



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GAT/10

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO – IV**

**GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT**

**UTILIZAÇÃO DE CONTROLADORES DEFINIDOS PELO USUÁRIO PARA MODELAGEM DE SISTEMAS ESPECIAIS DE PROTEÇÃO NO ANATEM**

**Nícolás A R L Netto(\*)  
CEPEL**

**Milon P da Silva  
UFF/CEPEL**

**Fabricio L Lirio  
CEPEL**

**Lígia R da Silva  
CEPEL**

**RESUMO**

Neste artigo é apresentado um recurso que permite que sinais provenientes de CDU alterem o estado de elementos da rede (relé por CDU). O uso da topologia de CDU é descrito, recurso este que possibilita que uma mesma configuração de planta seja compartilhada por mais de um controlador.

Com o uso da topologia de CDU, apresenta-se um relé diferencial genérico.. É apresentada ainda a simulação dinâmica incluindo a representação de um Sistema Especial de Proteção (SEP), por meio do relé por CDU.

As funcionalidades apresentadas neste trabalho contribuem para o aprimoramento da representação dos sistemas de proteção nas simulações dinâmicas.

**PALAVRAS-CHAVE**

Transitórios Eletromecânicos, Sistemas Especiais de Proteção, Anatem, Simulação

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A representação detalhada dos sistemas de proteção é uma parte fundamental da base de dados dinâmicos para simulação de transitórios eletromecânicos. Para o Sistema Interligado Nacional (SIN), é determinado que a atuação dos sistemas de proteção deve ser considerada em função da contingência analisada.

Os sistemas de proteção na rede elétrica são formados basicamente por relés, Esquemas Regionais de Alívio de Carga (ERAC), Sistema Especial de Proteção (SEP) e Esquemas de Corte de Geração (ECG). No Programa Anatem [1], que é uma ferramenta desenvolvida pelo Cepel para simulação de transitórios eletromecânicos no Sistema Elétrico Brasileiro, existe a possibilidade de representar diversos relés e ERACs por meio de modelos predefinidos (*built-in*).

Existe ainda uma funcionalidade que permite ao usuário criar seus próprios controladores, por meio de um arquivo texto, denominada Controladores Definidos pelo Usuário (CDU). Esta funcionalidade proporciona uma maior flexibilidade e detalhamento na representação dos reguladores, controladores e modelos na simulação dinâmica.

As seções subsequentes apresentam exemplos de aplicação real e o detalhamento dos recursos desenvolvidos capazes de representar estas estruturas de proteção no Anatem por meio dos CDUs.

(\*) Av. Horacio de Macedo, nº 354 – sala 252 – CEP 21941-911 Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 2598-6325 – Fax: (+55 21) 2598-6451 – Email: nicolasrln@cepel.br

## 2.0 - MODELAGEM DE EQUIPAMENTOS E ELEMENTOS DO SISTEMA

Considerando sistemas supervisórios e de proteção, as variáveis de controle apresentadas pelo Anatem para o usuário poderiam ser insuficientes caso se desejasse modelar algum sistema com elevado grau de complexidade, como é o caso dos SEPs, por exemplo.

### 2.1 Definição de estado de um sistema

Tradicionalmente, equipamentos e outros elementos do Anatem são representados por meio de suas equações diferenciais e equações algébricas. Uma máquina síncrona, por exemplo, é descrita por variáveis de estado como  $\delta$  (ângulo de carga) e  $\omega$  (frequência angular) e equações diferenciais que relacionam estas variáveis com condições externas ( $P_e$ ), como é o caso da equação de oscilação:

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{d^2 \delta_m}{dt^2} = P_m - P_e$$

Contudo, tais equações podem não ser suficientes para descrever comportamentos que se deseja observar ou controlar. Neste sentido, modelos matemáticos podem sempre ser mais detalhados a medida que surge a necessidade de tal especificação. A definição do conceito de estado se faz necessária nesse contexto de abrangência dos modelos. Segundo CASSANDRAS e LAFORTUNE [2]:

“O estado de um sistema, para um dado instante de tempo  $t_0$ , é a informação requerida em  $t_0$  tal que a saída  $y(t)$ , para todo  $t \geq t_0$ , é determinada unicamente a partir desta informação e da entrada  $u(t), t \geq t_0$ .”

Quando o modelo matemático de um sistema é composto por equações diferenciais, os valores das variáveis de estado de um sistema são geralmente representados por números reais. Contudo, outros conjuntos de valores, como valores inteiros ou um conjunto discreto de possibilidades podem ser utilizados para representar uma variável de estado de um sistema. Pode-se dizer que o número de unidades ligadas em um banco de capacitores ou o conjunto {vermelho, amarelo, verde} para um sinal de trânsito representam uma condição dos sistemas que estes modelam.

Se alguma variável de estado do espaço de estados de um sistema é naturalmente descrita por um conjunto discreto, e as transições desta variável de estado são observadas apenas em pontos discretos no tempo, associa-se essas transições de estado a “eventos”, formando um “sistema a eventos discretos”.

### 2.2 Variáveis e elementos modeláveis no Anatem

No Anatem, eventos e transições entre estados discretos já eram possíveis de serem observados por meio da própria aplicação de eventos de simulação na rede, como é o caso da abertura de circuito. De fato, um circuito pode ser entendido como possuindo o estado operativo {ligado, desligado} e os eventos ABCI (abertura total de circuito CA) e FECL (fechamento total de circuito CA) como transições que provocam a mudança de estado operativo.

Essas transições ocasionadas em decorrência da existência de eventos, contudo, não poderiam ser replicadas em estruturas internas de controle, apenas pela aplicação explícita de determinado evento. De tal sorte, sistemas supervisórios como os sistemas de proteção não podiam ser corretamente modelados com as estruturas de CDU, requerendo o uso de estruturas *built-in*, como o uso do código DREL para modelar diferentes tipos de relés e DERA para modelar o ERAC.

Implementou-se na versão 11 do Anatem um conjunto de variáveis de estado que possuem a capacidade de alterar estados operativos de vários componentes da rede elétrica. Até a versão 11.1.0, as seguintes variáveis de estado podem ser modeladas em controles por meio da estrutura de CDU, como subtipos dos blocos IMPORT e EXPORT:

Tabela 1 – Variáveis implementadas

<i>Variável</i>	<i>Descrição</i>	<i>Estados possíveis</i>
STCIRC	Estado operativo de um circuito	$x \in \{0,1\}$
STLIND	Estado operativo da <b>extremidade DE</b> de um circuito	$x \in \{0,1\}$
STLINP	Estado operativo da <b>extremidade PARA</b> de um circuito	$x \in \{0,1\}$
STGER	Número de unidades ligadas de um <b>grupo gerador</b>	$x_t \in \{0,1,2, \dots, x_{t-\Delta t}\}$

STSHT	Valor percentual de <b>shunt equivalente</b> referente a $t_0$	$-\infty < x < +\infty$
STLDP	Valor percentual da <b>carga ativa</b> referente a $t_0$	$-\infty < x < +\infty$
STLDQ	Valor percentual da <b>carga reativa</b> referente a $t_0$	$-\infty < x < +\infty$
STLDM	Valor percentual da <b>magnitude da carga</b> referente a $t_0$	$-\infty < x < +\infty$
STBSH	Número de unidades ligadas de um grupo de <b>banco shunt individualizado</b>	$x \in \{0,1,2, \dots, N_{bsh}\}$
ESTFNT	Número de unidades ligadas de um grupo de <b>fonte shunt controlada</b>	$x \in \{0,1,2, \dots, N_{fnt}\}$

As variáveis descritas possuem tanto a capacidade de monitoração quanto a capacidade de atuação no elemento descrito e podem possuir função similar a outros subtipos já implementados, como é o caso da semelhança entre os subtipos NUGER e STGER. Contudo, os subtipos anteriormente implementados não podiam atuar sobre a rede. Desta maneira, alguns elementos podem apresentar variáveis semelhantes, ou parcialmente redundantes.

As transições, por sua vez, podem ser modeladas por meio de blocos não-lineares como o subtipo STEPS do bloco FUNCAO ou dos blocos DISMIN e DISMAX. O bloco DISMAX, por exemplo, possui como saída 0 enquanto a entrada não for maior que uma referência (parâmetro P1) por pelo menos algum tempo (parâmetro P2); quando a saída desse bloco assume o valor 1, ela ainda é sustentada por mais um tempo (parâmetro P3) contados após a condição de comparação  $V_{ent} > V_{sai}$  deixar de ser verdadeira (ver Figura 1). A transição entre as saídas 0 e 1 pode ser utilizada para representar as transições nos sistemas supervisórios modelados.

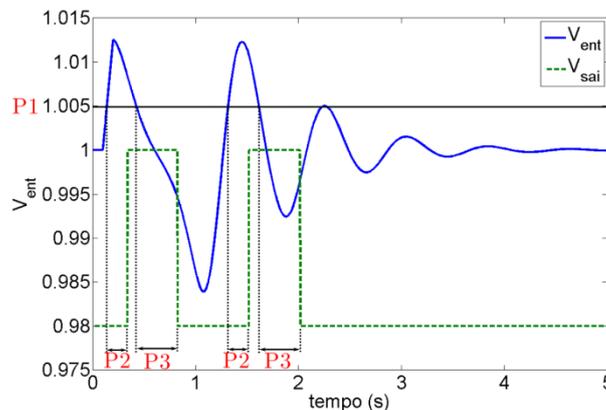


FIGURA 1 – Exemplo de funcionamento do bloco DISMAX

### 2.3 Uso da Topologia de CDU para a criação de modelos de proteção

A topologia de CDU, recurso presente na versão 11.00.01 do Anatem, permite definir estruturas de controladores que podem ser reaproveitadas para mais de um CDU. Na prática, a definição de uma topologia é idêntica a de um CDU (código DCDU), requerendo apenas que se troque este código de execução para o código da definição de topologia (DTDU). Este recurso permite, por exemplo, que um sistema de proteção cuja lógica não seja contemplada por modelos *built-in* seja modelado, como é o caso do relé diferencial (ver Figura 2).

DTDU	0007 SOMA	I1I	DifI
(ncdu) ( nome cdu )		I2I	DifI
904 Relé Diferencial com temporização fixa	0008 FUNCAO X**2	Difr	Difr2
(EFPAR (npar) ( valpar )	0009 FUNCAO X**2	DifI	DifI2
DEFPAR #LOC1 04 primeira extremidade	0010 SOMA	Difr2	Dif2
DEFPAR #LOC2 05 segunda extremidade		DifI2	Dif2
DEFPAR #Imax 1.0 ajuste do relé	0011 FUNCAO SQRT	Dif2	Idif
DEFPAR #Tviol 0.10 temp. do relé + disj.			
DEFPAR #Tpers 0.	0012 DISMAX	Idif	Commd #Imax #Tviol#Tpers
(nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 )	0013 LOGIC .NOT.	Commd	Sai
( Lógica para atuação do relé	( Lógica para abertura do	circuito	
0001 IMPORT ILINR I1R #LOC1	0014 IMPORT STCIRC	SLIN	#LOC1
0002 IMPORT ILINI I1I #LOC1	0015 LOGIC .AND.	SLIN	EstL
0003 IMPORT ILINR I2R #LOC2		Sai	EstL
0004 IMPORT ILINI I2I #LOC2	0016 EXPORT STCIRC	EstL	#LOC1
0006 SOMA I1R Difr	FIMCDU		
I2R Difr	999999		

FIGURA 2 – Exemplo de Relé Diferencial em uma Topologia de CDU

Este relé diferencial apresenta uma lógica bastante simples de funcionamento. Inicialmente, calcula-se a diferença entre as partes reais (I1R e I2R) e imaginárias (I1I e I2I) de dois terminais de um circuito (#LOC1 e #LOC2) e então calcula-se o módulo desta corrente diferencial (Idif). Este sinal então é comparado com um valor de referência (#Imax), e caso seja superior à referência (por #Tviol segundos), um sinal de saída assume o valor 1. Como o conjunto discreto que descreve os estados possíveis do circuito é {0=desligado,1=ligado}, nega-se o valor da saída (Sai), assim quando o bloco DISMAX tiver como saída 1, o estado do circuito deverá ir para 0. Existe ainda uma malha para garantir que não haja religamento automático: uma vez que o estado do circuito esteja em 0, ele permanecerá em 0 durante toda a simulação.

A utilização desta topologia de relé no Anatem se dá por meio dos códigos ACDU, que relaciona topologias definidas em um DTDU a um CDU único; e também do código DCNE, que permite que CDUs não vinculados a nenhum equipamento específico participem da simulação. O código ACDU ainda permite que qualquer parâmetro definido na topologia possa ser alterado por meio de uma instrução DEFPAR semelhante aos dos códigos DCDU e DTDU (ver Figura 3).

```

ACDU
(ncdu) (ntop) ( nome cdu )
1      904 Rele_dif_1
(EFPAR (nome) ( valor )
DEFPAR #LOC1      10
DEFPAR #LOC2      20
FIMCDU
999999
(
DCNE
(Nc) ( Mc )u
10   1u
999999

```

FIGURA 3 – Exemplo de utilização dos códigos ACDU e DCNE

Por meio deste recurso, é possível de aplicar este relé em vários pontos do sistema, requerendo apenas a substituição dos locais remotos de medição (#LOC1 e #LOC2), da corrente de ajuste (#Iref) e do tempo do relé para abertura do circuito (#Tviol).

### 3.0 - MODELAGEM DE SISTEMAS ESPECIAIS DE PROTEÇÃO NO ANATEM

Além dos relés, outros elementos de proteção mais complexos também podem ser modelados por CDU, como é o caso dos SEPs. O submódulo 20.1 define os Sistemas Especiais de Proteção [3]:

“Sistema que, a partir da detecção de uma condição anormal de operação ou de contingências múltiplas, realiza ações automáticas para preservar a integridade do sistema, dos equipamentos ou das linhas de transmissão.”

Devido a natureza particular e única de cada SEPs, estes não se encontravam presentes no Anatem na forma de elemento *built-in*. Com a implementação de recursos que viabilizam a alteração de estado operativo de diversos componentes do sistema, contudo, tornou-se possível modelar tais elementos para integrarem então o banco de dados dinâmicos. Podem ser modelados, por exemplo, os seguintes SEPs [4]:

- (1.09.08) Esquema de Rejeição de Máquinas da UHE Três Irmãos;
- **(1.16.07) Esquema de alívio de carga dos Bcos de Autotransformadores 345\_138 kV (225 MVA) da SE Campos;**
- (1.08.21) Esquema de controle de emergência da SE Montes Claros 2;
- (3.16.24) Desligamento de unidades geradoras na UHE Tucuruí quando da atuação do Esquema Suplementar de Proteção com desligamento de três ou mais unidades geradoras de Itaipu 60 Hz

Para efeitos ilustrativos, o SEP em destaque será modelado no Anatem e algumas simulações serão realizadas a fim de mostrar o seu funcionamento.

#### 3.1 Descrição do SEP 1.16.07

O SEP 1.16.07 possui como finalidade aliviar a carga da subestação, quando há sobrecarga (18%) nos bancos de autotransformadores 1, 2 ou 3 da SE Campos. Nestas condições, os circuitos 1 e 2 para Cachoeiro de Itapemirim devem ser retirados em 2 estágios, evitando a retirada dos transformadores por suas proteções contra sobrecarga (118% por 20 segundos) (ver Figura 4).

Para a modelagem deste SEP, será necessário incluir blocos que monitorem corrente de circuitos (transformadores OL T1, T2 e T3) e blocos para atuarem no desligamento de outros circuitos (linhas LI CAMPOS – C. ITAPEMIRIM C1 e C2, LI CAMPOS – ROCHA LEÃO, LI UTE CAMPOS - ITALVA C1 e C2). Será preciso incluir,

também, blocos que realizem a lógica programada do SEP, conforme descrito em suas especificações. Para a lógica deste SEP em particular, blocos DISMAX são suficientes para a representação do controle supervísório.

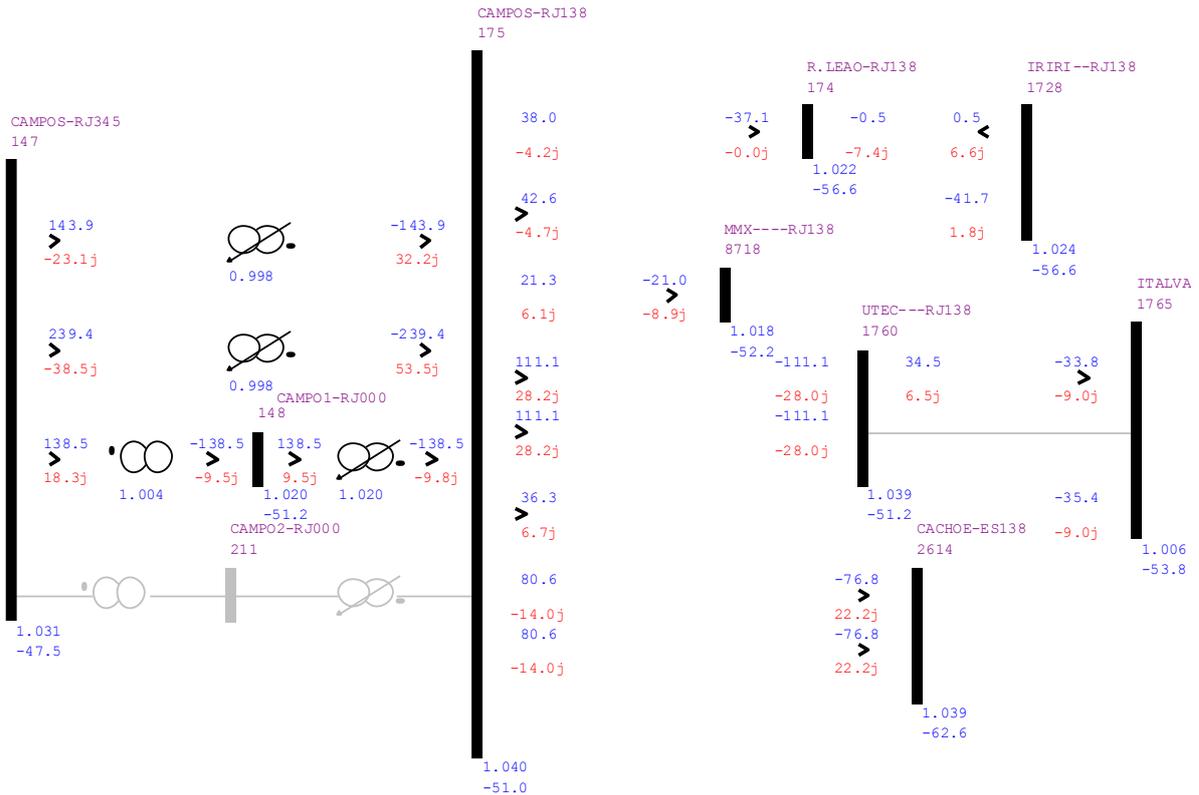


FIGURA 4 – Diagrama unifilar da vizinhança da SE Campos

### 3.2 Representação do Controle e Simulação no Anatem

Incluiu-se a modelagem do SEP 1.16.07 na base de dados dinâmicos de Fevereiro de 2016 do Operador Nacional do Sistema (ONS) [5] e a partir deste caso foi realizada a simulação do evento de perda dos bancos de autotransformadores de 225 MVA (OL T1 e T3) da SE Campos. Por meio do programa CDUEdit, desenhou-se a parte do diagrama de blocos do SEP que contém a proteção contra sobrecarga do banco de autotransformador OL T3 (ver Figura 5). Os bancos OL T1 e T2 possuem lógica de supervisão e controle análoga.

Os eventos de desligamento dos bancos de autotransformadores OL T1 e T3 foram os únicos aplicados explicitamente na simulação, e levaram à atuação dos cinco estágios do SEP, sensibilizados pela sobrecarga (ILIN acima de 528 A) no banco de autotransformador OL T2, desligando os seguintes equipamentos de acordo com as temporizações indicadas:

Tabela 2 – Temporização dos estágios do SEP 1.16.07

Temporização	Equipamento Desligado
4 segundos	LI CAMPOS – C. ITAPEMIRIM C1
8 segundos	LI CAMPOS – C. ITAPEMIRIM C2
12 segundos	LI CAMPOS – ROCHA LEÃO
16 segundos	LI UTE CAMPOS - ITALVA C1 e C2
20 segundos	Autotransformador OL T2

A corrente de sobrecarga ajustada para a sensibilização dos estágios de proteção do OL T2 é de 528 A, significando que a capacidade máxima para sua operação em regime será de 315 MVA, ou seja, abaixo da capacidade nominal (400 MVA). É importante salientar que este ajuste ocorre desta forma, pois considera-se que os bancos de autotransformadores não devem operar na sua capacidade máxima em regime permanente.

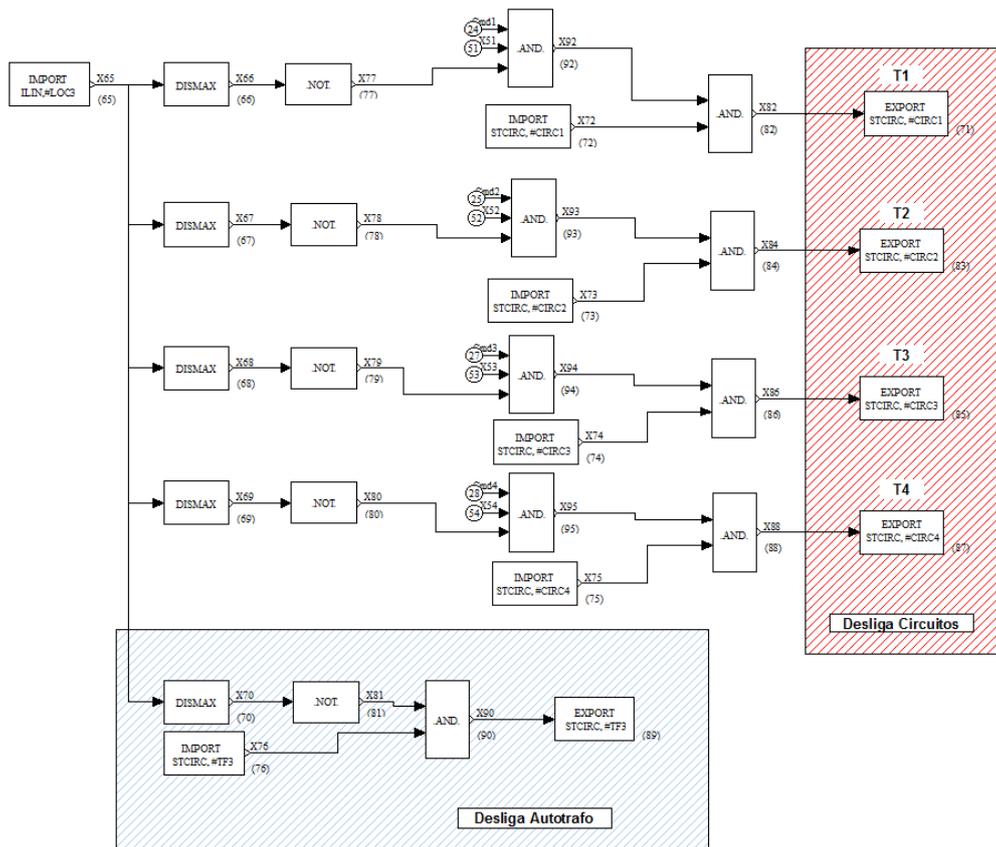


FIGURA 5 – Diagrama de blocos parcial do SEP 1.16.07

### 3.3 Resultados

O evento de desligamento dos bancos dos autotransformadores de 225 MVA causou sobrecarga no OL T2, dessa forma, o valor da corrente medida por meio do bloco IMPORT subtipo ILIN permaneceu acima do valor da corrente ajustada (referência) durante um período de tempo suficiente para a atuação dos cinco estágios temporizados ( ver Figura 6).

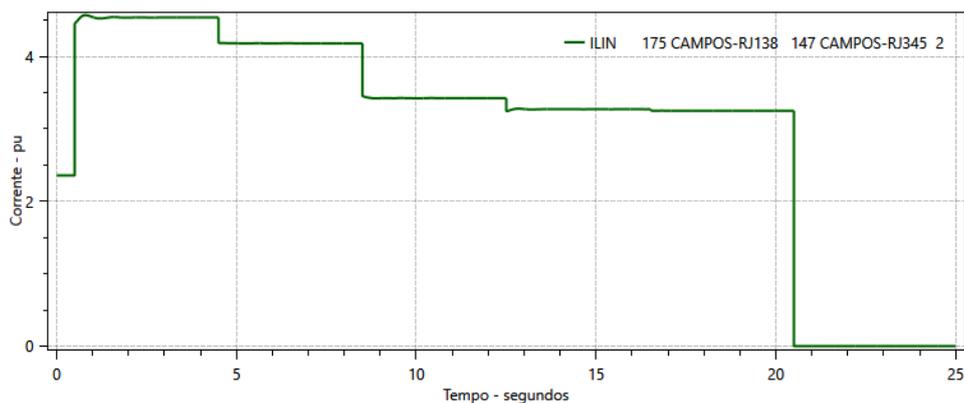


FIGURA 6 – Corrente no autotransformador de 400 MVA

O comando de desligamento de circuitos foi dado pela alteração da variável de estado de subtipo STCIRC, levando os circuitos da condição ligado {1} para desligado {0}. A Figura 7 apresenta as alterações desses estados em cada circuito de acordo com a temporização ajustada para o seu desligamento. Observa-se que, a cada desligamento, o fluxo no banco de autotransformador OL T2 decai, entretanto, não suficientemente para evitar a atuação do quinto estágio, no qual o próprio banco em sobrecarga é removido.

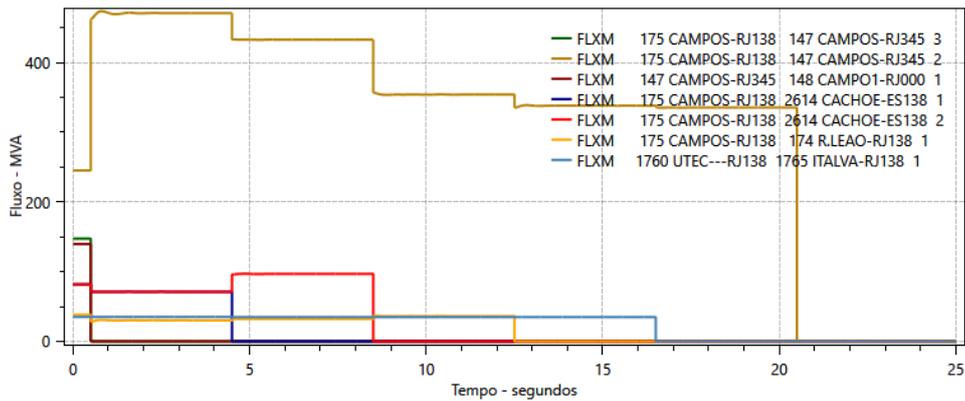


FIGURA 7 - Fluxo nos circuitos dos cinco estágios do SEP

Todas estas transições observadas no gráfico são também explicitadas no arquivo de mensagens (.log) que o Anatem gera a cada simulação. Neste arquivo são apresentados, além das mensagens relativas às transições efetuadas, todos os eventos que ocorrem no sistema, como são os eventos programados pelo usuário (código DEVT) (ver Figura 8, em destaque as mensagens relativas à atuação de CDU na rede elétrica). Caso seja de interesse do usuário, tais mensagens podem ser suprimidas, caso assim seja definido a opção do bloco EXPORT correspondente [1].

```

T= 0.5000s ABCI - Abrir circuito 175 CAMPOS-RJ138 147 CAMPOS-RJ345 3
T= 0.5000s ABCI - Abrir circuito 147 CAMPOS-RJ345 148 CAMPO1-RJ000 1
T= 0.5000s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 147 CAMPOS-RJ345 3
T= 0.5000s Abriu circuito 147 CAMPOS-RJ345 148 CAMPO1-RJ000 1
T= 0.5010s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 100 - VARIÁVEL: ESTL5
T= 0.5010s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 148 CAMPO1-RJ000 1
T= 4.5020s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 71 - VARIÁVEL: X82
T= 4.5020s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 2614 CACHOE-ES138 1
T= 8.5020s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 83 - VARIÁVEL: X84
T= 8.5020s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 2614 CACHOE-ES138 2
T= 12.5020s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 85 - VARIÁVEL: X86
T= 12.5020s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 174 R.LEAO-RJ138 1
T= 16.5020s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 87 - VARIÁVEL: X88
T= 16.5020s Abriu circuito 1760 UTEC---RJ138 1765 ITALVA-RJ138 1
T= 20.5020s Atuação de CDU na rede elétrica
      CDU: 70100 - SEP_SECampos - BLOCO: 63 - VARIÁVEL: X64
T= 20.5020s Abriu circuito 175 CAMPOS-RJ138 147 CAMPOS-RJ345 2

```

FIGURA 8 – Log de mensagens da simulação

Este SEP exemplificou a utilização dos recursos que permitem atuação na rede elétrica por meio de CDUs, sendo a sua implementação bastante simples, uma vez a sua lógica envolveu apenas elementos de medição (IMPORT), comparação (DISMAX), exportação (EXPORT), além de blocos lógicos. É importante ressaltar que relés personalizados e esquemas de proteção mais sofisticados poderão ser modelados por meio da combinação dos diversos blocos, operadores e funções disponíveis à modelagem de CDUs, viabilizando o estudo do desempenho destes componentes na rede elétrica por meio do Anatem.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Neste artigo foram apresentadas duas novas funcionalidades do programa Anatem. A primeira permite que sinais provenientes de CDU alterem o estado de elementos da rede elétrica, aqui denominada relé por CDU. A segunda funcionalidade apresentada é a topologia de CDU, recurso que permite o compartilhamento de uma estrutura de controle por mais de um controlador. Foram, ainda, revisados conceitos teóricos pertinentes à representação de sistemas de controle supervisionado dos quais os relés e Sistemas Especiais de Proteção fazem parte; tais como a definição de estado e a convenção adotada para cada tipo de equipamento possível de ser controlado e suas variáveis correspondentes.

Como exemplo, foi demonstrada a representação do SEP 1.16.07 (Esquema de alívio de carga da SE Campos). Conforme apresentado, este SEP pôde ser modelado utilizando apenas blocos elementares para aplicações do tipo (como o bloco DISMAX e blocos de operação lógica). Os demais SEPs listados neste trabalho também ser representados com grau de complexidade similar ao do SEP 1.16.07.

As funcionalidades apresentadas proporcionam que SEPs sejam modelados e integrados ao banco de dados dinâmicos do Operador Nacional do Sistema (ONS) para melhor representação do SIN. Estes recursos contribuem para o aprimoramento dos modelos de componentes da rede, aumentando a confiabilidade em estudos de transitórios eletromecânicos; especialmente aqueles que lidem com grande degradação das condições operativas, onde a atuação das proteções torna-se relevante.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LIRIO, F. L., NETTO, N. A. R. L., DA SILVA, L. R. et al., “Manual do Usuário do Programa Anatem”, Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Dezembro de 2016. Versão 11.01.00

[2] CASSANDRAS, C. G., LAFORTUNE, S., “Introduction to Discrete Event Systems”, Springer, Estados Unidos da América

[3] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, “Submódulo 20.1: Glossário de Termos Técnicos”, Revisão 2016.12, Brasil

[4] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, “SEP - Sistemas Especiais de Proteção”, visitado em: Março/2017, Disponível em: [http://www.ons.org.br/operacao/sistemas\\_especiais\\_protecao.aspx](http://www.ons.org.br/operacao/sistemas_especiais_protecao.aspx)

[5] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA “Casos de Referência – Estabilidade – Transitórios Eletromecânicos”, visitado em: Março/2017, Disponível em: [http://www.ons.org.br/avaliacao\\_condicao/casos\\_eletromecanicos.aspx](http://www.ons.org.br/avaliacao_condicao/casos_eletromecanicos.aspx)

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**NÍCOLAS ABREU ROCHA LEITE NETTO** Possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), respectivamente em 2014 e 2016. Atualmente é Profissional Pesquisador I do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, onde integra a equipe de desenvolvimento do Programa Anatem desde 2014. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: Computação Científica, Dinâmica, Controle e Estabilidade de Sistemas Elétricos.



**MILON PEREIRA DA SILVA** possui graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal Fluminense (UFF) em 2016. Ele está atualmente fazendo mestrado em Sistemas de Energia pela UFF e trabalha como bolsista de mestrado no Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL) atuando no desenvolvimento do programa Anatem. Seus interesses incluem desenvolver ferramentas de software para estudos de transitórios eletromecânicos, envolvendo a estabilidade e a dinâmica eletromecânica.



**FABRICIO LUCAS LIRIO** possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), respectivamente em 1998 e 2000. Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2007. Desde 2000 trabalha no Cepel, onde atua no Departamento de Redes Elétricas (DRE). Trabalha no desenvolvimento do Programa Anatem desde 2013, atual responsável pelo projeto Anatem, participou dos estudos da alternativa CCAT para o Aproveitamento das usinas do rio Madeira e Belo Monte e auxiliou no desenvolvimento do Programa PacDyn. Seus campos de interesse são: Transmissão CCAT, Equipamentos FACTS, Controle aplicado a Sistemas de Potência, bem como Estudos de Transitórios Eletromagnéticos, Eletromecânicos e Harmônicos. É membro do Comitê de Estudos B4 do Cigré-Brasil.



**LÍGIA ROLIM DA SILVA** possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (2015). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro é pesquisadora do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), atuando no desenvolvimento do programa Anatem. Seus principais campos de interesse são relacionados à Dinâmica de Sistemas de Potência e Estabilidade Eletromecânica.