



**Operador Nacional
do Sistema Elétrico**

Submódulo 21.5

Otimização de controladores

Rev. Nº.	Motivo da revisão	Data de aprovação pelo ONS	Data e instrumento de aprovação pela ANEEL
0.0	Este documento foi motivado pela criação do Operador Nacional do Sistema Elétrico.	23/07/2001	25/03/2002 Resolução nº 140/02
0.1	Atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 115, de 29 de novembro de 2004.	12/09/2005	25/09/2007 Resolução Autorizativa nº 1051/07
1.0	Versão decorrente da Audiência Pública nº 049/2008, submetida para aprovação em caráter definitivo pela ANEEL.	17/06/2009	05/08/2009 Resolução Normativa nº 372/09

Nota: Convencionou-se como 1.0 a primeira versão deste procedimento aprovada em caráter definitivo pela ANEEL. A numeração das versões anteriores foi alterada de forma a ter numeração inferior a 1.0 (ex. a antiga versão 0 é agora chamada de 0.0, a antiga versão 1 é agora chamada de 0.1, e assim em diante).



Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVO	4
3 PRODUTOS	4
4 ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO	5
5 RESPONSABILIDADES	5
5.1 DO OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS	5
5.2 DOS AGENTES DE GERAÇÃO, DE TRANSMISSÃO, DE DISTRIBUIÇÃO, DOS CONSUMIDORES LIVRES E POTENCIALMENTE LIVRES	6
6 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO.....	7
6.1 ELABORAÇÃO DE TERMO DE REFERÊNCIA	7
6.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	7
6.3 DEFINIÇÃO E REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS	7
6.4 ELABORAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DO RELATÓRIO	8
7 HORIZONTE, PERIODICIDADE E PRAZOS	9
8 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS	9

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

1 INTRODUÇÃO

1.1 A maior parte das situações de fragilidade elétrica e de colapso já observadas envolve problemas relacionados à resposta dinâmica do sistema elétrico. Portanto, avaliar a segurança pressupõe acompanhar o comportamento do controle sistêmico e chegar à sua sintonia adequada, de forma a contribuir para o aumento da segurança operacional elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN.

1.2 No contexto das ações do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, no que tange à segurança operacional elétrica do SIN, esse processo desenvolve-se no âmbito do planejamento e programação da operação, com interfaces com processos de administração dos serviços de transmissão e de operação.

1.3 O processo de otimização de controladores abrange a gerência das atividades de implantação de novos equipamentos que exijam a parametrização dos controladores sistêmicos e exerçam funções de controle de:

- (a) excitação e velocidade de máquinas rotativas;
- (b) sistemas de transmissão em corrente contínua (CC);
- (c) estações conversoras de frequência;
- (d) compensadores estáticos de reativos;
- (e) compensadores série controláveis; e
- (f) outros elementos de redes de transmissão CA flexíveis (FACTS¹) cujos controles tenham repercussão sistêmica.

1.4 A otimização dos controladores automáticos amplia o grau de utilização e a confiabilidade desses equipamentos, além de tornar possível detectar a conveniência de sua modernização sempre que apresentem desempenho em não-conformidade com os requisitos estabelecidos nos *Procedimentos de Rede*.

1.5 Os agentes de geração considerados neste submódulo são aqueles detentores, por concessão ou autorização, de usinas classificadas na modalidade de operação como Tipo I – Programação e despacho centralizados, conforme critérios e sistemática estabelecidos no Módulo 26 *Modalidade de operação de usinas*.

1.6 Os módulos e submódulos aqui mencionados são:

- (a) Módulo 2 *Requisitos mínimos para instalações e indicadores de desempenho da rede básica e de seus componentes*;
- (b) Submódulo 2.3 *Requisitos mínimos para transformadores e para subestações e seus equipamentos*;
- (c) Submódulo 2.6 *Requisitos mínimos para os sistemas de proteção e de telecomunicações*;
- (d) Submódulo 3.6 *Requisitos técnicos mínimos para a conexão à rede básica*;
- (e) Módulo 6 *Planejamento e programação da operação elétrica*;
- (f) Submódulo 6.2 *Planejamento da operação elétrica de médio prazo*;
- (g) Submódulo 6.3 *Diretrizes para a operação elétrica com horizonte quadrimestral*;
- (h) Submódulo 6.4 *Diretrizes para a operação elétrica com horizonte mensal*;

¹ Flexible Alternate Current Transmission Systems.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

- (i) Submódulo 6.5 *Programação de intervenções em instalações da rede de operação*;
- (j) Submódulo 6.6 *Diretrizes eletroenergéticas para rede básica incompleta*;
- (k) Submódulo 10.21 *Instruções de operação e mensagens operativas*;
- (l) Submódulo 11.3 *Estudos de curto-circuito*;
- (m) Submódulo 11.4 *Sistemas Especiais de proteção*;
- (n) Submódulo 11.6 *Registro de perturbações*;
- (o) Submódulo 11.7 *Proteções de caráter sistêmico*;
- (p) Submódulo 18.2 *Relação dos sistemas e modelos computacionais*;
- (q) Submódulo 21.2 *Estudos pré-operacionais de integração de instalações da rede de operação*;
- (r) Submódulo 21.3 *Estudos de comissionamento de instalações da rede de operação*;
- (s) Submódulo 21.4 *Validação de dados e de modelos de componentes para estudos elétricos*;
- (t) Submódulo 21.8 *Controle carga-frequência*;
- (u) Submódulo 23.3 *Diretrizes e critérios para estudos elétricos*; e
- (v) Módulo 26 *Modalidade de operação de usinas*.

2 OBJETIVO

2.1 O objetivo deste submódulo é estabelecer a sistemática e as responsabilidades para subsidiar a otimização de controladores, que consiste na avaliação da necessidade não só de reajustar os controladores automáticos dos equipamentos do sistema elétrico, como também de ajustar os novos controladores, para garantir um desempenho adequado e otimizado da rede em termos de manutenção e de aumento da segurança operativa.

3 PRODUTOS

3.1 O produto do processo descrito neste submódulo é o Relatório de Estudos de Otimização de Controladores Sistêmicos – REOCS.

3.1.1 O REOCS consolida as análises efetuadas com base no Plano Anual de Otimização de Controladores Sistêmicos – PA-OCS ou por demanda específica.

3.1.1.1 O REOCS define as necessidades de otimização e de ajustes para os equipamentos de controle, tanto novos quanto já existentes, e apresenta, para testes de comissionamento, as restrições operativas, as diretrizes operativas e os procedimentos específicos de cada teste.

3.1.1.2 O PA-OCS contém o planejamento das ações necessárias à otimização dos controladores sistêmicos para o ano à frente, realizado a partir da análise da evolução do sistema e dos cronogramas de obras de geração e de transmissão, do diagnóstico das necessidades para cada instalação e da priorização dessas necessidades.

3.1.2 O REOCS apresenta o seguinte conteúdo:

- (a) definição da necessidade de reajustes em equipamentos de controle existentes, sob a ótica da otimização de controladores;

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

- (b) definição da necessidade de novos equipamentos de controle, sob a ótica da otimização de controladores;
- (c) determinação da necessidade de modernização de controladores;
- (d) diretrizes operativas para elaboração e/ou atualizações em instruções de operação, pelos centros de operação do ONS, diante das alterações propostas em controladores;
- (e) limites de geração e intercâmbio entre áreas;
- (f) definição de procedimentos operativos para a realização de testes de comissionamento de novos controladores e ajustes de controladores existentes;
- (g) definição de restrições operativas, sob a ótica da otimização de controladores, sem detrimento a otimização geral do SIN; e
- (h) outros itens previstos no termo de referência dos estudos.

4 ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO

4.1 Alterações decorrentes das contribuições recebidas e aprovadas pela ANEEL relativas ao processo de Audiência Pública nº 049/2008 com o objetivo de possibilitar a aprovação em caráter definitivo dos Procedimentos de Rede.

5 RESPONSABILIDADES

5.1 Do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS

- (a) Coordenar o processo de otimização de controladores.
- (b) Convocar os agentes de operação envolvidos para participar das atividades do processo de otimização de controladores.
- (c) Obter de outros processos estabelecidos nos *Procedimentos de Rede* as informações e os dados necessários à realização dos estudos, a saber:
 - (i) padrões de desempenho da rede básica e requisitos mínimos para suas instalações (Módulo 2);
 - (ii) requisitos técnicos para conexão à rede básica (Submódulo 3.6);
 - (iii) análise do desempenho do sistema elétrico, previsão de carga, cronograma de entrada em operação de novas obras e análises das consequências de atrasos em obras programadas, como informações diretamente produzidas ou atualizadas pelo planejamento da operação elétrica de médio prazo (Submódulo 6.2);
 - (iv) diretrizes para a operação elétrica e subsídios dados aos órgãos da operação do sistema, conforme Submódulo 6.3;
 - (v) atualização de diretrizes e de procedimentos estabelecidos no Submódulo 6.4;
 - (vi) atualização dos limites de transmissão em função de indisponibilidades individuais de equipamentos, em conformidade com o estabelecido no Submódulo 6.6;
 - (vii) casos de referência de acordo com o ciclo de planejamento da operação elétrica temporalmente mais ajustado ao cronograma do estudo de otimização de controladores (Submódulos 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6);

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

- (viii) informações necessárias para a realização do planejamento da operação elétrica do SIN (Anexo do Submódulo 6.2);
 - (ix) práticas operacionais vigentes de acordo com as instruções de operação (Submódulo 10.21);
 - (x) níveis de curto-circuito do sistema para o horizonte do estudo (Submódulo 11.3);
 - (xi) banco de dados de Sistemas Especiais de Proteção – SEP, com diagramas unifilares lógicos, para orientação das simulações do comportamento do sistema considerando a atuação de SEP (Submódulo 11.4);
 - (xii) registros de perturbações de longa duração para aferição dos modelos de componentes e verificação do desempenho de proteções sistêmicas relevantes (Submódulo 11.6);
 - (xiii) ajustes da proteção de caráter sistêmico (Submódulo 11.7);
 - (xiv) versões atualizadas dos modelos computacionais para estudos elétricos utilizadas pelo ONS (Submódulo 18.2);
 - (xv) diretrizes e subsídios provenientes dos resultados dos estudos pré-operacionais de instalações da rede de operação (Submódulo 21.2);
 - (xvi) diretrizes e subsídios provenientes dos resultados dos estudos de comissionamento de instalações da rede de operação (Submódulo 21.3);
 - (xvii) dados e modelos de componentes validados de acordo com a validação de modelos de componentes e de dados para estudos elétricos (Submódulo 21.4); e
 - (xviii) critérios a considerar na execução e na análise das simulações do desempenho elétrico do sistema, de acordo com os critérios elétricos (Submódulo 23.3).
- (d) Elaborar o *Termo de referência* dos estudos considerando sugestões dos agentes de operação.
 - (e) Interagir com os agentes de operação quando da necessidade de instalação de registradores de perturbações de longa duração para avaliação do desempenho dos controladores em serviço.
 - (f) Definir a necessidade de novos controladores e indicar a conveniência ou a necessidade de modernização de equipamentos de controle que apresentem desempenho em não-conformidade com os requisitos estabelecidos nos Submódulos 2.3, 2.6 e 3.6.
 - (g) Determinar a parametrização dos novos controladores ou das revisões dos controladores em serviço, em conjunto com os agentes de operação.
 - (h) Elaborar o REOCS.
 - (i) Disponibilizar para os agentes de operação envolvidos as informações necessárias à reprodução das análises, bem como o REOCS, de acordo com os prazos estabelecidos no cronograma do estudo.

5.2 Dos agentes de geração, de transmissão, de distribuição, dos consumidores livres e potencialmente livres

- (a) Participar, por convocação do ONS ou por seu próprio interesse, das diversas atividades previstas no escopo definido para cada etapa do processo.
- (b) Encaminhar ao ONS sugestões para a elaboração do *Termo de referência* dos estudos.
- (c) Implementar os novos controladores e executar a revisão dos existentes.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

- (d) Executar o comissionamento e os ensaios dos novos controladores, solicitados pelo ONS, bem como ensaios de controladores em operação, respeitando a sistemática e as responsabilidades estabelecidas no Submódulo 21.3.
- (e) Estabelecer, em conjunto com o ONS, o processo de acompanhamento de comissionamento e de ensaios em controladores novos e existentes, quando solicitado pelo ONS, respeitando a sistemática e as responsabilidades estabelecidas no Submódulo 21.3.
- (f) Fornecer ao ONS os modelos dos novos controladores com os ajustes iniciais ou com as informações sobre os ajustes efetivamente implantados.
- (g) Fornecer ao ONS os dados e informações necessários à realização da otimização de controladores, de acordo com o termo de referência definido e em conformidade com os requisitos dos *Procedimentos de Rede*.
- (h) Implantar as providências recomendadas no REOCS.

6 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO

6.1 Elaboração de termo de referência

6.1.1 O ONS deve estabelecer, em conjunto com os agentes de operação, um termo de referência dos estudos.

6.2 Coleta e análise dos dados

6.2.1 O ONS consolida os dados coletados e os disponibiliza para os agentes de operação. Qualquer incorreção nos dados e informações fornecidas identificada por algum agente de operação deve ser informada ao ONS nos prazos estabelecidos no item 7 deste submódulo.

6.3 Definição e realização dos estudos

6.3.1 Contexto e abrangência dos estudos

6.3.1.1 O sistema elétrico utiliza diversos tipos de controles automáticos que operam em diferentes níveis de hierarquia. Alguns deles são submetidos a tratamentos específicos, detalhados em outros submódulos dos *Procedimentos de Rede*. Os estudos aqui previstos restringem-se aos seguintes equipamentos de controle:

- (a) sistema de excitação dos geradores e compensadores síncronos;
- (b) regulação primária de frequência;
- (c) sistema de controle de conversores de frequência e de elos de corrente contínua;
- (d) controle conjunto de potência ativa e de tensão de usinas;
- (e) sistema de controle de compensadores estáticos;
- (f) sistema de controle de compensadores série controláveis; e
- (g) sistema de controle de outros dispositivos FACTS.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

6.3.2 Estudos de desempenho do sistema sob pequenas perturbações

6.3.2.1 Essa etapa do processo corresponde ao exame da estabilidade do sistema sob pequenas perturbações. São observados os amortecimentos das oscilações impostas por pequenas perturbações no sistema, para diferentes configurações e condições operativas da rede.

6.3.2.2 Realizam-se testes individualizados para os novos controladores com o objetivo de avaliar o desempenho dos seus reguladores.

6.3.2.3 Analisa-se o desempenho do sistema para as condições de carga, de geração e de configuração de rede que melhor caracterizem problemas nos ajustes dos controladores.

6.3.3 Estudos de desempenho do sistema sob grandes perturbações

6.3.3.1 Nessa etapa, analisa-se a estabilidade do sistema quando submetido a grandes perturbações. São consideradas, então, as não linearidades para destacar os benefícios dos novos ajustes e/ou reguladores propostos, em relação à condição original.

6.3.3.2 Avalia-se o desempenho dinâmico do sistema considerando a rede completa e diferentes condições operativas, para comparação com o desempenho anterior.

6.3.3.3 Avalia-se o desempenho dinâmico do sistema para situações de contingência.

6.3.3.4 As análises realizadas nessa etapa enfocam aspectos do desempenho dinâmico do sistema – se foi, ou em que medida foi, afetado pelos novos ajustes ou pelos novos controladores –, além de examinar os efeitos localizados que possam ser limitantes para a plena utilização da rede.

6.3.3.5 Nas análises levadas a termo nessa etapa, devem ser considerados os SEP existentes, bem como as possíveis modificações ou a necessidade de novos sistemas.

6.3.4 As simulações e análises são desenvolvidas de acordo com os critérios e diretrizes estabelecidas no Submódulo 23.3.

6.3.5 Durante a realização dos estudos podem ocorrer interações com outros processos, quais sejam:

- (a) SEP (Submódulo 11.4);
- (b) estudos pré-operacionais de integração de instalações da rede de operação (Submódulo 21.2);
- (c) estudos de comissionamento de instalações da rede de operação (Submódulo 21.3);
- (d) controle carga-freqüência (Submódulo 21.8); e
- (e) validação de dados e modelos de componentes para estudos elétricos (Submódulo 21.4).

6.4 Elaboração e disponibilização do relatório

6.4.1 O ONS elabora o REOCS e o disponibiliza para todos os agentes de operação.

6.4.2 ONS faz o acompanhamento, junto ao agente de operação envolvido, da efetividade da implantação das medidas propostas, visando a reduzir ou eliminar possíveis problemas resultantes de discordâncias entre o desempenho real e o de simulação.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	1.0	05/08/2009

7 HORIZONTE, PERIODICIDADE E PRAZOS

7.1 Os estudos de otimização de controladores são realizados quando entram em operação novas instalações que afetem o desempenho da rede de operação ou quando outro processo do ONS sinaliza a necessidade de sua realização.

7.2 O prazo de execução é estabelecido em função do escopo do estudo.

7.3 Os agentes de operação são avisados para que elaborem o escopo e o cronograma para a execução do processo com antecedência de 10 (dez) dias úteis.

7.4 Os dados consolidados pelo ONS, de acordo com o item 6.2.1 deste submódulo, devem ser confirmados pelos agentes de operação em até 5 (cinco) dias úteis após sua disponibilização.

8 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

8.1 Os programas computacionais a serem utilizados na otimização de controladores e constantes no Submódulo 18.2, são os seguintes:

- (a) Programa de análise de redes;
- (b) Modelo para análise de estabilidade eletromecânica; e
- (c) Modelo de análise de estabilidade dinâmica (de pequenas perturbações).