do referido vão. Neste caso, a ocorrência desta excepcionalidade deve ser informada ao ONS durante o processo de integração do empreendimento, bem como ficará a cargo do agente se adequar quando for realizada a futura duplicação do esquema de falha de disjuntor na instalação. A referida excepcionalidade deve ser desconsiderada no caso em que a duplicação seja requerida em ato de outorga ou em parecer de acesso.

4.7.2. O tempo total de eliminação de faltas pelos esquemas de falha de disjuntor, incluindo o tempo de operação do dispositivo de proteção, dos relés auxiliares, e o tempo de abertura dos disjuntores, não deve exceder a 250 ms.

4.7.3. Os esquemas de falha de disjuntor devem ter as seguintes funções:

- (a) detecção de corrente (50 BF); e
- (b) temporização (62 BF).

4.7.4. Os esquemas de falha de disjuntor devem ser acionados por todas as proteções que atuam no disjuntor, e promover as seguintes ações:

- (a) enviar novo comando de abertura no disjuntor protegido (retrip), antes do término da temporização do esquema; e
- (b) comandar a abertura e o bloqueio de fechamento dos disjuntores adjacentes ao disjuntor defeituoso e, se necessário, comandar a transferência de disparo para os disjuntores dos terminais remotos.

4.7.5. Em esquemas de proteção de falha de disjuntor associados a equipamentos que possuam proteção para falhas internas que não dependem de corrente para atuação, deve ser utilizada supervisão de estado de disjuntores em paralelo com a supervisão de corrente do esquema (50BF).

4.8. Bancos de capacitores em derivação

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.8.1. Todos os bancos de capacitores em derivação devem dispor de sistemas de proteção, principal e alternada, compostos de:

- (a) função de sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51) e residual (50/51 R);
- (b) função de sobretensão de fase (59) nas três fases, com elementos instantâneos e temporizados independentes, com dois níveis, um para alarme e outro para disparo;
- (c) função de sobrecorrente (61 N) ou sobretensão residual (59 G), com elementos instantâneos e temporizados independentes, com dois níveis, um para alarme e outro para disparo.

4.8.2. A atuação dos sistemas de proteção dos bancos de capacitores em derivação deve comandar a abertura e o bloqueio de todos os seus disjuntores.

4.8.3. Os níveis de alarme das funções de sobretensão de fase (59) e de detecção de desequilíbrios (61 N ou 59 G) devem ser utilizados apenas para sinalização.

4.9. Bancos de capacitores série

4.9.1. Todos os bancos de capacitores série devem dispor de sistemas de proteção, principal e alternada, com as seguintes funções:

- (a) desbalanço das unidades capacitivas;
- (b) descarga para plataforma;
- (c) sobrecarga no MOV;
- (d) sobrecarga do banco;
- (e) falha do disjuntor de baipasse;
- (f) discordância de pólos do disjuntor de baipasse;
- (g) falha no GAP; e
- (h) ressonância sub-harmônica ou sub-síncrona.

4.9.2. A atuação dos sistemas de proteção deve promover as seguintes ações:

- (a) todas as funções de proteção dos bancos de capacitores série devem provocar o fechamento do disjuntor de baipasse e iniciar o seu esquema de falha de disjuntor;
- (b) a função de proteção de desbalanço das unidades capacitivas devem ser previstas com estágios de alarme e disparo;
- (c) a atuação da proteção de falha de disjuntor de baipasse deve comandar a abertura dos disjuntores da linha em ambos os terminais.

4.10. Filtros

4.10.1. Todos os filtros devem dispor de sistemas de proteção, principal e alternada, com as seguintes funções:

- (a) contra perda de sintonia dos filtros;
- (b) contra sobretensão nas unidades capacitivas remanescentes causada pela falha de um ou mais elementos capacitivos associados (desbalanço);

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (c) contra sobrecarga térmica e dielétrica nos elementos individuais dos filtros;
- (d) de sobrecarga;
- (e) de sobrecorrente; e
- (f) para faltas à terra.

4.10.2. A atuação da função de perda de sintonia dos filtros deve comandar alarme, e a atuação das demais funções dos sistemas de proteção dos filtros deve comandar a abertura e o bloqueio do seu disjuntor.

4.11. Elos de corrente contínua

4.11.1. Todos os elos de corrente contínua devem dispor de dois sistemas de proteção idênticos e independentes, principal e alternada, para todos os seus componentes:

- (a) transformador conversor;
- (b) conversores;
- (c) polos;
- (d) bipolos;
- (e) linhas de transmissão em corrente contínua;
- (f) linha do eletrodo; e
- (g) filtros.

4.11.2. Os dois sistemas de proteção dos componentes dos elos de corrente contínua devem atuar de forma coordenada com os seus sistemas de controle para execução das ações de abertura e bloqueio de seus disjuntores.

4.11.3. Para os casos de polo formado por duas ou mais conversoras em série, as proteções da conversora devem desligar apenas a conversora defeituosa e manter as demais em operação normal.

4.11.4. Em caso de falha total do sistema de telecomunicação entre estações conversoras, as proteções devem garantir que a conversora ou o polo continue protegido contra falhas.

4.11.5. A proteção da linha de transmissão em corrente contínua (LT-CC) deve permitir de 1 (um) até 4 (quatro) religamentos, sendo 3 (três) religamentos com tensão plena e 1 (um) religamento com tensão reduzida (70% da tensão nominal). O último religamento deve ser efetivado sempre com tensão reduzida. Essa proteção não deve operar para falha de comutação na inversora.

4.12. Compensadores estáticos

4.12.1. Todos os compensadores estáticos devem dispor dos sistemas de proteção:

- (a) principal e alternada, compostas das seguintes funções:
 - (1) diferencial por fase (87), para a unidade transformadora do compensador estático;
 - (2) sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51) e residual (50/51 R) vinculadas ao lado de alta da unidade transformadora de potência do compensador estático;
 - (3) sobrecorrente instantânea e temporizada de neutro (50/51 N) vinculada ao ponto de aterramento da unidade transformadora de potência do compensador estático;

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (4) diferencial por fase (87) para cada ramo do compensador;
- (5) sobrecorrente instantânea e temporizada de fase para cada ramo do compensador (50/51);
- (6) sobrecorrente de sequência negativa (46) para cada ramo do compensador;
- (7) sobrecarga (49) vinculada a cada um dos reatores;
- (8) desbalanço dos capacitores (60); e
- (9) sobretensão (59) vinculada ao barramento do compensador estático.

(b) proteções intrínsecas.

4.12.2. Os sistemas de proteção dos compensadores estáticos devem atuar de forma coordenada com os seus sistemas de controle para a execução das ações de abertura e bloqueio de seus disjuntores.

4.13. Compensadores síncronos

4.13.1. Todos os compensadores síncronos devem dispor dos sistemas de proteção:

(a) principal e alternada, compostas das seguintes funções:

- (1) diferencial do compensador síncrono (87G) com atuação por fase;
- (2) detecção de falha à terra no estator (59N);
- (3) detecção de falha à terra no estator 100% (67TN);
- (4) sobrecorrente do estator (50/51);
- (5) sobrecorrente do transformador de excitação (50/51);
- (6) perda de excitação (40);
- (7) sobrecorrente de sequência negativa (46);
- (8) sobretensão (59);
- (9) subtensão (27);
- (10) sobrefrequência (81);
- (11) detecção de falha à terra do enrolamento de campo (64F); e
- (12) detecção de energização acidental (50/27).

(b) proteções intrínsecas.

4.13.2. Nos casos em que o serviço auxiliar do compensador é derivado de um enrolamento do transformador de conexão, as proteções do transformador de serviços auxiliares devem fazer parte das proteções do compensador.

4.13.3. A atuação das funções de proteção para faltas internas nos compensadores síncronos deve promover a sua parada, e as demais funções de proteção devem promover a sua desconexão do sistema.

4.13.4. A atuação da proteção de sobrecorrente de sequência negativa deverá ter um primeiro estágio para alarme.

4.13.5. Os sistemas de proteção da unidade transformadora de potência de conexão do compensador síncrono devem atender aos requisitos do item 4.4 desse submódulo.

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

4.14. Documentação técnica

4.14.1. O agente de transmissão deve manter disponível para consulta do ONS a documentação técnica das instalações sob sua responsabilidade, que inclui:

- (a) diagramas funcionais;
- (b) diagramas de blocos;
- (c) diagramas unifilares e trifilares;
- (d) manuais de operação e catálogos dos equipamentos;
- (e) memórias de cálculo dos ajustes das proteções;
- (f) relatórios de ensaios, inclusive os realizados na fase de comissionamento;
- (g) diagrama de arquitetura de redes;
- (h) arquivos de configuração da subestação (arquivos binários e textuais de configuração dos sistemas de proteção, tais como arquivos SCL da norma IEC 61850 [5], *Instruction List* (IL) e *Structured Text* (ST) da norma IEC 61131 [9], *Function Blocks* (FB) da norma IEC 61499 [8] etc.); e
- (i) arquivos de certificação de conformidade dos IED com as respectivas normas utilizadas para sua implementação.

5. SISTEMAS DE REGISTRO DE PERTURBAÇÕES

5.1. Requisitos gerais

5.1.1. Devem ser previstos sistemas de registro de perturbações com capacidade de canais suficientes para permitir o completo monitoramento das grandezas analógicas e digitais para análise de distúrbios relacionados às instalações, de acordo com os requisitos descritos neste submódulo.

5.2. Requisitos funcionais

5.2.1. O sistema de registro de perturbações deve atender aos seguintes requisitos funcionais:

- (a) quando o sistema de registro de perturbação for implementado como uma função em IED de proteção, *Merging Units* ou outros sistemas redundantes, ele deve também ser redundante de forma a adquirir informações das duas cadeias de proteção. Caso o sistema seja implementado em equipamento *stand alone* (RDP), não necessitará de redundância, porém deve manter a aquisição de informações digitais das duas cadeias de proteção;
- (b) amostrar continuamente as grandezas supervisionadas, com as amostras mais antigas sucessivamente substituídas por amostras mais recentes (buffer circular);
- (c) disparar o registro da perturbação por variações das grandezas analógicas e/ou digitais em quaisquer dos canais supervisionados, de forma livremente configurável;
- (d) transferir automaticamente os dados relativos à perturbação do buffer circular, quando houver disparo para registro de uma perturbação, e arquivá-los na memória do próprio sistema de registro de perturbações, sendo que durante a fase de armazenamento dos dados da perturbação, o sistema

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

de registro de perturbações deve permanecer amostrando as grandezas supervisionadas, de forma a não perder nenhum evento;

- (e) interromper o registro de uma perturbação só depois de cessada a condição que ocasionou o disparo e transcorrido o tempo de pós-falta ajustado, sendo que, se ocorrer nova perturbação antes de encerrar o tempo de registro de uma perturbação, o sistema de registro de perturbações deve iniciar novo período de registro sem levar em conta o tempo já transcorrido da perturbação anterior;
- (f) registrar, para cada perturbação, no mínimo 160 ms de dados de pré-falta e ter tempo de pós-falta ajustável até 5000 ms;
- (g) os sistemas de registro de perturbação devem contemplar as componentes harmônicas até a 50ª ordem (frequência nominal de 60 Hz);
- (h) registrar dia, mês, ano, hora, minuto, segundo e milissegundo de cada operação de registro;
- (i) ter relógio de tempo interno sincronizado por meio de receptor de sinal de tempo do GPS ou outro meio normatizado equivalente, de forma a manter o erro máximo da base de tempo inferior a 1 ms;
- (j) ter tempo de atraso entre a atuação de qualquer canal digital e o registro do respectivo sinal não superior a 2 ms;
- (k) ter tempo de atraso da amostragem entre quaisquer canais analógicos não superior a 1 grau elétrico, referido à frequência de 60 Hz;
- (l) ter memória suficiente para armazenar dados referentes a, no mínimo, 30 perturbações com duração de 5 s cada, para o caso de disparos consecutivos de registro de perturbação pelo Registrador Digital de Perturbação (RDP);
- (m) ter porta de comunicação para a transferência dos registros de perturbação do sistema de registro de perturbações; e
- (n) ser dotado de automonitoramento e autodiagnóstico contínuos.

5.3. Rede de coleta de registros de perturbação dos agentes

5.3.1. Se o sistema de coleta realizar a transferência automática dos registros, deve ser prevista uma opção que permita a desativação do modo de transferência automática e a subsequente ativação de modo de transferência seletiva, para os casos de realização de testes/alterações de configuração do equipamento ou quando houver uma condição de falha com envio excessivo de registros.

5.4. Registro de perturbações

5.4.1. Terminais de linha de transmissão

5.4.1.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) três correntes da LT (três fases ou duas fases e corrente residual); e
- (b) três tensões da LT (três fases ou duas fases e tensão residual).

5.4.1.2. Os seguintes sinais digitais, das proteções principal e alternada, devem ser supervisionados:

- (a) atuação de cada função de proteção que comanda disparo dos disjuntores;

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (b) atuação de cada função de proteção associada aos esquemas de teleproteção;
- (c) recepção e transmissão de sinal de transferência direta de disparo;
- (d) recepção e transmissão de sinais de teleproteção;
- (e) atuação de bloqueio por oscilação de potência;
- (f) atuação de religamento automático;
- (g) atuação do esquema de falha de disjuntor; e
- (h) desligamento pela proteção de perda de sincronismo.

5.4.1.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas;
- (c) sobrecorrente residual;
- (d) subtensão nas fases monitoradas; ou
- (e) sobretensão residual.

5.4.2. Barramentos

5.4.2.1. Se houver TP instalados nos barramentos e estes forem utilizados por dispositivos de proteção, devem ser supervisionadas, por barramento, as grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes às três tensões do barramento (três fases ou duas fases e tensão residual).

5.4.2.2. Devem ser supervisionados pelos sistemas de registro de perturbações os sinais digitais do desligamento pelas atuações das proteções diferenciais principal e alternada.

5.4.2.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) subtensão nas fases monitoradas; ou
- (c) sobretensão residual.

5.4.3. Unidades transformadoras de potência

5.4.3.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente das três fases para cada enrolamento da unidade transformadora de potência, com exceção do terciário quando não existir conexão; e
- (b) corrente de sequência zero para cada ponto de aterramento da unidade transformadora de potência.

5.4.3.2. Os seguintes sinais digitais devem ser supervisionados:

- (a) atuação de cada função de proteção, das proteções principal e alternada, que comanda o disparo dos disjuntores; e
- (b) desligamento pelas proteções intrínsecas.

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

5.4.3.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) sobrecorrente residual.

5.4.4. Reatores em derivação

5.4.4.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) correntes das três fases do reator; e
- (b) corrente de sequência zero medida no ponto de aterramento do reator ou quando não for possível, medida nas três fases do lado de neutro do reator;
- (c) no caso de reatores a ar que utilizem tensão para sua proteção para faltas entre espiras, monitorar as três fases dessa tensão.

5.4.4.2. Os seguintes sinais digitais devem ser supervisionados:

- (a) atuação de cada função de proteção, das proteções principais e alternadas, que comanda o disparo dos disjuntores; e
- (b) desligamento pelas proteções intrínsecas.

5.4.4.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) sobrecorrente residual.

5.4.5. Bancos de capacitores em derivação

5.4.5.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente das três fases do banco de capacitores;
- (b) tensão fase-neutro das três fases do banco de capacitores, caso não supervisionadas no barramento; e
- (c) corrente ou tensão de desequilíbrio do banco de capacitores.

5.4.5.2. Para as proteções principal e alternada, devem ser supervisionados os sinais digitais correspondentes à atuação de cada função de proteção que comanda o disparo dos disjuntores.

5.4.5.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas;
- (c) sobretensão nas fases monitoradas; ou

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

(d) sobretensão residual.

5.4.6. Bancos de capacitores série

5.4.6.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente das três fases dos capacitores ou do banco de capacitores;
- (b) corrente ou tensão de desbalanço dos capacitores;
- (c) corrente das três fases do gap e do *Metal Oxide Varistor (MOV)*; e
- (d) corrente das três fases de descarga para plataforma.

5.4.6.2. Devem ser supervisionados os sinais digitais correspondentes à atuação das proteções do banco de capacitores.

5.4.6.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas;
- (c) sobrecorrente no gap ou no MOV; ou
- (d) sobrecorrente para plataforma.

5.4.7. Bancos de filtros

5.4.7.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente das três fases do banco de filtros; e
- (b) corrente ou tensão de desequilíbrio do banco de filtros.

5.4.7.2. Devem ser supervisionados os sinais digitais correspondentes à atuação das proteções do banco de filtros e de suas proteções intrínsecas.

5.4.7.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) sobretensão nas fases monitoradas.

5.4.8. Elos de corrente contínua

5.4.8.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente CC do polo, nos lados retificador e inversor, medida entre a linha e o reator de alisamento, e na respectiva barra de neutro;
- (b) tensão CC do polo, nos lados retificador e inversor, medida entre a linha e o reator de alisamento;
- (c) corrente CC em todos os conversores;

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (d) ângulo de disparo α (alfa) do retificador;
- (e) ângulo de extinção γ (gama) do inversor;
- (f) corrente das três fases de cada enrolamento do transformador conversor;
- (g) tensão das três fases de cada enrolamento do transformador conversor;
- (h) corrente na linha do eletrodo do elo CC, nos lados retificador e inversor; e
- (i) corrente dos para-raios.

5.4.8.2. Os seguintes sinais digitais devem ser supervisionados:

- (a) falha de comutação;
- (b) atuação da proteção de falta na linha CC;
- (c) atuação de proteções do polo;
- (d) atuação de proteções do conversor;
- (e) bloqueio do polo;
- (f) partida do polo; e
- (g) atuação de proteções do transformador conversor.

5.4.8.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) subtensão nas fases monitoradas.

5.4.9. Compensadores estáticos

5.4.9.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente de fase dos equipamentos componentes do compensador estático, inclusive as correntes residuais;
- (b) tensões do barramento a ser controlado pelo compensador estático; e
- (c) tensões do barramento de conexão do elemento do compensador estático controlado a tiristor.

5.4.9.2. Os seguintes sinais digitais devem ser supervisionados:

- (a) atuação da proteção de quaisquer dos equipamentos componentes do compensador estático;
- (b) atuação das funções de controle que comandam o desligamento de parte ou de todos os equipamentos componentes do compensador estático; e
- (c) atuação das funções de controle necessárias para análise de seu desempenho.

5.4.9.3. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) subtensão ou sobretensão nas fases monitoradas.

5.4.10. Compensadores síncronos

5.4.10.1. As seguintes grandezas analógicas ou valores amostrados correspondentes devem ser supervisionadas:

- (a) corrente das três fases do estator;
- (b) tensão nas três fases do estator;
- (c) corrente das três fases do enrolamento de campo;
- (d) corrente das 3 fases do transformador de excitação;
- (e) corrente das 3 fases de alimentação das proteções diferenciais;
- (f) tensão que reflita a corrente de aterramento do síncrono;
- (g) sinal de controle do regulador de tensão;
- (h) referência de tensão do regulador de tensão.

5.4.10.2. As grandezas a serem monitoradas para a unidade transformadora de potência de conexão do compensador síncrono deve atender ao item 5.4.3.

5.4.10.3. Devem ser supervisionados os sinais digitais correspondentes à atuação das proteções do compensador síncrono, que são:

- (a) função de detecção de energização acidental (50/27);
- (b) proteções elétricas do síncrono;
- (c) proteções intrínsecas do síncrono.

5.4.10.4. Os registros devem ser realizados para as seguintes condições:

- (a) alteração do estado de canal digital;
- (b) sobrecorrente nas fases monitoradas; ou
- (c) sobretensão/subtensão das tensões monitoradas.

6. SISTEMAS DE TELEPROTEÇÃO

6.1. Canais

6.1.1. Funções de teleproteção integradas em equipamentos de telecomunicação devem ter interfaces com o sistema de proteção dedicadas e independentes. Por sua vez, os equipamentos que têm tais funções integradas devem ser adequadas para uso em instalações de transmissão de sistemas elétricos de potência, conforme o item 3.2. deste submódulo.

6.1.2. As funções de comunicação para transmissão de mensagens entre os IED de proteção em subestações distintas, deverão utilizar canais físicos dedicados (determinísticos), formados por dispositivos de *hardware*

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

e meios físicos de comunicação redundantes e independentes, para as proteções principal e alternada, sem qualquer modo de falha comum.

6.1.2.1. Alternativamente aos canais físicos poderão ser utilizados canais lógicos alocados em meios de comunicação compartilhados com outras aplicações, desde que estes sejam dedicados, redundantes e independentes, para as proteções principal e alternada, com reserva mínima de banda e tempo máximo de transferência (*transfer time*) que a aplicação exige e requisitos de qualidade de serviço (QoS) equivalentes aos canais físicos dedicados.

6.1.3. Os canais para teleproteção devem:

- (a) ser adequados ao esquema de teleproteção selecionado ou à quantidade de grandezas ou informações a serem transferidas, no que concerne ao número de comandos, largura de banda, taxa de transmissão, tempo de propagação, simetria e variação de tempo de propagação e integridade das informações; e
- (b) manter a confiabilidade e segurança de operação em situações de baixa relação sinal/ruído (canal analógico) ou erro na taxa de transmissão (BER) acima do especificado.

6.1.4. Os equipamentos de teleproteção devem:

- (a) ter facilidades para a simulação do funcionamento dos esquemas de teleproteção, ponta a ponta, com o bloqueio simultâneo da saída de comando para a proteção, independentemente do meio de comunicação utilizado, para que seja possível realizar verificações dos enlaces sem ser necessário desligar a LT; e
- (b) prover facilidades para permitir realizar intervenção nos equipamentos de proteção e de telecomunicação sem ser necessário desligar a LT.

6.1.5. Os canais de telecomunicação providos por sistema de onda portadora sobre linha de transmissão (OPLAT) devem manter a confiabilidade e a segurança de operação em condições adversas de relação sinal/ruído, sobretudo na ruptura ou curto-circuito para terra de uma das fases da LT utilizadas pelo sistema OPLAT. Desta forma, o sistema adotado deve envolver pelo menos duas fases.

6.1.6. Todos os equipamentos e sistemas de telecomunicações instalados na subestação para atendimento aos sistemas de teleproteção, devem atender a requisitos de redundância similares aos de proteção, devendo ser duplicados e independentes (para proteções principal e alternada), sob os aspectos físicos ou lógicos, e serem imunes a falhas de modo comum entre seus componentes.

7. REDES UTILIZADAS PARA PROTEÇÃO

7.1. Redes locais utilizadas para proteção

7.1.1. Os meios de comunicação das redes digitais locais (LAN - *Local Area Network*) utilizados para interligar os dispositivos de proteção devem ser independentes e dedicados para as proteções principal e alternada. Caso sejam utilizadas redes com protocolos de redundância com tempo de comutação nulo, duplicando os elementos de rede, as redes das proteções principal e alternada poderão ser integradas nos equipamentos redundantes, sendo que cada proteção deverá ser conectada a dois caminhos distintos, independentes, e simultaneamente ativos.

7.1.2. Em instalações que utilizem redes digitais de comunicação locais (LAN) para transmissão de sinais dos sistemas de proteção (ex. barramentos de subestação, *bay* ou processo), deverão dispor de funções de

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

monitoramento que sejam capazes de monitorar todos os segmentos de rede, podendo estas funções serem realizadas por dispositivos ou sistemas, comuns às redes de proteção principal e alternada.

7.1.3. As funções de monitoramento de rede local deverão ser aptas a detectar e sinalizar anomalias ou ausências de mensagens previstas para cada segmento, de acordo com a configuração especificada pela norma correspondente. As referidas funções também deverão monitorar e sinalizar a utilização de modo de teste e simulação previstos na IEC61850 para fins de manutenção ou testes.

7.1.4. As funções de monitoramento de rede local deverão ser concentradas em hardware e software independentes dos dispositivos de proteção, e atender aos mesmos requisitos construtivos aplicáveis a estes dispositivos.

7.1.5. O sistema ou dispositivo de monitoramento poderá usar, além das mensagens disponíveis na rede, as informações de monitoramento e diagnóstico dos dispositivos finais (IED de proteção, *switches*, *Merging Units* etc.).

7.1.6. Cada segmento de rede local deverá ser monitorado e as informações obtidas devem ser concentradas pelo sistema ou dispositivo de monitoramento, simultaneamente independente em *hardware* e *software* de outros dispositivos.

7.1.7. Os seguintes modos de falha deverão ser monitorados continuamente e sinalizados pelo sistema ou dispositivo de monitoramento, para cada segmento de rede local utilizada nos sistemas de proteção, conforme a configuração da subestação:

- (a) perda de integridade das mensagens;
- (b) ausência de mensagens previstas;
- (c) ausência de sinais de sincronismo;
- (d) presença de mensagens não previstas;
- (e) intervalos anormais entre mensagens previstas;
- (f) tempo anormal de propagação (latência) para mensagens previstas com período fixo de publicação. No caso de mensagens com publicação baseada em eventos, admite-se o cálculo baseado na diferença da estampa de tempo do evento e o momento do reconhecimento pelo IED assinante.

7.1.8. Os sistemas ou dispositivos de monitoramento de rede local deverão possuir recursos para armazenamento dos registros de eventos de anomalia detectados em formatos padronizados referentes à norma utilizada.

7.1.9. Os registros de anomalia nas redes locais deverão ser sincronizados com o mesmo sinal de relógio utilizado pelos dispositivos da rede monitorada.

7.1.10. As redes locais deverão dispor de mecanismos de segurança cibernética para todos os segmentos de rede. A análise dos riscos aos quais a infraestrutura está exposta, assim como a seleção e adoção das soluções tecnológicas que atenderão aos referidos mecanismos, são de responsabilidade do agente.

7.1.11. A latência resultante das mensagens na rede deverá atender aos requisitos temporais definidos nas respectivas normas de implementação mesmo com eventuais retardos introduzidos pelos sistemas ou dispositivos de monitoramento.

7.1.12. A mensagem de disparo de desligamento gerada pela proteção, deve atender ao requisito de tempo de transferência deste tipo de mensagem (*transfer time*) de 3 ms, e os sistemas ou dispositivos de monitoramento deverão detectar e reportar qualquer tempo de latência superior a 5 ms, utilizando o cálculo

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

baseado na diferença da estampa de tempo do evento e o momento do reconhecimento pelo IED assinante. Este tempo visa considerar uma margem (banda morta) para as medições dos tempos de transferência estabelecidos em norma (*transfer time*) e tempos de processamento dos IED envolvidos.

7.2. Requisitos para redes externas utilizadas para proteção

7.2.1. Em instalações que utilizem redes de comunicação digitais externas (WAN - *Wide Area Network*), para transmissão de sinais dos sistemas de proteção entre subestações deverão dispor de sistemas ou dispositivos de monitoramento para todos os meios de comunicação entre as subestações conectadas.

7.2.2. Os sistemas ou dispositivos de monitoramento de redes externas utilizadas para proteção deverão ser aptos a detectar e sinalizar anomalias ou ausências de mensagens, quando utilizadas para proteção ou teleproteção, previstas para cada conexão entre subestações, de acordo com a configuração especificada pela norma correspondente.

7.2.3. Os sistemas ou dispositivos de monitoramento de redes externas utilizadas para proteção deverão ser independentes em hardware e software dos dispositivos de proteção e equipamentos de teleproteção locais, e atender aos mesmos requisitos construtivos aplicáveis a estes dispositivos.

7.2.4. Cada meio de comunicação externo utilizado na teleproteção deverá ser monitorado pelo sistema ou dispositivo de monitoramento simultaneamente independente em hardware e software de outros dispositivos.

7.2.5. Os seguintes modos de falha deverão ser monitorados continuamente e sinalizados pelo sistema ou dispositivo de monitoramento das redes externas utilizadas na proteção/teleproteção entre subestações:

- (a) perda de integridade das mensagens;
- (b) ausência de mensagens previstas;
- (c) ausência de sinais de sincronismo;
- (d) presença de mensagens não previstas;
- (e) intervalos anormais entre mensagens previstas;
- (f) tempo anormal de propagação (latência) para mensagens previstas.

7.2.6. Os sistemas ou dispositivos de monitoramento de redes externas utilizadas para proteção deverão possuir recursos para armazenamento dos registros de eventos de anomalia detectados em formatos padronizados.

7.2.7. Os registros de anomalia nas redes externas utilizadas para proteção deverão ser sincronizados com o mesmo sinal de relógio utilizado pelos dispositivos de proteção das subestações interligadas.

7.2.8. As redes externas deverão dispor de mecanismos de segurança cibernética para todos os segmentos de rede. A análise dos riscos aos quais a infraestrutura está exposta, assim como a seleção e adoção das soluções tecnológicas que atenderão aos referidos mecanismos, são de responsabilidade do agente.

8. REFERÊNCIAS

- [1] ONS RE 3 200/2012 – FILOSOFIAS DAS PROTEÇÕES DOS TRANSFORMADORES E AUTOTRANSFORMADORES DA REDE DE OPERAÇÃO DO ONS

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção	2.11	Requisitos	2024.05	01/06/2024

- [2] ONS RE 3 109/2011 – FILOSOFIAS DAS PROTEÇÕES DAS LTS DE ALTA E EXTRA ALTA TENSÃO DA REDE DE OPERAÇÃO DO ONS
- [3] ONS RE 3 220/2012 – FILOSOFIAS DAS PROTEÇÕES DAS LTS DE TENSÃO INFERIOR A 345 kV DA REDE DE OPERAÇÃO DO ONS
- [4] IEC, *Series capacitors for power systems — Part 2 Protective equipment for series capacitor banks, Standard IEC 60143*
- [5] IEC, *Communication networks and systems for power utility automation, IEC 61850*
- [6] IEC, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems, Standard 61508*
- [7] IEC, *Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector, Standard IEC 61511*
- [8] IEC, *Function Blocks, Standard IEC 61499*
- [9] IEC, *Programmable controllers, Standard IEC 61131*
- [10] ITU, Rec. ITU-R V.662-2, *Recommendation ITU-R V.662-2 - Terms and Definitions, International Telecommunication Union, Genova, Suíça, 1993*
- [11] IETF, RFC 1392, *Internet Users' Glossary, Network Working Group, Internet Engineering Task Force*