



**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



Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

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	8
8 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS	9

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

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 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, de supervisão e controle, 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*;
- (i) Submódulo 6.5 *Programação de intervenções em instalações da rede de operação*;
- (j) Submódulo 6.6 *Diretrizes eletroenergéticas para rede básica incompleta*;

¹ Flexible Alternate Current Transmission Systems.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

- (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*.

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;
- (b) definição da necessidade de novos equipamentos de controle, sob a ótica da otimização de controladores;
- (c) determinação da necessidade de modernização de controladores;

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

- (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; e
- (h) outros itens previstos no termo de referência dos estudos.

4 ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO

4.1 Em todos os itens deste submódulo, houve alterações de numeração e/ou de conteúdo para atendimento à Resolução Normativa ANEEL nº 115, de 29 de novembro de 2004.

5 RESPONSABILIDADES

5.1 Do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS

- (a) Coordenar o processo de otimização de controladores.
- (b) Convocar os agentes 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);
 - (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);

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

- (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) Interagir com os agentes quando da necessidade de instalação de registradores de perturbações de longa duração para avaliação do desempenho dos controladores em serviço.
 - (e) 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.
 - (f) Determinar a parametrização dos novos controladores ou das revisões dos controladores em serviço, em conjunto com os agentes.
 - (g) Elaborar o REOCS.
 - (h) Disponibilizar para os agentes 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) Implementar os novos controladores e executar a revisão dos existentes.
- (c) 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.
- (d) 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.
- (e) Fornecer ao ONS os modelos dos novos controladores com os ajustes iniciais ou com as informações sobre os ajustes efetivamente implantados.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

- (f) 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*.
- (g) 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, 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. Qualquer incorreção nos dados e informações fornecidas identificada por algum agente 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.

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.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

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 as 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.

6.4.2 ONS faz o acompanhamento, junto ao agente 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.

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 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 em até 5 (cinco) dias úteis após sua disponibilização.

Assunto	Submódulo	Revisão	Data de Vigência
OTIMIZAÇÃO DE CONTROLADORES	21.5	0.1	25/09/2007

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).