



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

DESENVOLVIMENTO DE BIBLIOTECA DE MODELOS BUILT-IN DE
CONTROLADORES PARA O PROGRAMA PACDYN

Mariana Pereira Costa

Projeto de Graduação apresentado ao Corpo Docente do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadores: Glauco Nery Taranto
Sergio Gomes Junior

Rio de Janeiro
Agosto de 2013

DESENVOLVIMENTO DE BIBLIOTECA DE MODELOS BUILT-IN DE
CONTROLADORES PARA O PROGRAMA PACDYN

Mariana Pereira Costa

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE
DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Examinado por:

Prof. Glauco Nery Taranto, Ph.D(Orientador)

Prof. Sergio Gomes Junior, D.Sc(Orientador)

Prof. Tatiana Mariano Lessa de Assis, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
AGOSTO DE 2013

Pereira Costa, Mariana

Desenvolvimento de Biblioteca de Modelos Built-in de Controladores para o Programa PacDyn / Mariana Pereira Costa. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2013.

XII, 126 p.: il.; 29,7cm.

Orientadores: Glauco Nery Taranto

Sergio Gomes Junior

Projeto de Graduação – UFRJ/Escola Politécnica/ Departamento de Engenharia Elétrica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 73 – 73.

1. Estabilidade Eletromecânica. 2. Análise modal. 3. Controladores Definidos pelo Usuário. 4. Estabilidade a pequenos sinais. I. Nery Taranto, Glauco *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Elétrica. III. Desenvolvimento de Biblioteca de Modelos Built-in de Controladores para o Programa PacDyn.

Agradecimentos

Acima de tudo a Deus.

Ao pesquisador Sergio Gomes Junior, do CEPTEL, por toda sua ajuda neste trabalho e durante meu período de estágio.

Ao Professor Glauco pela orientação, à professora Tatiana por fazer parte da banca e pelas suas sugestões que acrescentaram ao trabalho e a todos os professores do Departamento de Engenharia Elétrica pelo aprendizado que me proporcionaram nestes anos.

Aos amigos que fiz na faculdade, por terem tornado esses anos ainda melhores.

À minha família, pais e irmãos, por todo apoio e amor, principalmente à minha mãe, por ser meu maior exemplo.

Ao meu namorado, Gustavo, por ser meu companheiro e me apoiar em todos os momentos.

Aos meus avôs por tudo que fizeram por mim neste período da faculdade.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

DESENVOLVIMENTO DE BIBLIOTECA DE MODELOS BUILT-IN DE CONTROLADORES PARA O PROGRAMA PACDYN

Mariana Pereira Costa

Agosto/2013

Orientadores: Glauco Nery Taranto
Sergio Gomes Junior

Departamento: Engenharia Elétrica

Neste projeto foi desenvolvida uma biblioteca de modelos built-in de controladores para o programa PacDyn. O programa ANATEM já dispõe de uma biblioteca composta de 24 modelos de reguladores de tensão, 12 modelos de estabilizadores e 7 modelos de reguladores de velocidade. Os diagramas de blocos para cada modelo podem ser vistos no manual do ANATEM, e para utilizar tais controladores basta associá-lo à máquina e informar os parâmetros de cada um. A partir destes modelos foi criada a biblioteca para o PacDyn, assim o usuário tem a opção de utilizar esses modelos, sem ter que criar os controladores. Todo o processo de validação desses modelos é apresentado e também é mostrado um caso real de um sistema de grande porte usando esta biblioteca. Esta biblioteca facilitará os estudos dinâmicos usando o PacDyn em conjunto com o ANATEM, pois agora o arquivo original no formato ANATEM pode ser aproveitado, sem necessidade de editar ou criar o controlador, evitando possíveis erros e simplificando o trabalho do usuário.

Abstract of Graduation Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Electrical Engineer

DEVELOPMENT OF CONTROLLER BUILT-IN LIBRARY FOR PACDYN

Mariana Pereira Costa

August/2013

Advisors: Glauco Nery Taranto

Sergio Gomes Junior

Department: Electrical Engineering

This project consisted in developing a controller built-in library for the program PacDyn. PacDyn is a program developed by CEPEL, used for analysis of small-signal stability of power systems. Another program developed by CEPEL, ANATEM, already had such library, containing 24 models of voltage regulators, 12 models of stabilizers and 7 models of speed governors. The block diagram for each model is available in ANATEM's manual. Based on this manual, a library for PacDyn was created, giving the user the option to use these models instead of having to create the controller. The validation process of these controllers is shown in this project, as well as a real case example, using the built-in models in a large power system study.

Sumário

| | |
|---|------------|
| Lista de Figuras | ix |
| Lista de Tabelas | xii |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Sistema Elétrico Brasileiro | 1 |
| 1.2 Oscilações Eletromecânicas | 1 |
| 1.3 Programas utilizados | 2 |
| 1.3.1 ANATEM | 2 |
| 1.3.2 PacDyn | 2 |
| 1.3.3 CDUEdit | 3 |
| 1.4 Motivação e Objetivos do trabalho | 3 |
| 2 Criação de biblioteca de modelos built-in | 4 |
| 2.1 Criação dos controladores no CDUEdit | 4 |
| 2.1.1 Criação do Regulador de Tensão #7 | 5 |
| 2.2 Sistema de Validação | 10 |
| 2.2.1 Sistema Máquina x Barra Infinita | 10 |
| 2.2.2 Sistema Máquina x Carga | 21 |
| 2.3 Criação da biblioteca | 23 |
| 2.3.1 Implementação no PacDyn | 25 |
| 3 Validação dos modelos | 27 |
| 3.1 Validação dos Reguladores de Tensão | 27 |
| 3.2 Validação dos Estabilizadores | 30 |
| 3.3 Validação dos Reguladores de Velocidade | 33 |
| 3.4 Problemas encontrados | 36 |
| 3.4.1 Erros de inicialização | 36 |
| 3.4.2 Problemas de Instabilidade | 39 |
| 3.4.3 Respostas diferentes | 43 |
| 3.4.4 Modelos em branco no sudeste.blx | 44 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | Teste usando biblioteca de modelos de sistemas de grande porte | 45 |
| 4.1 | Sistema Sudeste no Anatem | 45 |
| 4.1.1 | Tempo de simulação | 51 |
| 4.2 | Sistema Sudeste no PacDyn | 52 |
| 5 | Estudo de sistema Sudeste utilizando o PacDyn | 54 |
| 5.1 | Sistema Original | 54 |
| 5.2 | Sistema sem regulador de tensão MD03 e sem PSS 919 e 18 | 59 |
| 5.3 | Projeto de estabilizadores para as máquinas 400 e 519 | 66 |
| 5.4 | Respostas no tempo | 70 |
| 6 | Conclusões | 72 |
| | Referências Bibliográficas | 73 |
| A | Gráficos- Validação dos Controladores | 74 |
| A.1 | Validação dos Reguladores de Tensão | 75 |
| A.2 | Validação dos Estabilizadores | 77 |
| A.3 | Validação dos Reguladores de Velocidade | 79 |
| B | Biblioteca de Modelos Built-in | 80 |
| B.1 | DRGT | 80 |
| B.2 | DEST | 108 |
| B.3 | DRGV | 117 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Regulador de Tensão Modelo 7 | 5 |
| 2.2 | Bloco IMPORT | 6 |
| 2.3 | Parâmetros do bloco LeadLag | 6 |
| 2.4 | Regulador de Tensão 7 criado para ser usado com o ANATEM. | 7 |
| 2.5 | Blocos usados para criação do Regulador de Tensão 7 na versão PacDyn. | 7 |
| 2.6 | Regulador de Tensão 7 criado para ser usado com o PacDyn. | 8 |
| 2.7 | Sistema máquina x barra infinita | 11 |
| 2.8 | Diagrama do Sistema Máquina x Barra Infinita no ANAREDE | 11 |
| 2.9 | Sistema Máquina x Barra PQ | 21 |
| 2.10 | Diagrama do Sistema Máquina x Barra PQ no ANAREDE | 22 |
| | | |
| 3.1 | Case manager do PacDyn com controlador em formato gráfico | 29 |
| 3.2 | Case manager do PacDyn com controlador em formato texto | 30 |
| 3.3 | Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Tensão 1 | 30 |
| 3.4 | Case manager do PacDyn com controlador em formato gráfico | 32 |
| 3.5 | Case manager do PacDyn com controlador em formato texto | 32 |
| 3.6 | Resposta no tempo para os três casos usando o Estabilizador 5 - Tensão | 33 |
| 3.7 | Resposta no tempo para os três casos usando o Estabilizador 5 - Velocidade | 33 |
| 3.8 | Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Veloci- dade 1 - Potência Mecânica | 35 |
| 3.9 | Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Veloci- dade 1 - Velocidade | 35 |
| 3.10 | Modelo de Regulador de Tensão #5. | 36 |
| 3.11 | Modelo de Regulador de Tensão #5 criado no CDUEdit. | 37 |
| 3.12 | Zoom na variável X10 do Regulador de Tensão Modelo 5. | 38 |
| 3.13 | Blocos de Inicialização usados no Regulador de Tensão Modelo 5. | 39 |
| 3.14 | Estabilizador Modelo 5 criado no CDUEdit. | 40 |
| 3.15 | Lugar das raízes para ganho Ks variando de 0 a 100% de seu valor orginal. | 40 |
| 3.16 | Estabilizador Modelo 8 criado no CDUEdit. | 41 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.17 | Pólos do Sistema. | 41 |
| 3.18 | Gerenciador de Funções de Transferência do PacDyn. | 42 |
| 3.19 | Ajuste dos parâmetros do Estabilizador Modelo 8. | 43 |
| 3.20 | Respostas em Frequência do Sistema com o Antigo e Novo Estabilizador. | 43 |
| 4.1 | Ângulos de algumas máquinas da área sudeste, próximas ao defeito. | 48 |
| 4.2 | Potência ativa de algumas máquinas da área sudeste, próximas ao defeito. | 49 |
| 4.3 | Tensão de algumas máquinas da área sudeste, próximas ao defeito. | 50 |
| 4.4 | Respostas da Máquina de Marimbondo, usando o estabilizador built-in | 51 |
| 4.5 | Tensão em algumas barras próximas à barra de Adrianópolis. | 53 |
| 5.1 | Fatores de Participação do polo $0.1011 + j0.1599$ | 55 |
| 5.2 | Fatores de Participação do polo $0.1011 + j0.1599$ | 56 |
| 5.3 | Fatores de Participação do polo $0.2807 + j8.6553$ | 56 |
| 5.4 | Mode Shape para o polo $0.1011 + j0.1599$ | 57 |
| 5.5 | Mode Shape para o polo $0.2807 + j8.6553$ | 58 |
| 5.6 | Lugar das raízes para o ganho do estabilizador da máquina 18 variando de 100 a 0%. | 59 |
| 5.7 | Lugar das raízes para o ganho do estabilizador da máquina 919 variando de 100 a 0%. | 59 |
| 5.8 | Fatores de Participação do polo $-0.2237 + j5.6411$ | 60 |
| 5.9 | Fatores de Participação do polo $-0.4077 + j8.3735$ | 61 |
| 5.10 | Mode Shape para o polo $-0.2237 + j5.6411$ | 62 |
| 5.11 | Mode Shape para o polo $-0.4077 + j8.3735$ | 63 |
| 5.12 | Resíduos para o polo $-0.2237 + j5.6411$ | 64 |
| 5.13 | Resíduos para o polo $-0.4077 + j8.3735$ | 65 |
| 5.14 | Resposta em frequência para a função de transferência WW/V_{ref} para máquina 519. | 66 |
| 5.15 | Resposta em frequência com o estabilizador projetado. | 67 |
| 5.16 | Parâmetros do estabilizador projetado. | 67 |
| 5.17 | Estabilizador projetado para a máquina 519. | 67 |
| 5.18 | Resposta em frequência com o estabilizador projetado. | 68 |
| 5.19 | Parâmetros do estabilizador projetado. | 69 |
| 5.20 | Estabilizador projetado para a máquina 400. | 69 |
| 5.21 | Lugar das raízes do ganho do estabilizador projetado para máquina 519 variando de 0 a 100%. | 70 |
| 5.22 | Lugar das raízes do ganho do estabilizador projetado para máquina 400 variando de 0 a 100%. | 70 |
| 5.23 | Comparação das Respostas no Tempo do Sistema Sudeste. | 71 |

| | | |
|-----|---|----|
| A.1 | Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 1 a 12 de reguladores de tensão. | 75 |
| A.2 | Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 13 a 23 de reguladores de tensão. | 76 |
| A.3 | Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 1 a 5 de estabilizadores. | 77 |
| A.4 | Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 7 a 12 de estabilizadores. | 78 |
| A.5 | Resposta Sistema Máquina x Carga usando os modelos 1,3,4 e 6 de reguladores de velocidade. | 79 |

Lista de Tabelas

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Conjunto de Dados da seção DMDG | 17 |
| 5.1 | Polos mais críticos do Sistema Original | 55 |
| 5.2 | Lista dos Fatores de Participação do polo $0.1011 + j0.1599$ | 56 |
| 5.3 | Lista dos Fatores de Participação do polo $0.2807 + j8.6553$ | 57 |
| 5.4 | Mode Shapes para o polo $0.2807 + j8.6553$ | 58 |
| 5.5 | polos mais críticos do Caso 2 | 60 |
| 5.6 | Lista dos Fatores de Participação do polo $-0.2237 + j5.6411$ | 60 |
| 5.7 | Lista dos Fatores de Participação do polo $-0.4077 + j8.3735$ | 61 |
| 5.8 | Mode Shapes para o polo $-0.2237 + j5.6411$ | 62 |
| 5.9 | Mode Shapes para o polo $-0.4077 + j8.3735$ | 63 |
| 5.10 | Resíduos para o polo $-0.2237 + j5.6411$ | 64 |
| 5.11 | Resíduos para o polo $-0.4077 + j8.3735$ | 65 |
| 5.12 | Polos do Sistema com novo PSS para máquina 519. | 68 |
| 5.13 | Polos do Sistema com novo PSS para máquina 519 e para a máquina 400. | 69 |

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo, será abordado de forma resumida o sistema elétrico brasileiro, o problema das oscilações eletromecânicas e por fim serão apresentados os programas computacionais utilizados para a realização deste trabalho.

1.1 Sistema Elétrico Brasileiro

O sistema elétrico brasileiro possui dimensões continentais, predominância de geração hidrelétrica, múltiplos proprietários e é formado por um extenso sistema de transmissão. De acordo com a ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, cerca de 68% da capacidade instalada do sistema vem de hidrelétricas, 30% de térmicas, divididos entre gás natural, biomassa, óleo diesel, carvão mineral e nuclear e 1,6% de eólica. É composto por quatro subsistemas: Norte, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Sul, que são quase totalmente interligados, com exceção de alguns sistemas isolados, que estão principalmente na região amazônica. Esta interligação permite o aproveitamento da complementariedade dos regimes hidrológicos das diferentes bacias. Assim, quando uma região está em um período mais chuvoso, pode exportar energia para outra região que esteja em um período mais seco. Ao operar de forma interligada o sistema aumenta a confiabilidade, porém a operação se torna mais complexa.

1.2 Oscilações Eletromecânicas

Um problema muito observado em sistemas elétricos de grande porte é o aparecimento de modos de oscilações eletromecânicas pouco amortecidos. Estes podem causar desgastes mecânicos nas máquinas, restringir as transferências de potência em linhas de transmissão, e até provocar interrupção no fornecimento de energia elétrica e perda de sincronismo dos geradores. Portanto, é necessário que sejam

realizados estudos para identificar quais são esses modos, e qual a melhor forma de aumentar seu amortecimento. Uma das soluções adotadas é a instalação de estabilizadores (conhecidos como PSS, Power System Stabilizer), adicionados ao sistema de excitação das máquinas.

1.3 Programas utilizados

Para a realização deste trabalho foram usados três programas, desenvolvidos pelo DRE – Departamento de Redes Elétricas do Cepel: o ANATEM, o PacDyn e o CDUEdit. Será feita uma descrição desses programas e em seguida apresentado o objetivo principal deste trabalho.

1.3.1 ANATEM

Programa para análise de transitórios eletromecânicos em sistemas de potência, usado quando o sistema sofre grandes perturbações [1].

1.3.2 PacDyn

Programa de análise linear de oscilações eletromecânicas, utilizando métodos de controle clássico [2], [3]. A análise é feita a partir da linearização de equações diferenciais e algébricas em torno do ponto de operação [4], portanto é usado em estudos de respostas a pequenas perturbações. Possui algoritmos para cálculo de polos, zeros e resíduos da função de transferência, resposta no tempo, resposta em frequência (diagrama de Bode e Nyquist), lugar das raízes, entre outros. Pode ser usado para análise de casos como:

- Estabilidade eletromecânica em pequenos sinais;
- Ressonância subsíncrona para sistemas com múltiplas máquinas;
- Determinação de geradores mais propícios para instalação de PSS's;
- Identificação de controladores com parâmetros mal ajustados;
- Determinação das melhores barras do sistema para instalação de compensadores estáticos;
- Elaboração de controladores através de resposta em frequência, lugar das raízes, posição dos polos;
- Resposta linear no tempo para variações de carga ou nos controladores;
- Impacto da carga na dinâmica do sistema.

Além de outras aplicações mais avançadas, como lugar das raízes para grandes sistemas, variando múltiplos parâmetros, equivalentes modais para funções de transferências de sistemas de grande porte e otimização dos controladores de um sistema para maximizar o intercâmbio entre áreas [5].

Exemplos de aplicação prática do PacDyn são dados em [6] e [7].

1.3.3 CDUEdit

Ferramenta para criação e edição de controladores definidos pelo usuário. Permite a criação dos controladores para uso com ANATEM ou PacDyn.

1.4 Motivação e Objetivos do trabalho

O ANATEM dispõe de diversos modelos predefinidos de controladores; 24 modelos de reguladores de tensão e excitatriz, 7 modelos de reguladores de velocidade e turbinas e 12 modelos de estabilizadores em reguladores de tensão. Estes modelos, também conhecidos como built-in, foram criados internamente e para utilizá-los, basta associar o número do controlador à máquina, sem necessidade de criá-lo.

O trabalho teve como objetivo acrescentar esses modelos predefinidos de reguladores ao PacDyn, assim o usuário além de não precisar criar o regulador, pode aproveitar os arquivos originais no formato do ANATEM que utilizam estes modelos, sem a necessidade de qualquer tipo de alteração ou trabalho de edição. Isto virá a facilitar muito o trabalho de análise e pode evitar possíveis erros de modelagem dos controladores built-in que não estavam disponíveis até o momento para o PacDyn [1].

Outro objetivo do trabalho foi a análise de um sistema de grande porte no PacDyn, já utilizando a biblioteca desenvolvida. Serão identificados os modos instáveis e pouco amortecidos do sistema e projetados estabilizadores para levar o sistema a uma maior estabilidade.

Capítulo 2

Criação de biblioteca de modelos built-in

Em versões anteriores o PacDyn foi adaptado para leitura direta de arquivos do ANATEM, assim um arquivo usado para simulação no ANATEM também pode ser aproveitado para simulação no PacDyn, com todas as suas funções. Porém, ainda não havia sido implementada no PacDyn os modelos built-in, o que impossibilitava o uso deles com o programa. Para resolver essa pendência, foi criada a biblioteca de modelos built-in para o PacDyn. Como o PacDyn faz uma análise linearizada, possíveis diferenças entre os modelos criados e os já existentes poderiam aparecer. Para testar a parte não-linear dos modelos, os controladores foram criados também em formato ANATEM, logo a validação foi feita comparando a resposta de cada controlador em formato PacDyn com o modelo built-in e com o modelo criado para o ANATEM. A criação dessa biblioteca de modelos built-in para o PacDyn foi então usada como tema para este trabalho de conclusão de curso, que também apresentará o estudo de um sistema de grande porte usando esses controladores e por fim o estudo desse mesmo sistema no PacDyn, explorando algumas de suas ferramentas. Neste capítulo será mostrado como foram montados os controladores, usando o programa CDU Edit, em seguida será apresentado o sistema usado para a validação, e por fim, como ficou a biblioteca de modelos no PacDyn.

2.1 Criação dos controladores no CDUEdit

Os controladores foram criados a partir dos diagramas de blocos existentes no Manual do ANATEM [1], nas seções Formato de Dados de Modelos Predefinidos de Regulador de Tensão e Excitatriz de Máquina Síncrona, Formato de Dados de Modelos Predefinidos de Estabilizador Aplicado em Regulador de Tensão de Máquina Síncrona e Formato de Dados de Modelos Predefinidos de Regulador de Velocidade

e Turbina de Máquina Síncrona. Os parâmetros usados para os controladores foram os do arquivo sudeste.blk, que pode ser encontrado na pasta SUDESTE, de casos exemplos do ANATEM. O sudeste.blk é um arquivo de dados que contém as informações de todos os modelos built-in. Os dados do regulador de tensão modelo 7 estão mostrados abaixo.

```

DRGT MD07
(No) (Ka) (Tq) (Ta) (T1) (Ln1) (Lx1) (Ln2) (Lx2)
(. . . . . Mesquita e Neves
0016 20.0 .02 1.0-999.+999. -1.6 10.4
999999

```

O código DRGT significa que serão informados dados de um regulador de tensão, MD07 indica o número do modelo e 0016 é o número do controlador. Os parâmetros são referentes aos diversos blocos do controlador, como será visto na próxima seção.

Para ilustrar como foram montados os controladores, será dado o exemplo do modelo de regulador de tensão 7.

2.1.1 Criação do Regulador de Tensão #7

Na figura 2.1, está mostrado o diagrama do regulador de tensão, como no Manual do ANATEM.

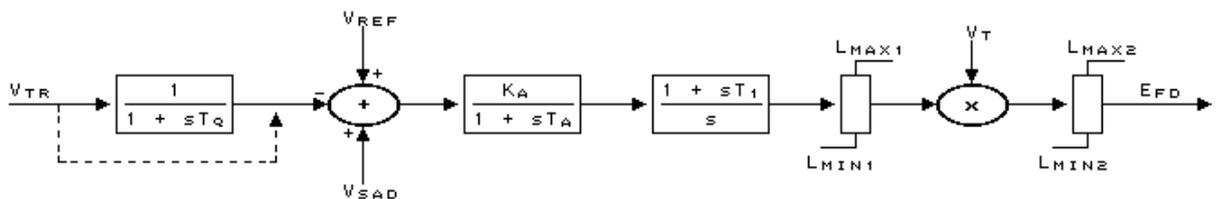


Figura 2.1: Regulador de Tensão Modelo 7

Primeiro será mostrado o modelo para ser usado no ANATEM e em seguida o modelo do PacDyn.

Modelo do ANATEM

No CDUEdit, foi escolhido o formato ANATEM para iniciar a criação do modelo. Em seguida, os blocos foram arrastados para o centro, e ligados um ao outro. VTR é um bloco IMPORT e foi escolhido dentro do Subtipo Máquina Síncrona, como mostrado na figura 2.2.

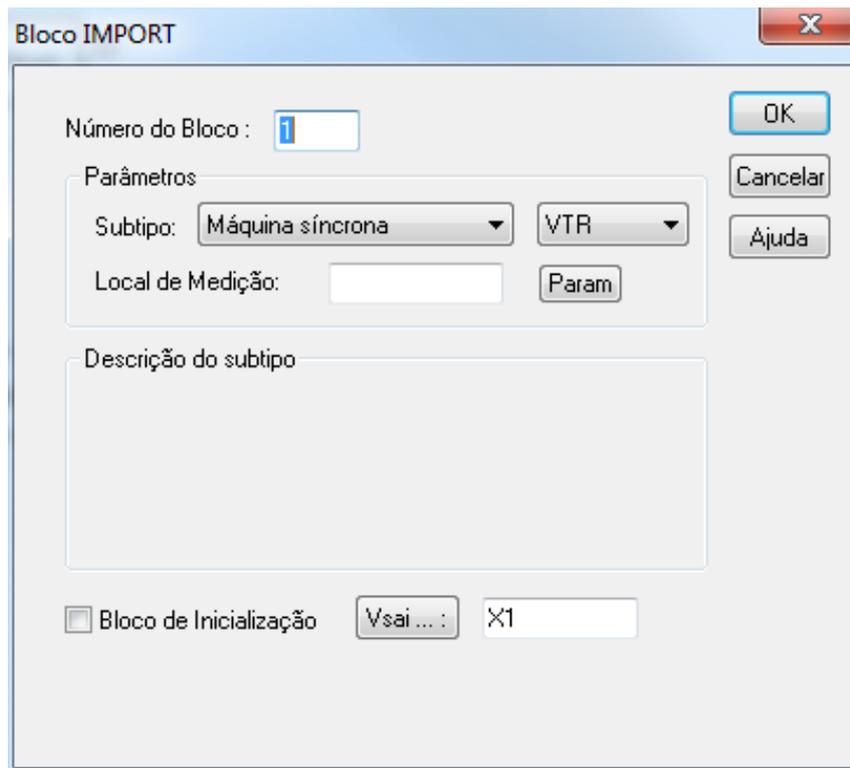


Figura 2.2: Bloco IMPORT

Os blocos LEADLAG estão na seção Dinâmico & Limites e devem ser editados para os parâmetros P1, P2, P3 e P4 corresponderem aos da figura no manual. É importante ressaltar que quando os parâmetros são literais, devem ser inseridos com um # antes. A figura 2.3 mostra o exemplo do segundo bloco do regulador 7.

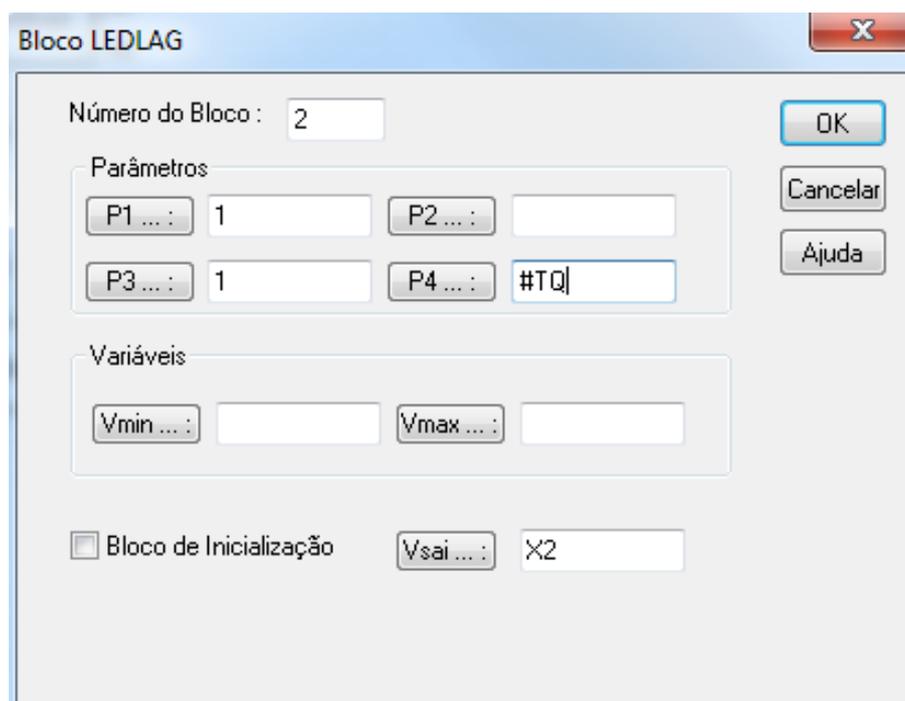


Figura 2.3: Parâmetros do bloco LeadLag

O bloco Vref é um bloco de entrada, e os blocos VSAD e VT também são IMPORT e devem ser editados da mesma maneira que o VTR. Para acrescentar um termo ao somador, basta arrastar uma ligação até o centro do bloco, e para mudar o sinal, é preciso dar um duplo clique na ligação que está entrando nele e escolher o sinal negativo. Os limitadores também estão na seção Dinâmico & Limites e os limites máximos e mínimos também podem ser editados, porém são variáveis, e não devem ter o # antes. Por fim, EFD é um bloco EXPORT e deve ser editado para a tensão de campo da máquina síncrona. Para editar o valor dos parâmetros, é usado a opção Parâmetros no menu Editar ou pode se clicar em cada bloco, e em seguida, no parâmetro.

A figura 2.4 mostra como fica o regulador criado.

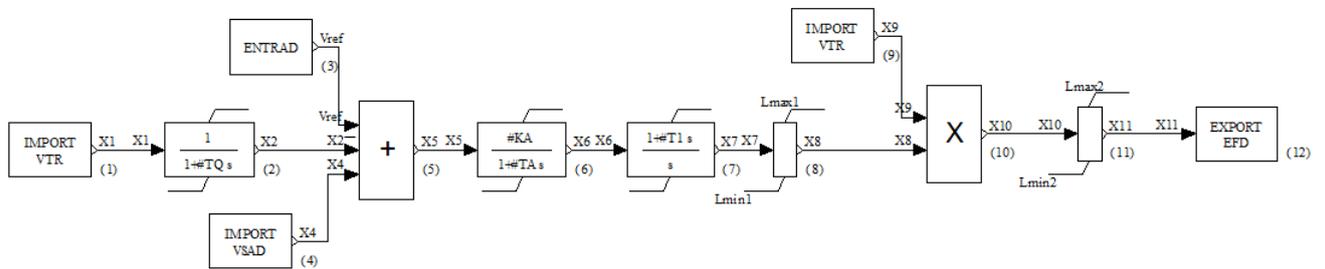


Figura 2.4: Regulador de Tensão 7 criado para ser usado com o ANATEM.

Modelo do PacDyn

O modelo para ser usado no PacDyn é montado de maneira análoga ao modelo do ANATEM. A figura 2.5 mostra os blocos usados, antes de serem editados e ligados e a figura 2.6 mostra a versão final, após essas mudanças. A opção DPAR, no menu Editar, pode ser usada para dar aos parâmetros os mesmos valores do arquivo sudeste.blk.

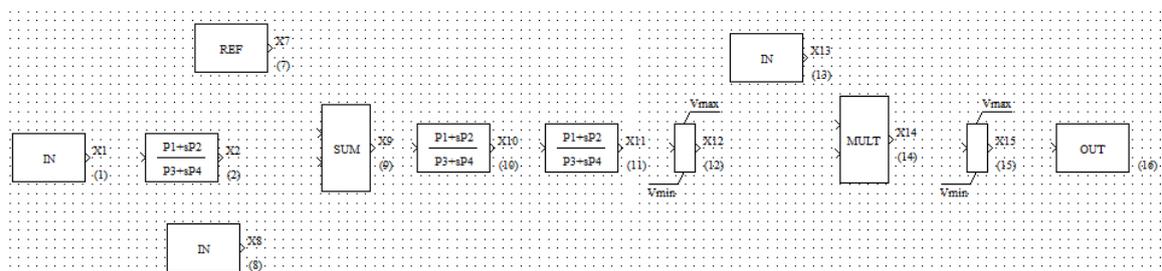


Figura 2.5: Blocos usados para criação do Regulador de Tensão 7 na versão PacDyn.

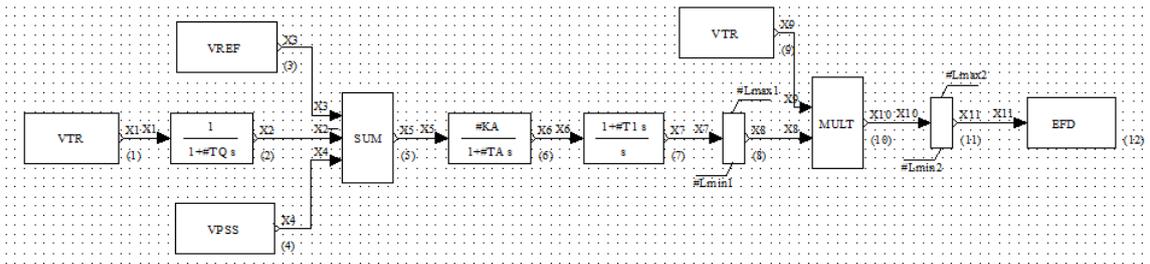


Figura 2.6: Regulador de Tensão 7 criado para ser usado com o PacDyn.

Versão texto dos controladores

O controlador criado no CDUEdit é salvo no formato .cde, e pode ser exportado para versão texto. No modelo ANATEM a versão texto é em .cdu e no modelo PacDyn o formato é .dyn. Abaixo encontra-se o regulador de tensão 7 na versão texto para o formato ANATEM e PacDyn, respectivamente.

```

(=====
( DADOS DE CDU
(=====
DCDU
(
( nc ) ( nome cdu )
    70     Modelo 7
(-----
(      (nome) (      valor      )
(-----
DEFPAR #T1     1.0
DEFPAR #TA     0.02
DEFPAR #TQ     0.01
DEFPAR #KA     20
DEFPAR #Lmin1 -999
DEFPAR #Lmax1 999
DEFPAR #Lmin2 -1.6
DEFPAR #Lmax2 10.4
(
(nb)i(tipo) (stip)s(vent)(vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
  1 IMPORT VTR          X1
  2 LEDLAG             X1   X2   1.   0.   1.   #TQ
  3 ENTRAD             Vref
  4 IMPORT VSAD        X4
  5 SOMA               Vref  X5
                    -X2   X5
                    X4   X5
  6 LEDLAG             X5   X6   #KA           1.   #TA
  7 PROINT             X6   X7   1.   #T1   1.
  8 LIMITA             X7   X8                               Lmin1  Lmax1

```

```

 9 IMPORT VTR          X9
10 MULTPL             X9   X10
                      X8   X10
11 LIMITA             X10  X11                      Lmin2  Lmax2
12 EXPORT EFD        X11

(-----)
(      (stip) (vdef) ( d1 )
(-----)
DEFVAL      Lmin1  #Lmin1
DEFVAL      Lmax1  #Lmax1
DEFVAL      Lmin2  #Lmin2
DEFVAL      Lmax2  #Lmax2
FIMCDU
(
999999
Fim

```

```

#=====
# User Defined Control Data
#=====
DUDT
#
#(Ncdu) (---Name---)
      16 Modelo 7
(
#Flag(Nb) (Type) S(Vinp) (Vout)(---A---)(---B---)(---C---)(---D---)
 1 IN      VTR    X1
 2 LDLG    X1     X2   1.          1.          #TQ
 3 IN      VREF   X3
 4 IN      VPSS   X4
 5 SUM     X3     X5
                -X2
                X4
 6 LDLG    X5     X6   #KA          1.          #TA
 7 LDLG    X6     X7   1.          #T1          1.
 8 LIM     X7     X8   #Lmin1     #Lmax1
 9 IN      VTR    X9
10 MULT    X9     X10
                X8
11 LIM     X10    X11  #Lmin2     #Lmax2
12 OUT     X11    EFD

#-----
#          DPAR          (---Par---) (-Value--)
#-----
          DPAR          #TQ          0.01
          DPAR          #KA          20
          DPAR          #TA          0.02

```

```
      DPAR          #T1          1.0
      DPAR          #Lmin1       -999
      DPAR          #Lmax1       999
      DPAR          #Lmin2       -1.6
      DPAR          #Lmax2       10.4

STOP
#
-999
END
```

Através do menu principal do CDUEdit, também é possível importar um controlador em formato texto, criando o controlador graficamente.

2.2 Sistema de Validação

Para validar os reguladores de tensão e estabilizadores foi usado o sistema máquina x barra infinita, que está dentro da pasta de instalação do PacDyn, e comparadas as respostas para três casos: com o modelo built-in do ANATEM, com o controlador criado para o ANATEM e com o controlador criado para o PacDyn. Para realizar a validação dos reguladores de velocidade, foi usado o sistema Máquina x Barra PQ e as respostas foram comparadas para os mesmos três casos. A seguir serão descritos esses sistemas e os arquivos usados para simular cada caso.

2.2.1 Sistema Máquina x Barra Infinita

Descrição do Sistema

Este sistema é composto por um gerador síncrono, uma barra infinita e uma linha modelada por uma reatância, como visto na figura 2.7. A barra infinita é uma representação de um sistema de grande porte, que por ser tão maior que o gerador pode ser modelado como tendo frequência e tensão constantes, independente da potência gerada ou absorvida pelo sistema.

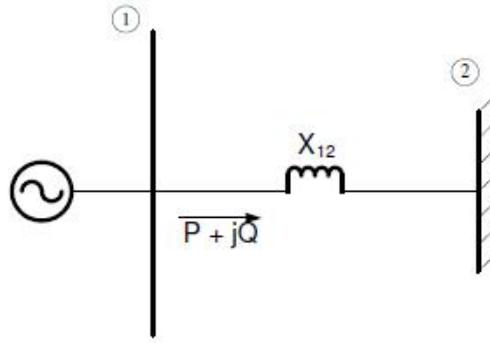


Figura 2.7: Sistema máquina x barra infinita

O diagrama do sistema no ANAREDE, está representado na figura 2.8.

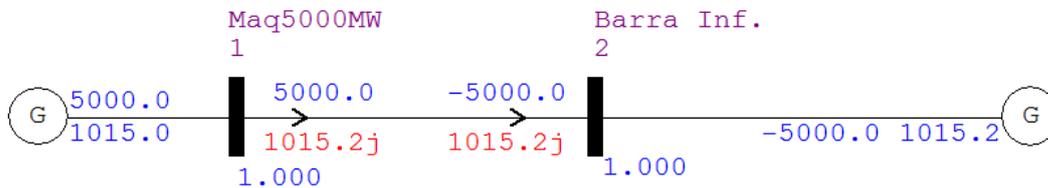


Figura 2.8: Diagrama do Sistema Máquina x Barra Infinita no ANAREDE

Arquivo mbinf.stb

A pasta mbinf, que contém os arquivos referentes ao sistema máquina x barra infinita pode ser encontrada dentro da pasta Test Systems, no diretório do PacDyn. Para o presente trabalho, foi usado o arquivo mbinf.stb, cujo código está apresentado abaixo e as seções (códigos de execução) estão detalhadas a seguir, de acordo com o manual do programa [1].0

```
(=====
( TITULO DO CASO
(=====
TITU
** Caso Maquina x Barra Infinita **
(
(=====
( ASSOCIACAO DE UNIDADES LOGICAS
(=====
(
( ---- arquivo Historico do fluxo de potencia ----
ULOG
2
```

```

mbinf.his
(
( ---- arquivo de saida ----
ULOG
4
mbinf.out
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
8
mbinf.plt
(
( ---- arquivo de log de eventos ----
ULOG
9
mbinf.log
(
(=====
( DADOS DE PADRAO PARA OPCOES DE EXECUCAO
(=====
DOPC IMPR CONT
(Op) E (Op) E
IMPR FILE 80CO CONT
999999
(
(=====
( ALTERACAO DE CONSTANTES DO PROGRAMA
(=====
DCTE
(Ct) (Val )
TEPQ .01 ( tolerancia de convergencia exigida p/ fluxo de potencia )
TEMD 1.E-6
TETE 1.E-6
TABS 1.E-6 ( tolerancia absoluta )
999999
(
(=====
( RESTABELECIMENTO DE CASO DE FLUXO DE POTENCIA
(=====
ARQV REST
01
(
(=====
( MODELOS DE GERADOR TIPO BARRA INFINITA
(=====
DMDG MDO1
(No) (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0001
(
999999

```

```

(
(=====
( MODELOS DE GERADOR COM POLOS SALIENTES
(=====
DMDG MDO2
(
(No) (CS) (Ld )(Lq )(L'd) (L"d)(Ll )(T'd) (T"d)(T"q)
0002 0001 272. 260. 36. 26. 12. 8.5 0.03 0.9
(No) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0002 3.84 5200.
(
999999
(
(=====
( CURVAS DE SATURACAO
(=====
DCST
(..... Curvas de Saturacao de Geradores
(
(..... Curva 1
(No) T ( Y1 ) ( Y2 ) ( X1 )
0001 2 0.013 7.920 0.8
(
999999
(
(=====
( CONTROLADORES DEFINIDOS PELO USUARIO
(=====
DCDU IMPR
(
( Regulador de Tensao de 1a. ordem
(ncdu) ( nome cdu )
0001 AVR
(nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
01 ENTRAD Vref
02 IMPORT VOLT Vt
03 IMPORT VSAD Vsad
04 SOMA Vref X3
-Vt X3
Vsad X3
05 LEDLAG X3 Efd 100.0 0.0 1.0 0.05
06 EXPORT EFD Efd
FIMCDU
(
(-----
(ncdu) ( nome cdu )
0002 PSS
(-----
(
(-----

```

```

(EFPAR (npar) ( valpar )
(-----)
DEFPAR #L1          -0.3
DEFPAR #L2          0.3
DEFPAR #K           15.
DEFPAR #Tw          3.0
DEFPAR #T1          0.06
DEFPAR #T2          0.015
(
(-----)
(nb)(tipo)(stip)s(vent)(vsai)( p1 )( p2 )( p3 )( p4 )(vmin)(vmax)
(-----)
0001 IMPORT WMAQ          WMAQ
0002 GANHO          WMAQ X2 #K
0003 WSHOUT          X2 X3 #Tw          1.0 #Tw
0004 LEDLAG          X3 X4 1.0 #T1          1.0 #T2
0005 LEDLAG          X4 X5 1.0 #T1          1.0 #T2
0006 LIMITA          X5 VSAD          L1 L2
0007 EXPORT VSAD VSAD
(
(-----)
(DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
(-----)
DEFVAL          L1 #L1
DEFVAL          L2 #L2
(
FIMCDU
(
999999
(
(=====)
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====)
DMAQ
( Nb) Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
1 10 6 2 1u
2 10 1
999999
(OBS: Se for retirado o PSS da maquina o sistema fica mal amortecido.
(
(=====)
( EVENTOS
(=====)
(
DEVT IMPR
(Tp) ( Tempo)( E1 )( Pa)Nc( Ex) ( \% ) (ABS ) Gr
Und (Bl)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
TCDU 1.0 1 .001 1
(MDLP 1.0 1 80.
(

```

```

999999
(
(=====
( VARIAVEIS DE SAIDA
(=====
DPLT IMPR
(Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
VOLT      1
FMAQ      1      10
PELE      1      10
EFD       1      10
DELT      1      10
999999
(
(=====
( DADOS DE SIMULACAO
(=====
DSIM
( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I )
  10.    .005    1    1
(
(=====
( EXECUCAO DO CASO
(=====
EXSI
(
FIM

```

- TITU: informa o título do caso em estudo;
- ULOG: associa a unidade lógica ao arquivo utilizado pelo ANATEM. Na unidade lógica 2 é informada o arquivo do ANAREDE com o fluxo de potência para o caso. Nas unidades 4 e 8 são informados os nomes dos arquivo de saída e de plotagem. E na unidade 9 o arquivo para armazenamento de mensagem de eventos, durante a simulação.
- DOPC: leitura de dados de padrão para Opções de Controle de Execução. A opção FILE especifica que os relatórios serão emitidos na unidade lógica #4 e a opção IMPR imprime os relatórios de dados de entrada na unidade lógica #6 ou na unidade lógica #4 se a opção 80CO estiver ativada.
- DCTE: leitura e modificação dos dados de constantes utilizadas no programa.
TEPQ - Tolerância para verificação de convergência de fluxo de potência.
TEMD - Tolerância de convergência em erro relativo das variáveis dos modelos CA-CC.

TETE - Tolerância de convergência em erro absoluto de tensão em barras CA e CC.

TABS - Tolerância de convergência em erro absoluto das variáveis dos modelos CA-CC.

- ARQV: gerenciamento do arquivo de casos armazenados de fluxo de potência gerado pelo programa ANAREDE e associado à unidade lógica #2.

REST - restabelece para a memória todas as informações relativas ao sistema gravado em um caso.

- DMDG: leitura de dados de modelos predefinidos de máquina síncrona. Podem ser usados três modelos:

MD01: Modelo Clássico de máquina síncrona com fonte de tensão constante em série com a reatância transitória de eixo direto. Representa o modelo e barra infinita quando só forem preenchidos o número do modelo e a frequência.

MD02: modelo de máquina síncrona de polos salientes com um enrolamento de campo e dois enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e outro no eixo em quadratura.

MD03: modelo de máquina síncrona de rotor liso com um enrolamento de campo e três enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e dois no eixo em quadratura.

A tabela 2.1 descreve o conjunto de dados. Para a opção MD03 é necessário preencher todos os campos, enquanto que, na opção MD02, os campos $L'q$ e $T'q$ não devem ser preenchidos.

Tabela 2.1: Conjunto de Dados da seção DMDG

| Campo | Descrição |
|------------------------|---|
| Curva de Saturação(CS) | Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo Curva de Saturação do Código de Execução DCST. |
| Ld | Indutância síncrona de eixo direto, em %. |
| Lq | Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %. |
| L'd | Indutância transitória de eixo direto, em %. |
| L'q | Indutância transitória de eixo em quadratura, em %. |
| L" d | Indutância subtransitória de eixo direto, em %. |
| Ll | Indutância de dispersão da armadura, em %. |
| T'do | Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos. |
| T'qo | Constante de tempo transitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos. |
| T"do | Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos. |
| T"qo | Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos. |
| Ra | Resistência do enrolamento de armadura, em %. |
| H | Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina. |
| D | Constante de amortecimento, em p.u./p.u.. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em p.u. na base da máquina e a variação da velocidade do rotor, em p.u. na base da velocidade síncrona. |
| MVA | Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros. |
| Frequência | Frequência síncrona da máquina, em Hz. Se for deixado em branco, será considerado o valor de 60 Hz. |
| CorFreq | Indica se será considerada (S) ou não (N) a correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica e nas equações elétricas do gerador. Se for deixado em branco, será considerado o valor N. |

```

DMDG MD01
(No) (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0001
(
999999
(

```

```

DMDG MD02
(
(No) (CS) (Ld ) (Lq ) (L'd) (L"d) (L1 ) (T'd) (T"d) (T"q)
0002 0001 272. 260. 36. 26. 12. 8.5 0.03 0.9
(No) (Ra ) ( H ) ( D ) (MVA) Fr C
0002 3.84 5200.
999999
(
(

```

- DCST: leitura de dados de curvas de saturação.

Na coluna T é indicada o tipo de equação usada para modelar a curva de saturação. Neste caso foi usado o tipo 2, que é uma exponencial, do tipo $y = Ae^{B(x-C)}$. O parâmetro Y1 corresponde ao A, Y2 ao B e X1 ao parâmetro C.

```

DCST
(..... Curvas de Saturacao de Geradores
(No) 0 T ( Y1 ) ( Y2 ) ( X1 )
(..... Curva 1
0001 2 0.013 7.920 0.8
999999

```

- DCDU: leitura de dados de modelo de controlador definido pelo usuário (CDU). Nesta seção o usuário pode criar um controlador (como visto na seção anterior) indicando o número do bloco, e as variáveis que entram e saem do bloco, assim como os parâmetros para cada bloco.

```

DCDU IMPR
(
( Regulador de Tensao de 1a. ordem
(ncdu) ( nome cdu )
0001 AVR
(nb)(tipo) (stip)s(vent)(vsai)( p1 )( p2 )( p3 )( p4 )(vmin)(vmax)
01 ENTRAD Vref
02 IMPORT VOLT Vt
03 IMPORT VSAD Vsad
04 SOMA Vref X3
-Vt X3

```

```

                Vsad  X3
05 LEDLAG      X3  Efd    100.0  0.0  1.0  0.05
06 EXPORT EFD  Efd
(DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
FIMCDU
(
(-----)
(ncdu) ( nome cdu )
  0002 PSS
(-----)
(
(-----)
(EFPAR (npar) (   valpar   )
(-----)
DEFPAR #L1                -0.3
DEFPAR #L2                 0.3
DEFPAR #K                  15.
DEFPAR #Tw                 3.0
DEFPAR #T1                 0.06
DEFPAR #T2                 0.015
(
(-----)
(nb)(tipo)(stip)s(vent)(vsai)( p1 )( p2 )( p3 )( p4 )(vmin)(vmax)
(-----)
0001 IMPORT WMAQ          WMAQ
0002 GANHO              WMAQ  X2   #K
0003 WSHOUT             X2   X3   #Tw    1.0#Tw
0004 LEDLAG            X3   X4    1.0#T1  1.0#T2
0005 LEDLAG            X4   X5    1.0#T1  1.0#T2
0006 LIMITA            X5   VSAD                      L1   L2
0007 EXPORT VSAD      VSAD
(
(-----)
(DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
(-----)
DEFVAL          L1   #L1
DEFVAL          L2   #L2
(
FIMCDU
(
999999

```

- DMAQ: leitura de dados de associação de geração ao modelo de máquina e respectivos sistemas de controle.

A coluna Nb identifica o número da barra associada ao modelo de máquina, e Gr o grupo de máquinas. P é o percentual de potência ativa gerada na barra pelo grupo de máquinas, neste caso, como está em branco é 100%. O

mesmo acontece para Q, potência reativa gerada na barra. Na coluna Und é especificado o número de unidades da máquina equivalente. As colunas Mt Mv e Me informam o modelo de regulador de tensão, de velocidade e estabilizador usados, respectivamente. Se o modelo for definido pelo usuário, a coluna a seguir deve ser preenchida com a letra u.

```

DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
    1   10           6     2     1u           2u
    2   10           1
999999

```

- DEVT: leitura de dados de eventos. Neste caso, o TCDU é um degrau em sinal de entrada de CDU. O evento comentado, MDLP é uma modificação da parte ativa da carga.

```

DEVT IMPR
(Tp) ( Tempo) ( El ) ( Pa) Nc ( Ex) ( \% ) ( ABS ) Gr Und
(B1)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
TCDU      1.0      1           .001      1
(MDLP     1.0      1           80.
999999

```

- DPLT: escolha de variáveis para serem visualizadas graficamente (variáveis de plotagem). Nesse caso, foram escolhidas as variáveis tensão, frequência, potência ativa e reativa e o ângulo.

```

DPLT IMPR
(Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (B1) P
VOLT *      1
FMAQ *      1      10
PELE *      1      10
QELE *      1      10
DELT *      1      10
999999

```

- DSIM: leitura de dados de simulação. Tmax - Tempo máximo de simulação, em segundos. Stp - Passo de integração, em segundos.

```

DSIM
( Tmax ) ( Stp) ( P ) ( I )
      10.0  .001      5      1      1

```

- EXSI: executa a simulação do caso de estabilidade.
- FIM: término da execução do programa.

2.2.2 Sistema Máquina x Carga

Como no sistema Máquina x Barra Infinita a frequência é constante, os reguladores de velocidade não teriam uma influência tão grande nas respostas. Para avaliar melhor o funcionamento desses controladores, foi utilizado o sistema Máquina x Barra PQ na validação dos reguladores de velocidade.

O sistema é constituído por um gerador síncrono, por uma linha modelada por uma reatância e por uma carga, como mostrado na figura 2.9.

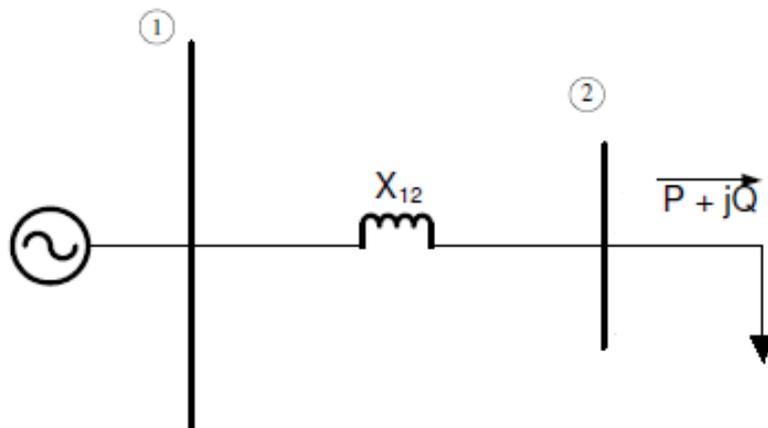


Figura 2.9: Sistema Máquina x Barra PQ

Para criar esse sistema, foi usado como base o arquivo mbinf.pwf, que contém os dados do sistema máquina x barra infinita. Esse arquivo foi modificado, substituindo a barra infinita por uma carga e foi salvo como mpq.pwf. Ao simular o arquivo mpq.pwf no ANAREDE, encontrou-se o ponto de operação do sistema, e então o sistema foi salvo com esse ponto de operação no arquivo mpq.sav. A figura 2.10 mostra o diagrama do sistema no programa ANAREDE.

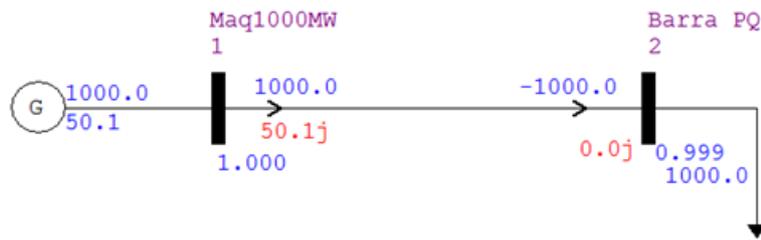


Figura 2.10: Diagrama do Sistema Máquina x Barra PQ no ANAREDE

Em seguida, foi criado o mpq.stb, de maneira análoga ao mbinf.stb, associando o arquivo mpq.sav à unidade lógica #2.

As seções diferentes do arquivo mbinf.stb estão mostradas abaixo:

```
(=====
( TITULO DO CASO
(=====
TITU
** Caso Maquina x Barra PQ**
(
.
.
.
(=====
( ASSOCIACAO DE UNIDADES LOGICAS
(=====
(
( ---- arquivo Historico do fluxo de potencia ----
ULOG
2
MPQ.SAV
(
( ---- arquivo de saida ----
ULOG
4
mpq.out
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
8
mpq.plt
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
```

```

9
fmpq.log
.
.
.
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6      2      1u      1u
(      2   10           1
999999
(
.
.
.
(=====
( EVENTOS
(=====
( Degrau na referencia do regulador de tensao
(
DEVT IMPR
(Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( \% ) (ABS ) Gr Und
(B1)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
MDLP      1.0      1                      100.
999999
(
.
.
.
(=====
( DADOS DE SIMULACAO
(=====
DSIM
( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I )
      30.0 .001      5      1      1
(
.
.
.

```

2.3 Criação da biblioteca

Após a validação de todos os controladores, como será detalhado no capítulo 3, pôde então ser criada a biblioteca de modelos built-in no PacDyn.

A partir da versão texto dos controladores foram criados os arquivos DRGT.dyn,

contendo todos os modelos de reguladores de tensão, DRGV.dyn, contendo todos os modelos de reguladores de velocidade e o arquivo DEST.dyn, com todos os modelos de estabilizadores.

Os nomes dos controladores foram definidos com o mesmo código do arquivo de dados, por exemplo, DRGT MD07. Nos dados de parâmetros, DPAR, estão indicadas as posições que cada parâmetro deve ser lido do arquivo sudeste.blk. A coluna A contém a sigla do parâmetro, a coluna B o valor *default*, se nenhum outro valor for atribuído, as colunas C e D informam os campos inicial e final e a coluna E a linha que se encontra.

Abaixo está o exemplo do modelo de regulador de tensão 7, e no apêndice B está a biblioteca completa, contendo os arquivos DRGT, DRGV e DEST.

```

=====
# User Defined Control Data
=====
DUDT
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGT MD07
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp)(Vout)(---A---) (---B---) (---C---)(---D---)
      1 IN      VTR      X1
      2 LDLG   X1       X2      1.          1.          #TQ
      3 IN      VREF     X3
      4 IN      VPSS     X4
      5 SUM      X3       X5
                -X2
                X4
      6 LDLG   X5       X6      #KA          1.          #TA
      7 LDLG   X6       X7      1.          #T1          1.
      8 LIM    X7       X8      #Lmin1     #Lmax1
      9 IN      VTR      X9
     10 MULT   X9       X10
                X8
     11 LIM    X10      X11     #Lmin2     #Lmax2
     12 OUT    X11      EFD
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---)(---B---)(---C---)(---D---)
      DPAR          #KA      0          8          12
      DPAR          #TQ      0          13         17
      DPAR          #TA      0          18         22
      DPAR          #T1      0          23         27
      DPAR          #Lmin1   0          28         32
      DPAR          #Lmax1   0          33         37
      DPAR          #Lmin2   0          38         42
      DPAR          #Lmax2   0          43         47

STOP
#

```

```
-999  
END
```

2.3.1 Implementação no PacDyn

A alteração do código fonte do PacDyn para a leitura dos controladores pre-definidos e associação dos parâmetros não faz parte do escopo deste trabalho, mas será descrito, em linhas gerais, para facilitar a compreensão do funcionamento da biblioteca.

O arquivo de configuração, chamado deftop.lst, gravado na pasta de instalação do PacDyn, permite incluir uma lista de arquivos a serem lidos. Foram então incluídos os arquivos DRGT.dyn, DRGV.dyn e DEST.dyn. Assim, toda vez que se inicia o programa, é feita a leitura dos controladores.

Ao associar um controlador a uma máquina, como no código abaixo foi usado o regulador de tensão número 16, o programa procura no arquivo de dados qual o modelo correspondente.

```
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6    2   16
      2   10           1
999999
(
```

Como mostrado abaixo, na seção retirada do arquivo sudeste.blr, o regulador de tensão número 16 corresponde ao modelo 7 de regulador de tensão.

```
DRGT MD07
(No)   (Ka ) (Tq ) (Ta ) (T1 ) (Ln1) (Lx1) (Ln2) (Lx2)
(..... Mesquita e Neves
0016   20.0       .02  1.0-999.+999. -1.6 10.4
999999
```

Ao encontrar o código de execução, para o exemplo acima DRGT MD07, o programa verifica se entre os modelos carregados há algum com o mesmo nome. Caso

haja, utiliza as linhas e colunas indicadas no DPAR para associar aos parâmetros os valores numéricos do arquivo sudeste.blt.

Portanto, a associação de controladores predefinidos no PacDyn agora é feita da mesma forma que no ANATEM, e o mesmo arquivo pode ser utilizado para simulações nos dois programas.

Capítulo 3

Validação dos modelos

A validação de cada controlador criado foi feita comparando as respostas com o modelo built-in. A seguir estão apresentados exemplos de validação para cada tipo de controlador, problemas e erros encontrados.

3.1 Validação dos Reguladores de Tensão

Para explicar melhor como foi feita a validação, será mostrado o exemplo do regulador de tensão 1.

1º caso: ANATEM com modelo built-in

A partir do arquivo mbinf.stb, foi criado o mbinf2.stb, modificando o nome dos arquivos de saída, comentando a seção DCDU, já que esses controladores não serão usados e associando, na seção DMAQ, o controlador 1 como regulador de tensão.

```
(=====
( ASSOCIACAO DE UNIDADES LOGICAS
(=====
(
( ---- arquivo Historico do fluxo de potencia ----
ULOG
2
mbinf.sav
(
( ---- arquivo de saida ----
ULOG
4
mbinf2u.out
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
```

```

8
mbinf2ublt.plt
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
9
mbinf2u.log

(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6      2    1
      2   10           1
999999
(

```

2º caso: ANATEM com controlador .edu

A partir do mbinf.stb foi criado o mbinf2u.stb, modificando o nome dos arquivos de saída, a seção DMAQ, associando o controlador 1u na coluna do regulador de tensão, e comentando a seção DCDU.

```

(=====
( ASSOCIACAO DE UNIDADES LOGICAS
(=====
(
( ---- arquivo Historico do fluxo de potencia ----
ULOG
2
mbinf.sav
(
( ---- arquivo de saida ----
ULOG
4
mbinf2u.out
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
8
mbinf2u.plt
(

```

```

( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
9
mbinf2u.log
(
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10         6     2     1u
      2   10         1
999999
(

```

3º caso: PacDyn com controlador .cde e .dyn

No PacDyn foi criado um novo arquivo, com nome mbinf.pac e dentro dele dois casos, um usando o controlador no formato gráfico(.cde) e no formato texto, (.dyn), como mostrado nas figuras 3.1 e 3.2, respectivamente.

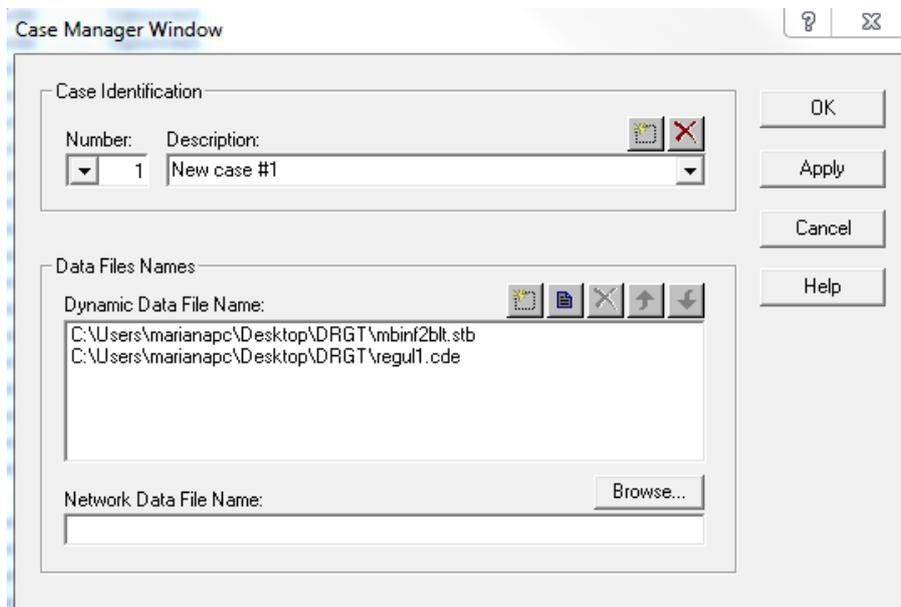


Figura 3.1: Case manager do PacDyn com controlador em formato gráfico

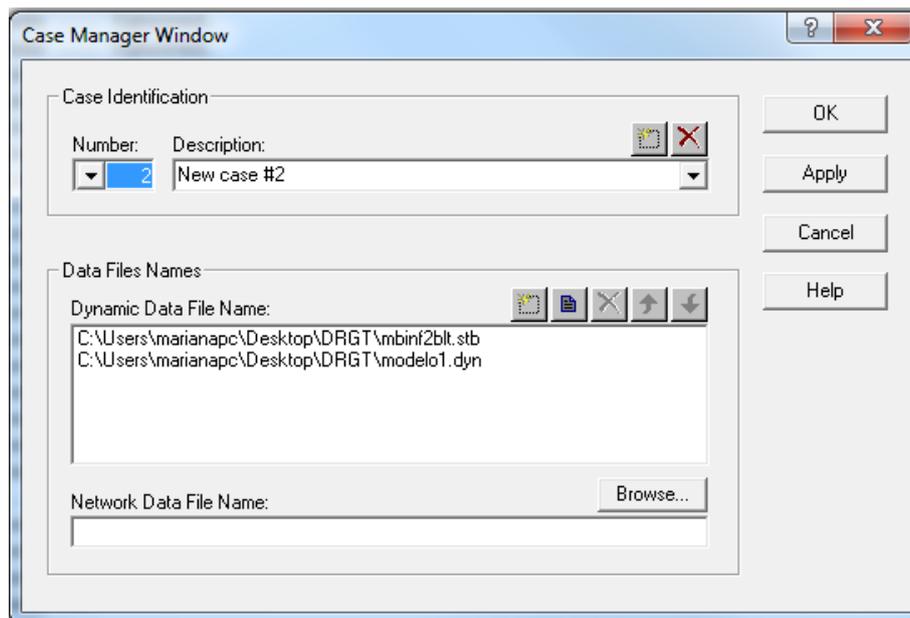


Figura 3.2: Case manager do PacDyn com controlador em formato texto

Simulando a resposta no tempo ao aplicar um degrau na entrada do controlador, e comparando os três gráficos, obtemos a figura 3.3.

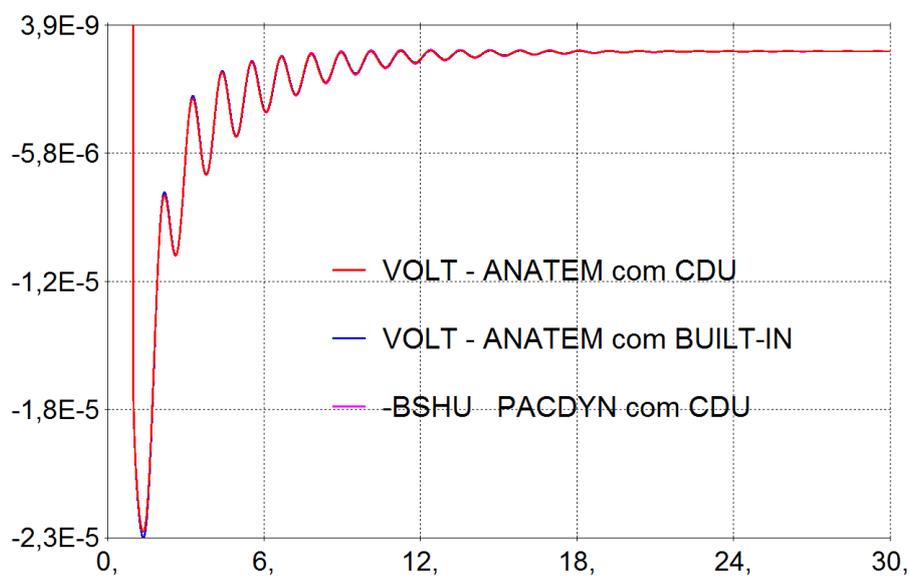


Figura 3.3: Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Tensão 1

Esse teste foi feito para todos os reguladores de tensão, e os resultados se encontram no Apêndice A.

3.2 Validação dos Estabilizadores

Para os estabilizadores, o processo foi similar aos de reguladores de tensão, e está mostrado abaixo. Para testar estes controladores foi usado também o regulador de

tensão definido na seção DCDU, e portanto, essa seção não foi comentada.

1º caso: ANATEM com modelo built-in

Foi criado o arquivo mbinf2E.stb, a partir do mbinf.stb, modificando o nome dos arquivos de saída e modificando a seção DMAQ para usar o estabilizador 5 do arquivo sudeste.blk e o regulador de tensão definido na seção DCDU.

```

ULOG
3
sudeste.blk
ARQM
(
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6      2      1u           5
      2   10           1
999999

```

2º caso: ANATEM com controlador .cdu

A partir do mbinf.stb foi criado o mbinf2cduE.stb, modificando o nome dos arquivos de saída, associando à unidade lógica 3 o arquivo que contém o estabilizador a ser usado, e este à coluna Me da seção DMAQ, além do regulador de tensão 1u na coluna Mt.

```

ULOG
3
estabilizadores.cdu
ARQM
(
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6      2      1u           50u
      2   10           1
999999

```

3º caso: PacDyn com controlador .cde e .dyn

No PacDyn foi criado um novo arquivo, com nome mbinf2E.pac e dentro dele dois casos, um usando o estabilizador no formato gráfico(.cde) e outro no formato texto, (.dyn), como mostrado nas figuras 3.4 e 3.5.

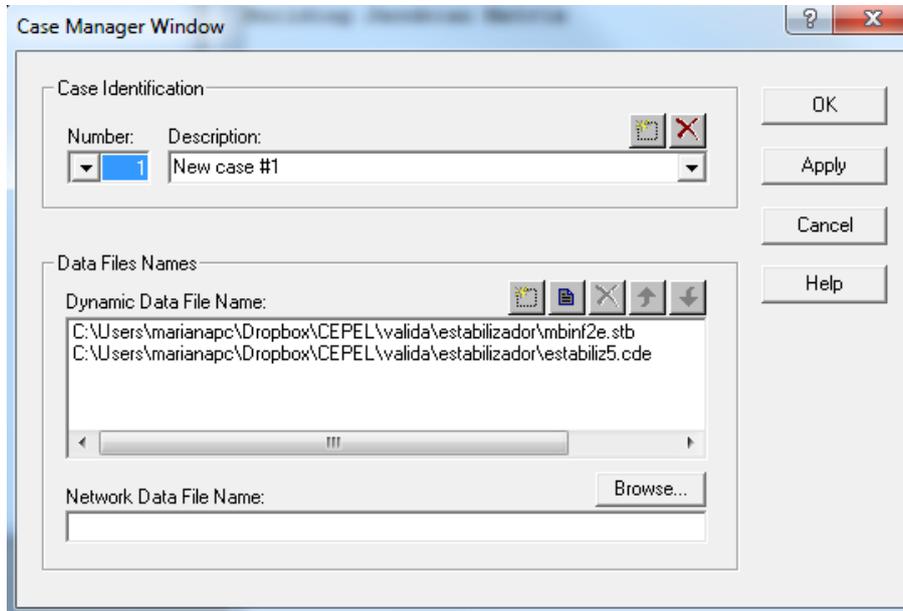


Figura 3.4: Case manager do PacDyn com controlador em formato gráfico

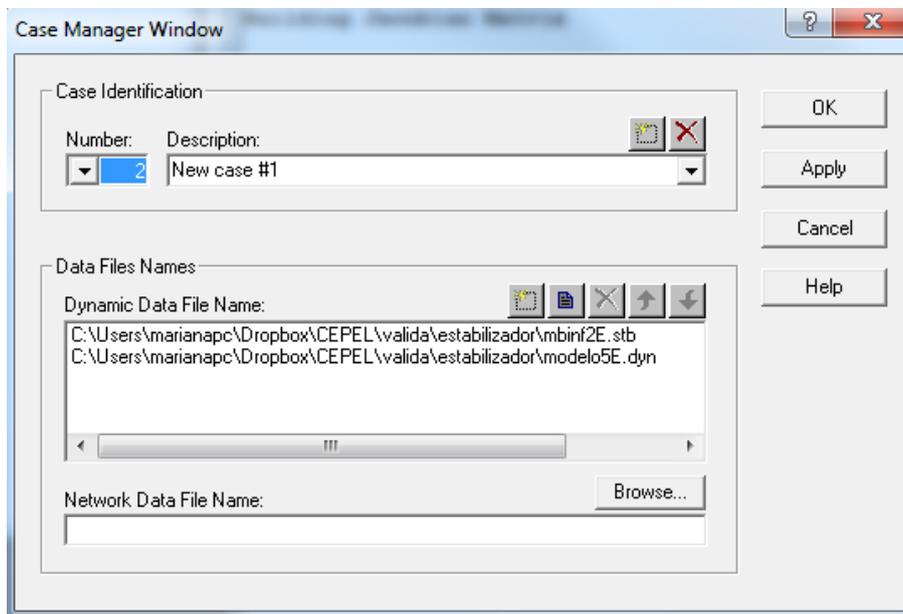


Figura 3.5: Case manager do PacDyn com controlador em formato texto

Aplicando um degrau na entrada do estabilizador e comparando os gráficos para os três casos, obtemos as figuras 3.6 e 3.7.

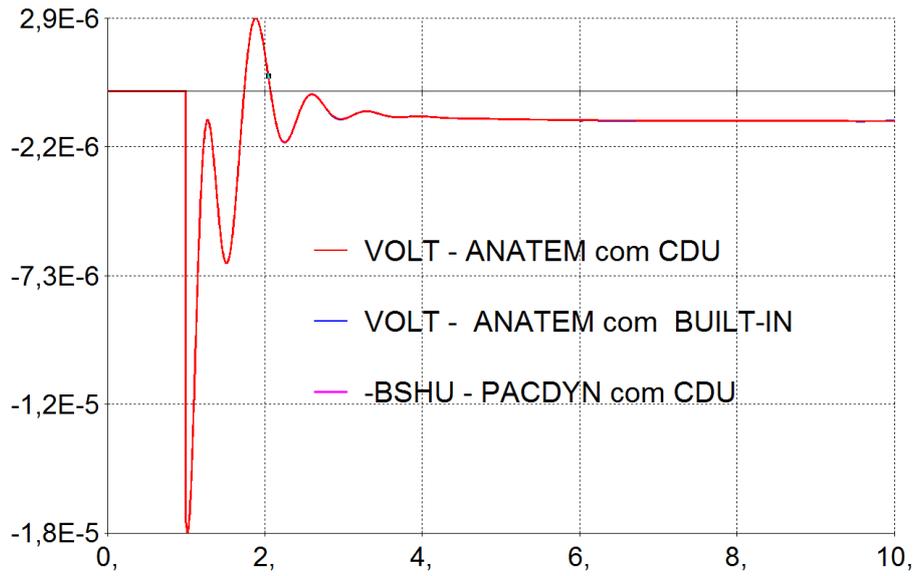


Figura 3.6: Resposta no tempo para os três casos usando o Estabilizador 5 - Tensão

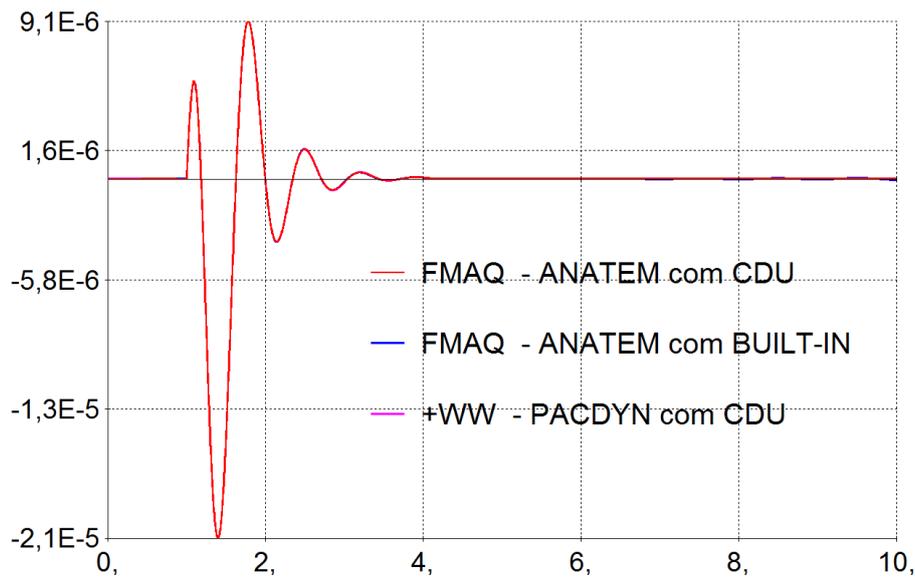


Figura 3.7: Resposta no tempo para os três casos usando o Estabilizador 5 - Velocidade

Essa validação foi feita para todos os modelos de estabilizador e os resultados podem ser observados no Apêndice A.

3.3 Validação dos Reguladores de Velocidade

Novamente, foram criados três casos, a partir do mpq.stb, conforme demonstrando abaixo, usando o exemplo do regulador de velocidade #1.

1º caso: ANATEM com modelo built-in

Como o arquivo mpq.stb já está com o sudeste.blr na seção ULOG 3 e o regulador de velocidade #1 associado à coluna Mv da seção DMAQ, não foi necessária nenhuma alteração.

2º caso: ANATEM com controlador .cdu

Para este caso, foram modificados no arquivo mpq.stb o nome dos arquivos de saída, a seção ULOG 3, e o DMAQ, conforme mostrado abaixo, gerando o arquivo mpqcdu.stb.

```
(=====
( ASSOCIACAO DE UNIDADES LOGICAS
(=====
(
( ---- arquivo Historico do fluxo de potencia ----
ULOG
2
MPQ.SAV
(
( ---- arquivo de saida ----
ULOG
4
mpqu.out
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
8
mpqu.plt
(
( ---- arquivo de plotagem ----
ULOG
9
mpqu.log
(
ULOG
3
regulvelocidade.cdu
ARQM
(
(=====
( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
(=====
DMAQ
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
      1   10           6      2      1u      1u
(   2   10           1
999999
```



3º caso: PacDyn com controlador .cde e .dyn

No PacDyn foi criado um novo arquivo, com nome mpq.pac e dentro dele dois casos, um usando o controlador no formato gráfico(.cde) e no formato texto, (.dyn).

Simulando e comparando os três casos, que tem como evento a modificação da parte ativa da carga, foram obtidos os gráficos das figuras 3.8 e 3.9.

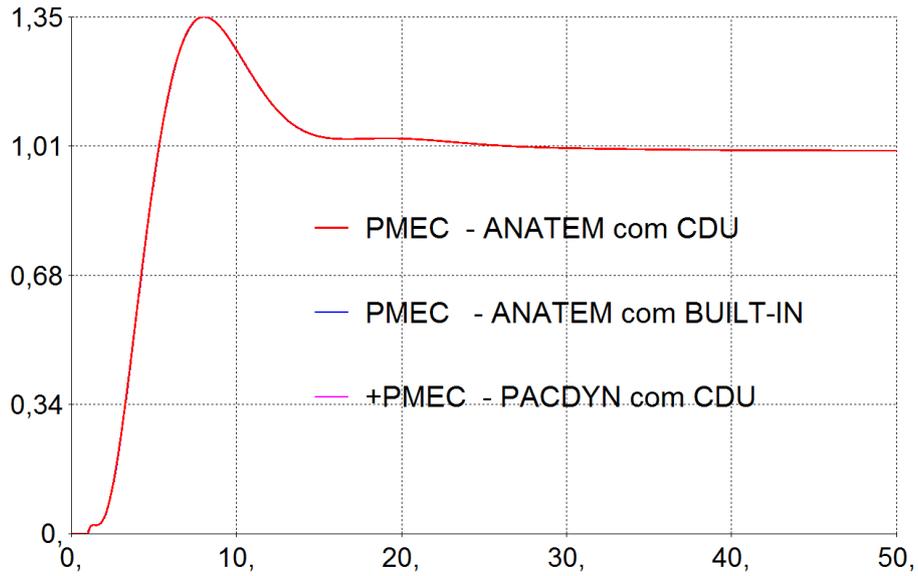


Figura 3.8: Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Velocidade 1 - Potência Mecânica

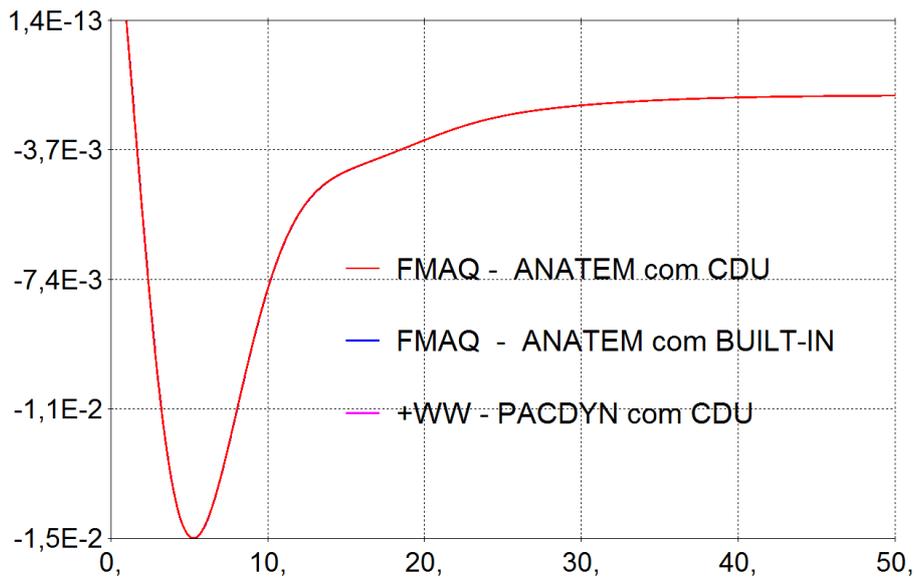


Figura 3.9: Resposta no tempo para os três casos usando o Regulador de Velocidade 1 - Velocidade

No Apêndice A se encontram os gráficos obtidos para validação dos outros modelos de regulador de velocidade.

3.4 Problemas encontrados

3.4.1 Erros de inicialização

Os programas Anatem e PacDyn utilizam um processo de inicialização bloco a bloco para os controladores definidos pelo usuário [1]. A partir de blocos de entrada e saída com valores conhecidos, determina os valores das demais variáveis dos outros blocos. Em alguns casos a inicialização não pode ser feita automaticamente e o usuário deve fornecer informações adicionais.

Diversas vezes, ao validar o controlador ocorreu um erro de inicialização e a simulação não foi concluída. Foi necessário analisar o controlador bloco a bloco, e a partir do arquivo de saída ver quais blocos foram inicializados e qual(is) o(s) responsável(is) pelo erro. Detectados os blocos, foram atribuídos valores ou parâmetros de inicialização.

Exemplo

O modelo de regulador de tensão #5 pode ser observado na figura 3.10.

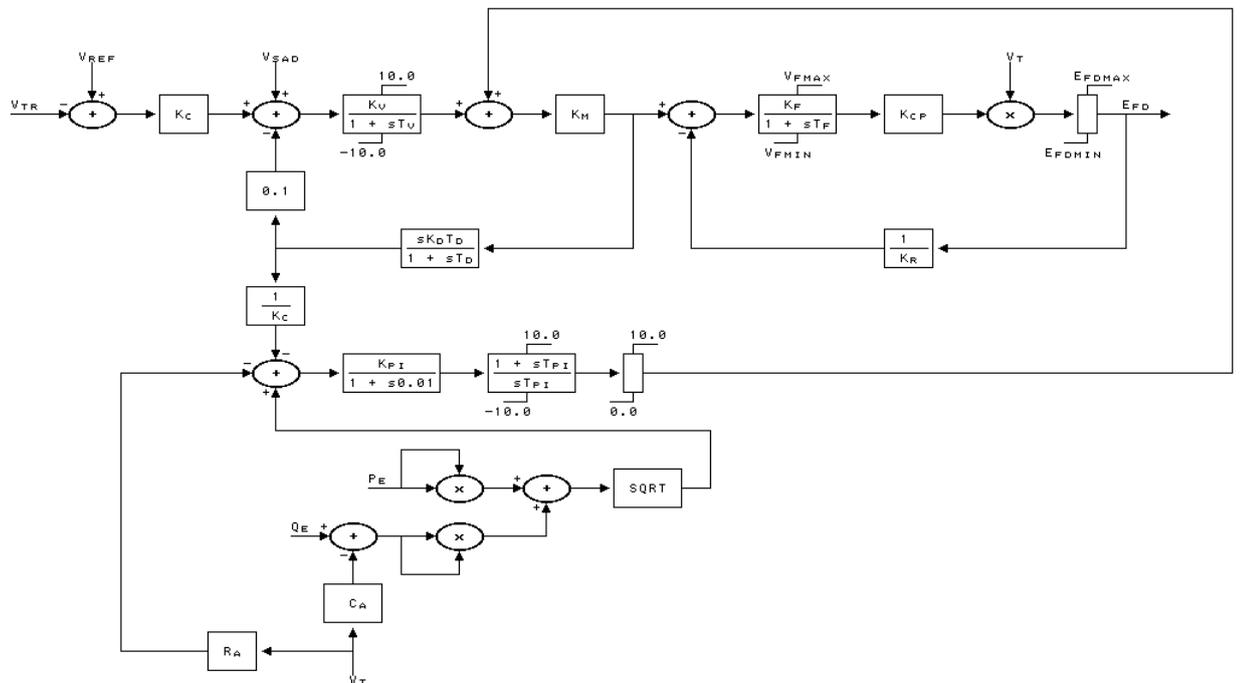


Figura 3.10: Modelo de Regulador de Tensão #5.

A figura 3.11 mostra o controlador criado no CDU Edit.

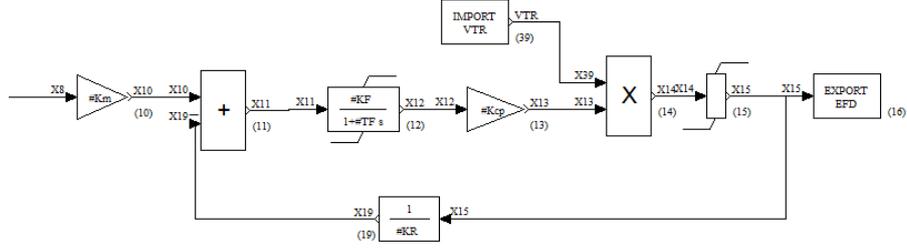


Figura 3.12: Zoom na variável X10 do Regulador de Tensão Modelo 5.

$$X_{15} = X_{13} \cdot VTR \quad (3.1)$$

$$X_{13} = X_{12} \cdot K_{cp} \quad (3.2)$$

$$X_{12} = X_{11} \cdot KF \quad (3.3)$$

$$X_{11} = X_{10} - X_{19} \quad (3.4)$$

$$X_{19} = \frac{X_{15}}{KR} \quad (3.5)$$

Substituindo (3.2) em (3.1):

$$X_{12} \cdot K_{cp} \cdot VTR = X_{15} \rightarrow X_{12} = \frac{X_{15}}{K_{cp} \cdot VTR} \quad (3.6)$$

Substituindo (3.6) em (3.3):

$$\frac{X_{15}}{K_{cp} \cdot VTR} = X_{11} \cdot KF \rightarrow X_{11} = \frac{X_{15}}{K_{cp} \cdot VTR \cdot KF} \quad (3.7)$$

Substituindo (3.7) e (3.5) em (3.4):

$$\frac{X_{15}}{K_{cp} \cdot VTR \cdot KF} = X_{10} - \frac{X_{15}}{KR} \rightarrow X_{10} = \frac{X_{15}}{K_{cp} \cdot VTR \cdot KF} + \frac{X_{15}}{KR} \quad (3.8)$$

Portanto, de acordo com a equação (3.8) o bloco de inicialização da figura 3.13 foi adicionado ao controlador:

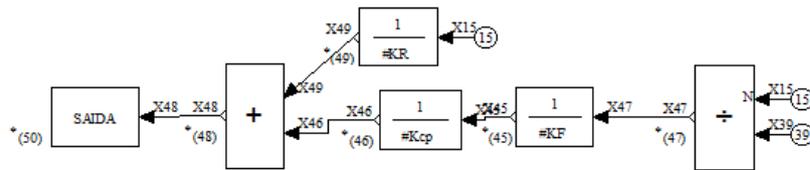


Figura 3.13: Blocos de Inicialização usados no Regulador de Tensão Modelo 5.

Ao editar os blocos da figura 3.13, deve-se marcar a opção bloco de inicialização, assim ele só é usado para inicialização, e depois é ignorado.

Apenas em um caso, no modelo #5 de regulador de velocidade não foi possível inicializar o controlador, que não pode ser acrescentado a biblioteca.

3.4.2 Problemas de Instabilidade

Para os modelos #5 e #8 de estabilizador alguns parâmetros não estavam adequados para serem usados com o caso máquina contra barra infinita. Ao simular o caso usando esses controladores a resposta era instável [8], e os programas ANATEM e PacDyn apresentavam respostas diferentes, portanto não foi possível validar esses controladores usando os valores originais dos parâmetros, como estão no arquivo sudeste.blt. Foi necessário definir um valor diferente para os parâmetros, para que a resposta fosse estável [8]. A seguir será mostrado como foi modificado cada estabilizador.

Estabilizador #5

A figura 3.14 a seguir, mostra o estabilizador modelo 5 e os parâmetros originais, como no arquivo sudeste.blt.

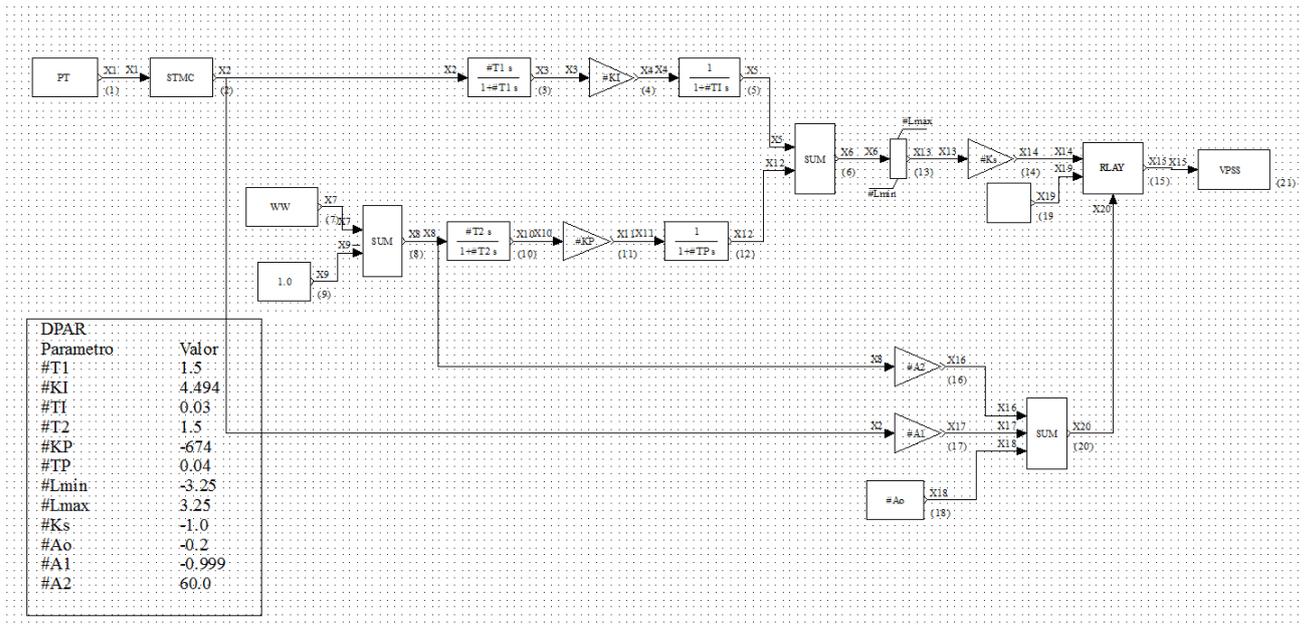


Figura 3.14: Estabilizador Modelo 5 criado no CDUEdit.

Observou-se que para o caso máquina x barra infinita o ganho K_s (-1,0) está exagerado. Utilizando a função lugar das raízes no PacDyn, variando este ganho de 0 a 100% de seu valor original, foi obtida a figura 3.15.

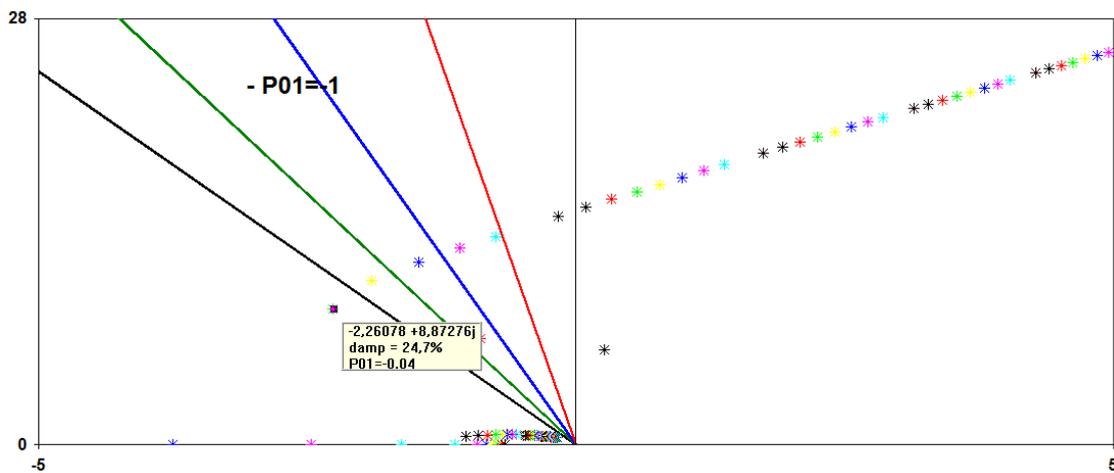


Figura 3.15: Lugar das raízes para ganho K_s variando de 0 a 100% de seu valor original.

Quando o ganho está em -0,04, o polo tem um fator de amortecimento de 24%, e aumentando o ganho, o fator diminui.

Portanto, K_s foi substituído por -0,04. Após essa modificação, a resposta foi estável [8] e a validação pode ser feita. As respostas para o sistema usando este estabilizador foram apresentadas anteriormente, figuras 3.6 e 3.7.

Estabilizador #8

O estabilizador modelo 8 pode ser visto na figura 3.16, junto com os seus parâmetros.

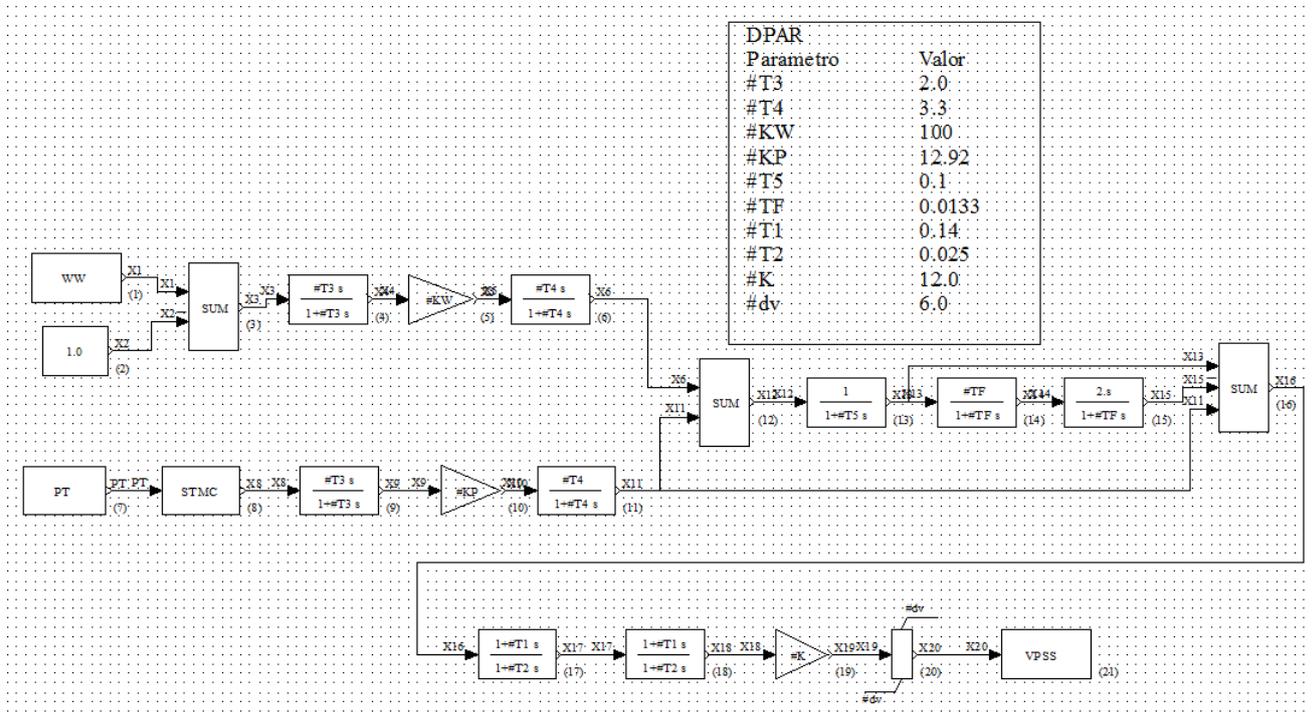


Figura 3.16: Estabilizador Modelo 8 criado no CDUEdit.

O ganho K está muito alto, com um valor incoerente para ser usado com a máquina do caso teste. Para definir um novo valor para este ganho, foi usada a função do PacDyn de projeto de estabilizador. Primeiro o ganho foi modificado para 0, e em seguida os polos do sistema foram calculados, e podem ser vistos na figura 3.17.

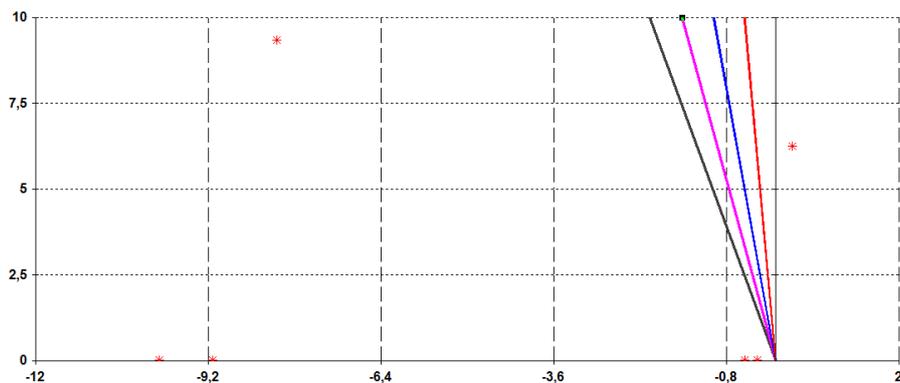


Figura 3.17: Pólos do Sistema.

Como esperado, existe um par de polos com a parte real positiva, ou seja, o sistema está instável.

Em seguida, calculou-se a resposta em frequência, usando a função de transferência $\frac{VUDC168}{VREF1}$, onde VUDC 16 8 é o bloco 16 do estabilizador 8, ou seja, a entrada dos blocos *Lead-Lag*. A figura 3.18 mostra como ficou o gerenciador de funções de transferência do PacDyn.

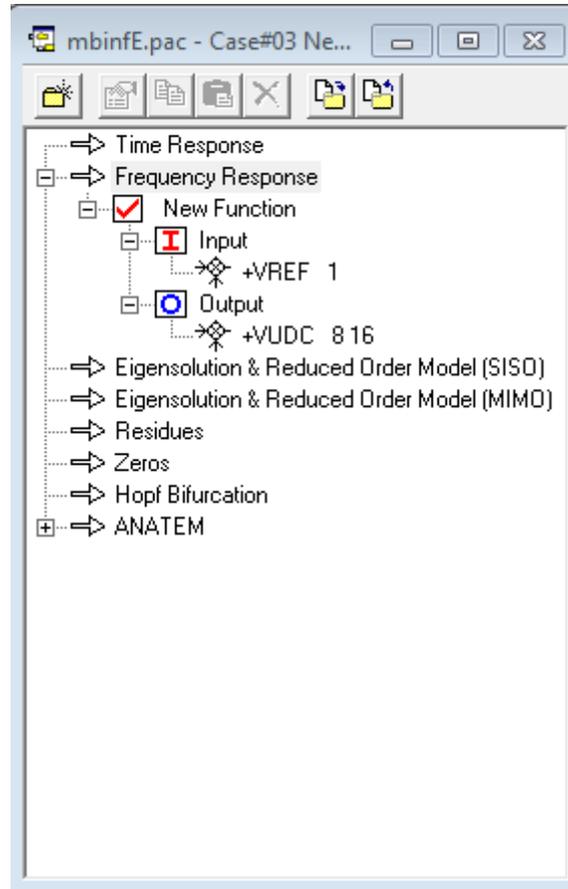


Figura 3.18: Gerenciador de Funções de Transferência do PacDyn.

No gráfico da resposta em frequência, utilizou-se a opção Design, para calcular um novo conjunto para substituir os dois blocos *Lead-Lag* e o ganho K. Mantendo o parâmetro $T2=0,025$, foram encontrados os seguintes valores: $K=0,1$ e $T1=0,06$, como visto na figura 3.19. As respostas em frequência do sistema antes e depois do novo estabilizador estão na figura 3.20.

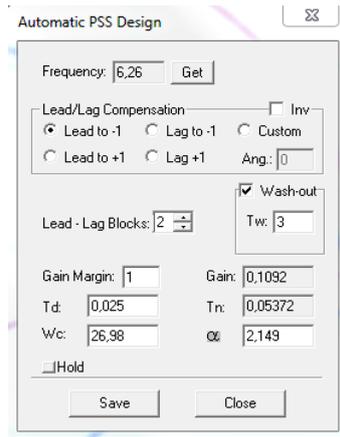


Figura 3.19: Ajuste dos parâmetros do Estabilizador Modelo 8.

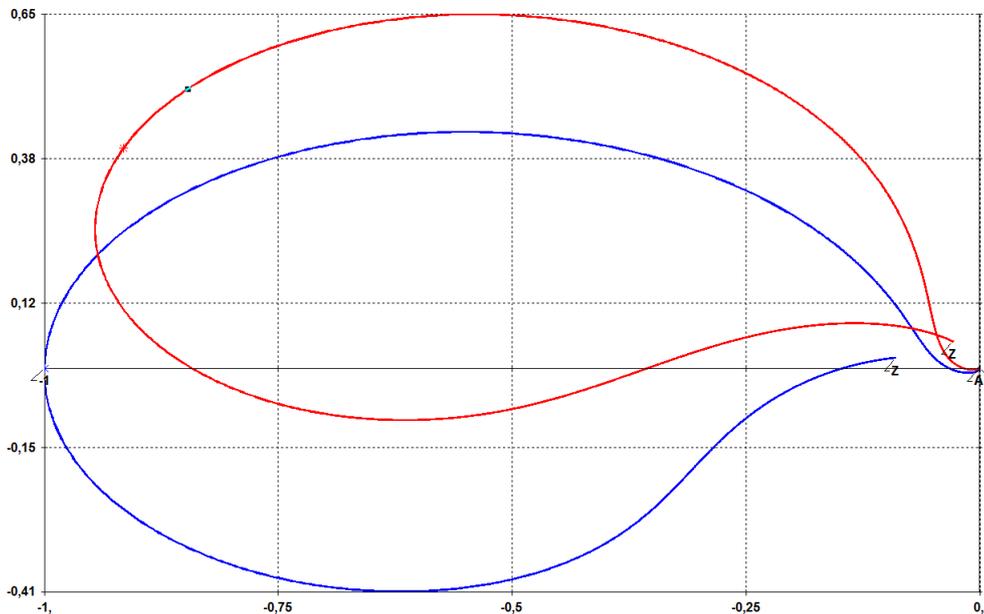


Figura 3.20: Respostas em Frequência do Sistema com o Antigo e Novo Estabilizador.

Modificando esses parâmetros nos 3 casos, a resposta encontrada foi estável [8] e a validação pode ser realizada, como mostrado no Apêndice A.

Obs: note que foi necessário alterar o valor dos parâmetros também no modelo built-in, ou seja, modificar o arquivo sudeste.blc. Esta alteração foi feita apenas para ser usada na validação, com o caso máquina x barra infinita. Para casos de maior porte, como será visto nos próximos capítulos, os valores originais foram mantidos.

3.4.3 Respostas diferentes

Em alguns casos houve uma diferença entre os resultados dos modelos criados e o modelo built-in. O regulador de tensão modelo 9 apresentou uma diferença

significativa, e os modelos 2, 3, 4, 5 e 11 de estabilizador apresentaram respostas muito próximas, porém não idênticas. Essas respostas podem ser vistas no Apêndice A.

O motivo dessas diferenças pode ser um erro na montagem desses controladores dentro da biblioteca de modelos do ANATEM ou desatualização da documentação dos diagramas de blocos correspondentes no manual do programa.

3.4.4 Modelos em branco no sudeste.bl

Em alguns modelos os parâmetros não estão definidos no arquivo sudeste.bl. Nestes casos, a validação não foi feita, mas os controladores foram construídos. Isso ocorreu no modelo 24 de regulador de tensão, no modelo 6 de estabilizador e no modelo 2 de regulador de velocidade.

Capítulo 4

Teste usando biblioteca de modelos de sistemas de grande porte

Este capítulo mostra o uso dos controladores em um sistema de grande porte, a área sudeste. Primeiro será feita uma comparação entre o sistema usando os controladores built-in e os controladores criados usando o Anatem e em seguida o sistema será simulado usando a biblioteca de modelos built-in criada para o PacDyn.

4.1 Sistema Sudeste no Anatem

O sistema Sudeste é um caso exemplo encontrado na pasta de instalação do programa Anatem, que representa o Sistema Sul-Sudeste Brasileiro do ano de 1992, que na época não era interligado com o Norte-Nordeste e era modelado com 730 barras, 1146 circuitos, 78 usinas equivalentes com 77 reguladores de tensão, 62 reguladores de velocidade e 28 estabilizadores. O arquivo sudeste.stb utiliza os controladores built-in com os parâmetros especificados no arquivo sudeste.blc, o mesmo utilizado para verificar os controladores criados, como visto nos capítulos anteriores. Para testar os controladores montados, a seção ULOG 3 e a seção DMAQ foram modificadas. Na seção ULOG 3 foram adicionados os arquivos que contém todos os controladores (foi criado um arquivo para todos os reguladores de tensão, um arquivo para os reguladores de velocidade e outro para os estabilizadores); e a seção DMAQ foi editada para associar esses controladores à máquinas da área sudeste. Os reguladores de tensão foram numerados de 1001 a 1058, os reguladores de velocidade de 2001 a 2052 e os estabilizadores de 3001 a 3023.

A seguir estão a seção ULOG 3 modificada e algumas linhas da seção DMAQ, para ilustrar o que foi dito acima.

```

(=====
( ASSOCIACAO DE ARQUIVO COM MODELOS DE REGULADORES ( ANATEM )
(=====
ULOG
3
SUDESTE.BLT
(
ARQM
ULOG
3
regultensaoCompleto.cdu
(
ARQM
ULOG
3
estabilizadoresAnatCompleto.cdu
(
ARQM
ULOG
3
regulvelocidadeAnatCompleto.cdu
(
ARQM

```

```

(=====
( DADOS DE MAQUINAS E ASSOCIACAO DAS MAQUINAS AOS CONTROLES
(=====
DMAQ IMPR
( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
(..... Angra I
   10   10           1     1   1029u
(..... Luiz Carlos Barreto
   12   10           4     2   1030u  2001u
(..... Funil
   14   10           2     3   1031u  2002u  3001u
(..... Furnas
   16   10           5     4   1032u  2003u
(..... Itumbiara
   18   10           5     5   1018u  2004u  3004u
(..... Marimbondo
   20   10           4     6   1025u  2007u  3002u

```

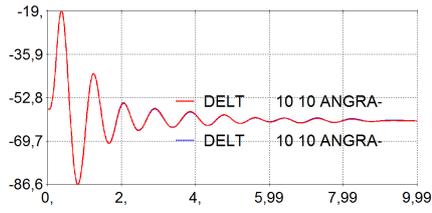
O evento utilizado é um curto circuito na barra 106, seguida da remoção desse curto e da abertura do circuito entre as linhas 106 e 104, como pode ser visto na seção DEVT mostrada a seguir.

```

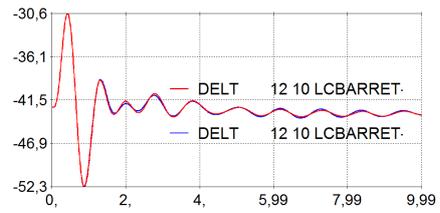
(=====
( DADOS DE EVENTOS
(=====
( APCB -> aplicacao de curto-circuito em barra CA
( RMCB -> remocao de curto-circuito em barra CA
( ABCI -> abertura de circuito CA
(
DEVT IMPR
(Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und
(B1)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
APCB      .05   106
RMCB      .25   106
ABCI      .25   106  104
999999

```

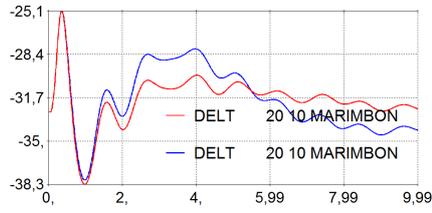
Foi simulado o caso modificado e comparado com as respostas do arquivo original, que usa os modelos built-in. Ângulo, potência ativa e tensão para algumas máquinas mais próximas ao curto foram as variáveis observadas, como mostram as figuras 4.1, 4.2 e 4.3, respectivamente.



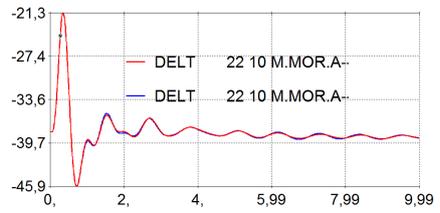
(a) Ângulo da Máquina de Angra



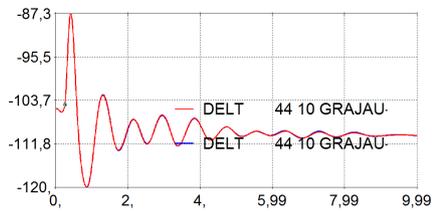
(b) Ângulo da Máquina de LC Barreto



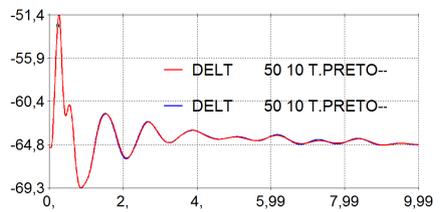
(c) Ângulo da Máquina de Marimbondo



(d) Ângulo da Máquina de M. Moraes

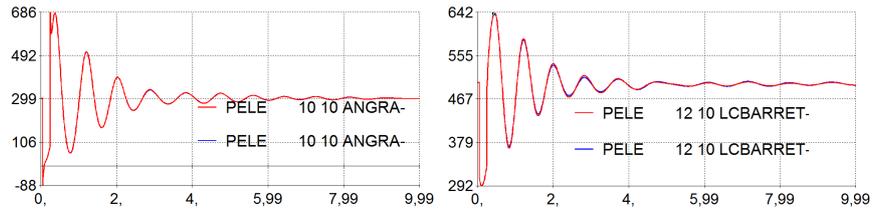


(e) Ângulo da Máquina de Grajaú

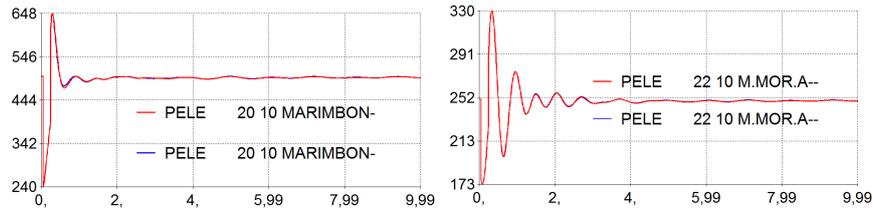


(f) Ângulo da Máquina de T. Preto

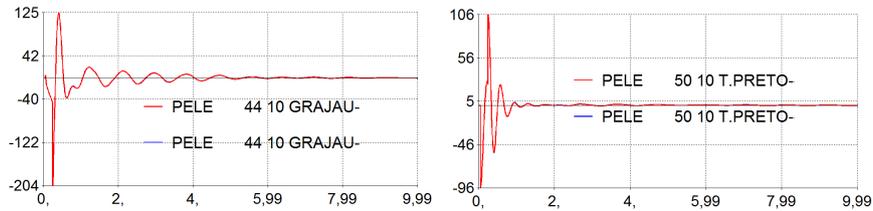
Figura 4.1: Ângulos de algumas máquinas da área sudeste, próximas ao defeito.



(a) Potência Ativa da Máquina de An- (b) Potência Ativa da Máquina de LC
gra Barreto



(c) Potência Ativa da Máquina de (d) Potência Ativa da Máquina de M.
Marimbondo Moraes A



(e) Potência Ativa da Máquina de (f) Potência Ativa da Máquina de
Grajaú T.Preto

Figura 4.2: Potência ativa de algumas máuinas da área sudeste, próximas ao defeito.

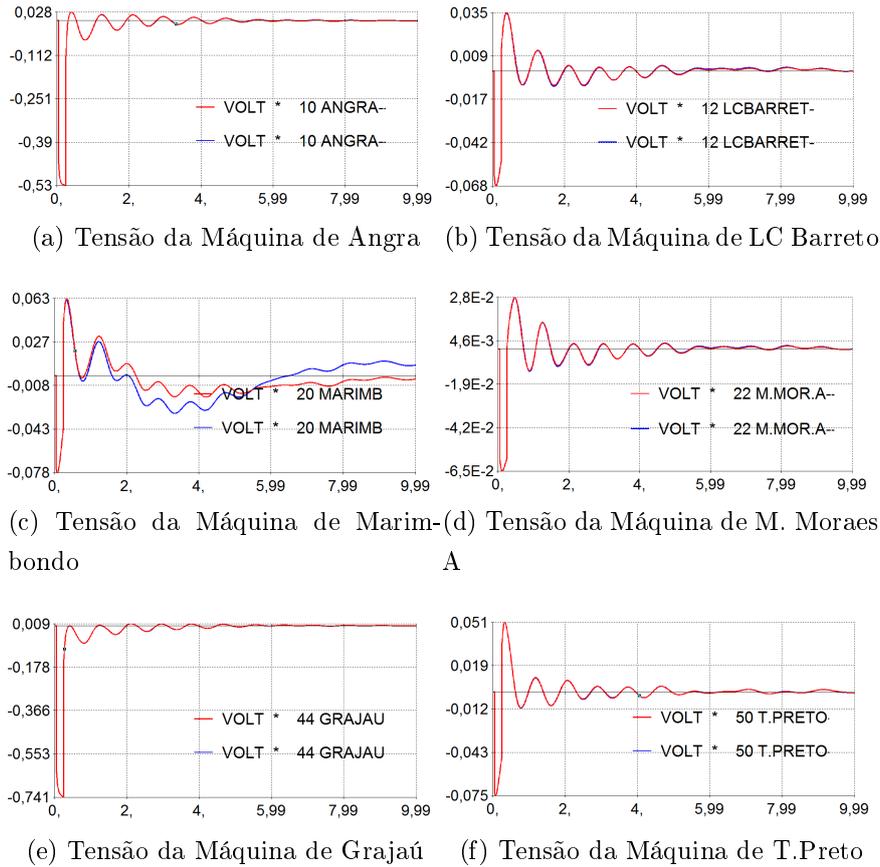


Figura 4.3: Tensão de algumas máquinas da área sudeste, próximas ao defeito.

Algumas diferenças maiores foram observadas na máquina de Marimbondo, que possui os seguintes controladores:

| DMAQ IMPR | | | | | | | |
|-------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|------------|
| (Nb) | Gr (P) | (Q) Und | (Mg) | (Mt)u | (Mv)u | (Me)u | (Xvd)(Nbc) |
| (..... Marimbondo | | | | | | | |
| 20 | 10 | 4 | 6 | 1025u | 2007u | 3002u | |

Como visto no Capítulo 3, o estabilizador 2 criado apresenta respostas um pouco diferentes do modelo built-in, portanto é o provável motivo desta diferença.

Simulando o caso sudeste com todos os controladores criados, com exceção do estabilizador 2, que foi usado o built-in, observamos as respostas da figura 4.4 na máquina de Marimbondo.

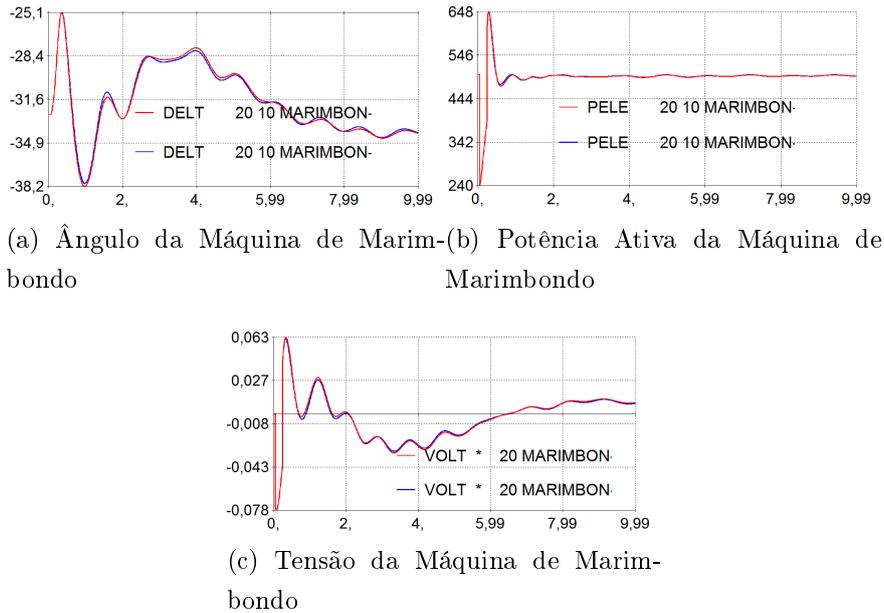


Figura 4.4: Respostas da Máquina de Marimbondo, usando o estabilizador built-in

Com estas respostas, confirmou-se que o estabilizador 2 era o motivo das diferenças e que este estabilizador, assim como os outros controladores que apresentaram diferenças devem ser estudados a fim de verificar onde existe erro de implementação.

4.1.1 Tempo de simulação

Uma vantagem de usar os modelos built-in, no programa Anatem é o tempo de simulação. No PacDyn este ganho na eficiência não se aplica, pois o modelo é tratado internamente como CDU. Para comprovar, verificamos os tempos necessários para simular o sistema sudeste no Anatem, usando os controladores built-in e os CDU's. Primeiro foram simulados 5 segundo com passo de simulação de 5ms, e em seguida 10s com passo de 3ms. Os tempos estão apresentados como hh:mm:ss.cc (horas:minutos:segundos.centésimos de segundo). Foram usadas duas máquinas para comparação: Computador 1 - Intel Pentium IV 3 Ghz e Computador 2 - AMD Plhenon II 3.2 GHz.

Sistema Sudeste com built-in - 5s

| |
|--|
| Computador 1 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:01.21 |
| Computador 2 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:00.37 |

Sistema Sudeste com CDU - 5s

| |
|--|
| Computador 1 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:01.60 |
| Computador 2 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:00.69 |

Sistema Sudeste com built-in - 10s

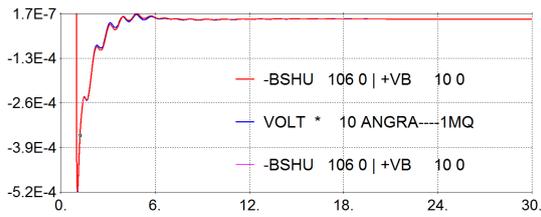
| |
|--|
| Computador 1 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:03.89 |
| Computador 2 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:01.23 |

Sistema Sudeste com CDU - 10s

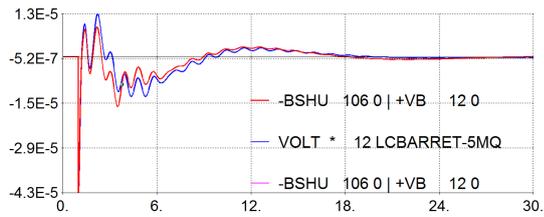
| |
|--|
| Computador 1 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:05.03 |
| Computador 2 |
| Tempo de CPU da simulacao: 00:00:02.12 |

4.2 Sistema Sudeste no PacDyn

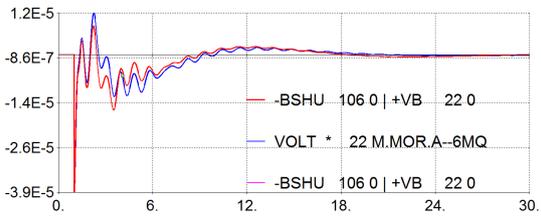
Para simular o caso no PacDyn usando a biblioteca de modelos built-in, foi usado o arquivo original, `sudeste.stb`. Estas respostas foram comparadas com o arquivo modificado, explicado no início deste capítulo, que usa os CDU's, simulado diretamente no Anatem e também usando o PacDyn. O evento usado foi o chaveamento de um shunt de -10Mvar na barra 106 e foram verificadas as tensões nas barras próximas. Os resultados obtidos estão mostrados na figura 4.5.



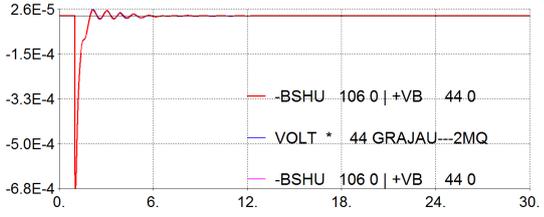
(a) Tensão em Angra



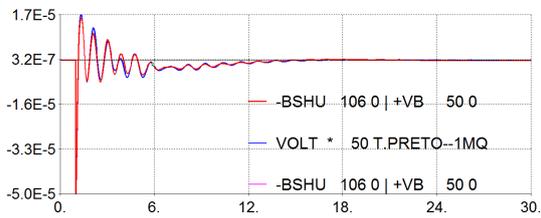
(b) Tensão em LC Barreto



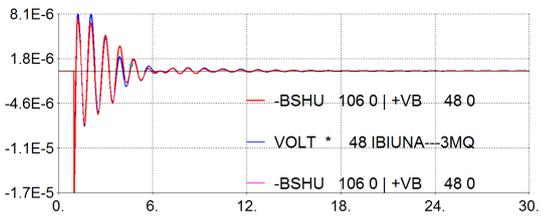
(c) Tensão em M. Moraes A



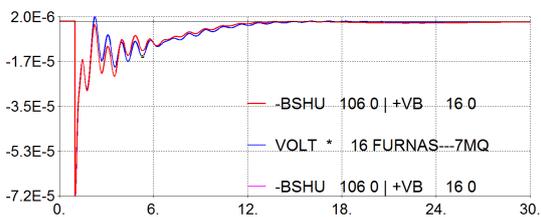
(d) Tensão em Grajaú



(e) Tensão em T. Preto



(f) Tensão em Ibiuna



(g) Tensão em Furnas

Figura 4.5: Tensão em algumas barras próximas à barra de Adrianópolis.

Capítulo 5

Estudo de sistema Sudeste utilizando o PacDyn

Neste capítulo serão mostradas algumas funções do programa PacDyn em estudos de sistemas elétricos de potência de grande porte. Será usado o mesmo sistema do capítulo anterior, o sistema Sudeste e o estudo envolverá busca por modos instáveis ou pouco amortecidos, identificação das máquinas associadas a esses modos e projeto de estabilizador para melhorar o amortecimento.

5.1 Sistema Original

No primeiro caso, será usado o arquivo sudeste.stb, o sistema original. Foi usado o método QR [5] para calcular os polos do sistema, e os mais críticos estão mostrados na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Polos mais críticos do Sistema Original

| | Real | Imaginary | Module | Freq(Hz) | Damp (%) | Part. Factor |
|----|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------------------|
| 1 | 4.07E-08 | 0 | 4.07E-08 | 0 | -100 | x 0047 DRGVMD07 |
| 2 | 0.1011 | 0.1599 | 0.18920 | .02545 | -53.429 | DELT ITUMBIAR-5MQ# 18 |
| 3 | 0.1011 | -0.1599 | 0.18920 | -.02545 | -53.429 | |
| 4 | 0.1455 | 3.0447 | 3.0482 | 0.4846 | -4.775EQ' | HBO-E-5G+2P# 400 |
| 5 | 0.1455 | -3.0447 | 3.0482 | -0.4846 | -4.775 | |
| 6 | 0.1152 | 3.1071 | 3.1092 | 0.4945 | -3.7037 | x 0009 DRGTMD03 |
| 7 | 0.1152 | -3.1071 | 3.1092 | -0.4945 | -3.7037 | |
| 8 | 0.2807 | 8.6553 | 8.6599 | 1.3775 | -3.2411 | WW SOSOR1A4-3MQ# 919 |
| 9 | 0.2807 | -8.6553 | 8.6599 | -1.3775 | -3.2411 | |
| 10 | -0.03856 | 3.2042 | 3.2044 | 0.51 | 1.2034 | x 0009 DRGTMD03 |
| 11 | -0.03856 | -3.2042 | 3.2044 | -0.51 | 1.2034 | |
| 12 | -0.04881 | 2.6765 | 2.677 | 0.426 | 1.8234 | EQ' HBO-S-6U+N8# 401 |
| 13 | -0.04881 | -2.6765 | 2.677 | -0.426 | 1.8234 | |
| 14 | -0.1077 | 3.395 | 3.3967 | 0.5403 | 3.1702 | x 0009 DRGTMD03 |
| 15 | -0.1077 | -3.395 | 3.3967 | -0.5403 | 3.1702 | |

Observou-se que diversos polos desta lista tem como maior fator de participação o regulador de tensão modelo 3. Portanto, será substituído por um regulador de primeira ordem, mostrado na figura 5.1 em todas as máquinas que está sendo utilizado.

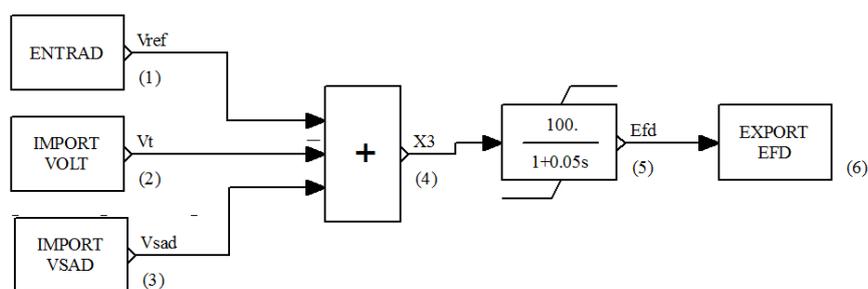


Figura 5.1: Fatores de Participação do polo $0.1011 + j0.1599$

Os polos $0.1011 + j0.1599$ e $0.2807 + j8.6553$ foram selecionados para serem analisados.

Utilizando a função Participation Factors, observamos que o fator com maior participação no polo $0.1011 + j0.1599$ é a variável DELT da máquina 18 e no polo $0.2807 + j8.6553$ é a variável WW da máquina 919, como mostrado nas figuras 5.2 e 5.3 e nas tabelas 5.2 e 5.3.

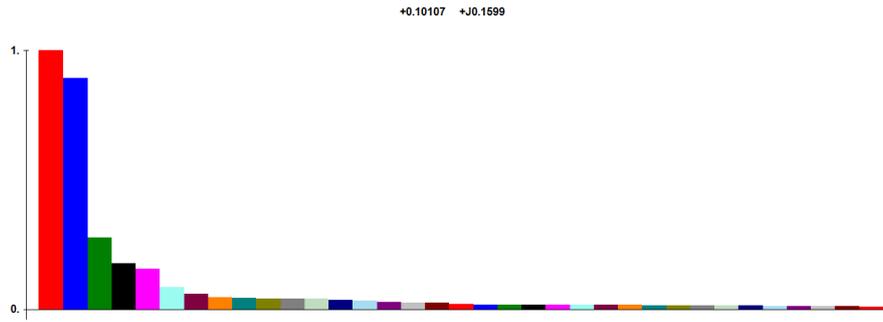


Figura 5.2: Fatores de Participação do polo 0.1011 + j0.1599

Tabela 5.2: Lista dos Fatores de Participação do polo 0.1011 + j0.1599

| Módulo | Fase | Barra | Variável |
|--------|---------|------------------|----------|
| 1.0000 | 0. | ITUMBIAR-5MQ #18 | DELTA |
| 0.8928 | -11.907 | DESTMD04 #4 | x0018 |
| 0.5973 | -166.17 | DESTMD04 #4 | x30009 |
| 0.2754 | 129.94 | DRGVMD01 #4 | x0005 |
| 0.2349 | -107.26 | DESTMD04 #4 | x20009 |
| 0.2091 | 52.050 | ITUMBIAR-5MQ #18 | WW |

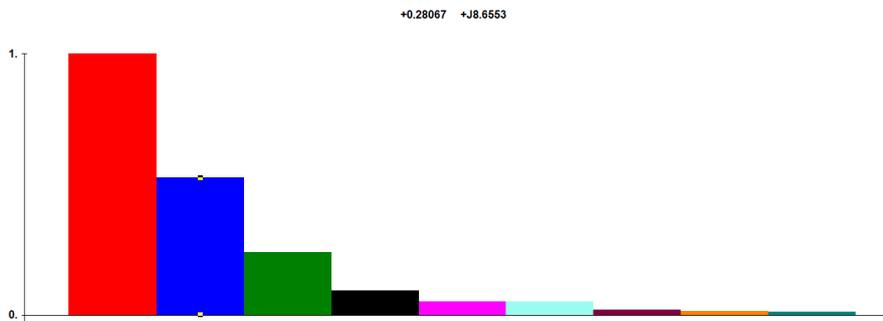


Figura 5.3: Fatores de Participação do polo 0.2807 + j8.6553

Tabela 5.3: Lista dos Fatores de Participação do polo $0.2807 + j8.6553$

| Módulo | Fase | Barra | Variável |
|--------|---------|-------------------|----------|
| 1.0000 | 0. | SOSOR1A4-3MQ #919 | WW |
| 0.8254 | -10.522 | SOSOR1A4-3MQ #919 | DELTA |
| 0.5270 | -114.60 | DESTMD08 #16 | x0011 |
| 0.3563 | -68.763 | SOSOR1A4-3MQ #919 | EQ' |
| 0.2409 | -171.66 | SOSOR5E6-2MQ #920 | WW |
| 0.2338 | -179.97 | SOSOR5E6-2MQ #920 | DELTA |

Para obter mais detalhes sobre as oscilações causadas por estes polos, foi utilizada a função mode shape, usando a velocidade como variável de saída. Os seguintes resultados foram obtidos:

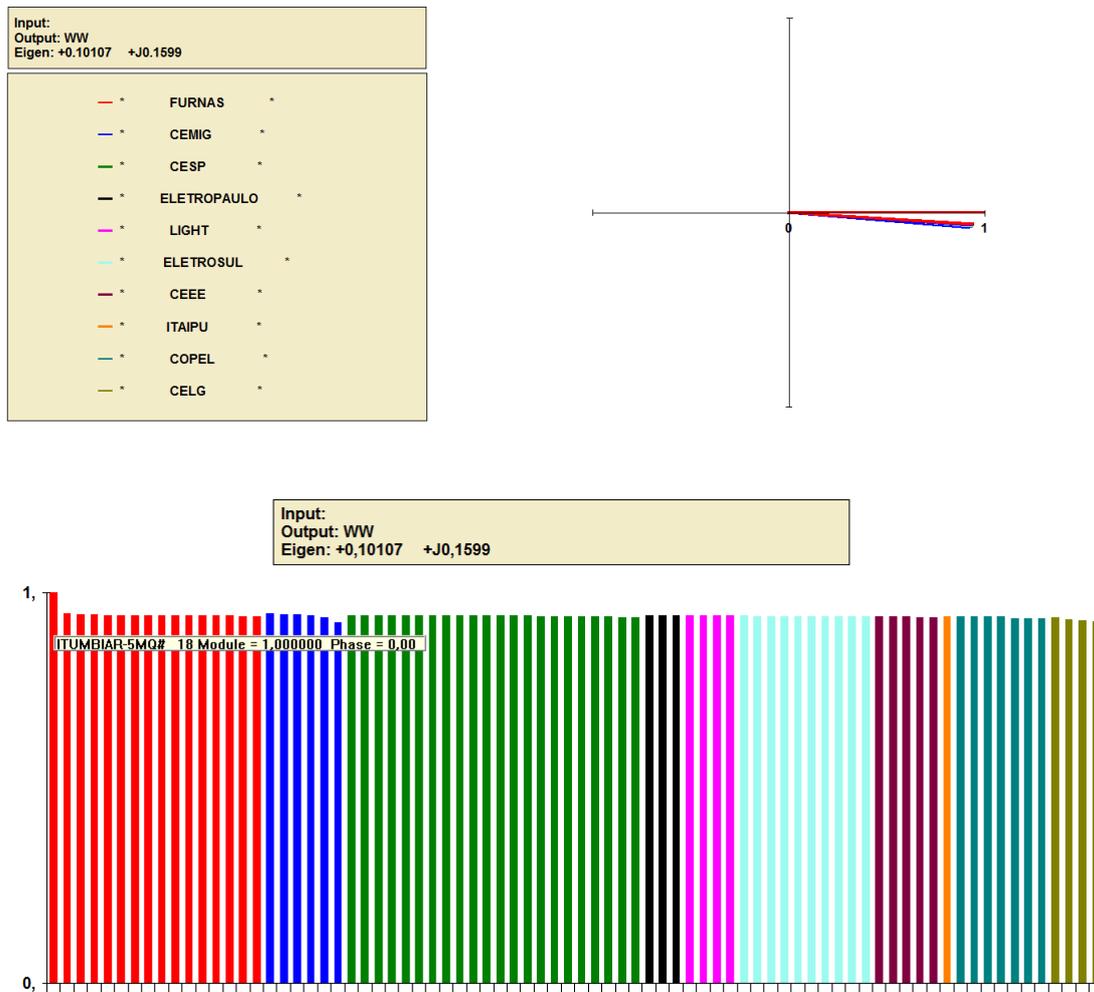


Figura 5.4: Mode Shape para o polo $0.1011 + j0.1599$.

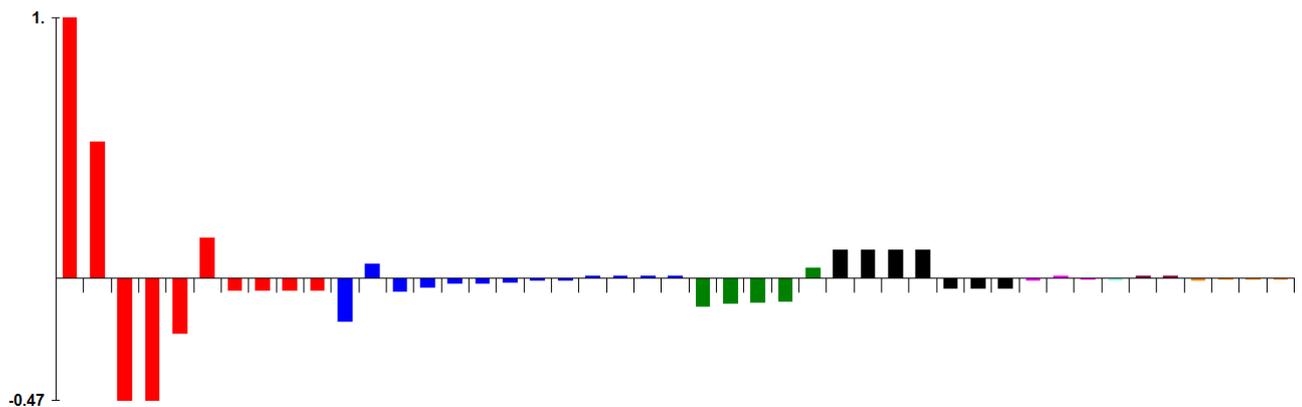
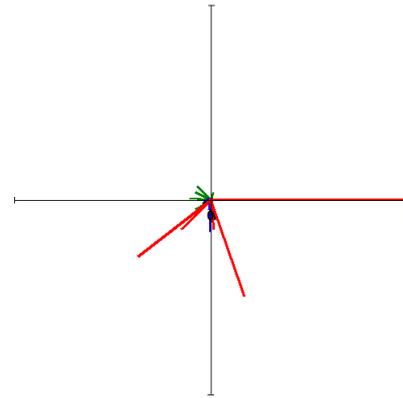
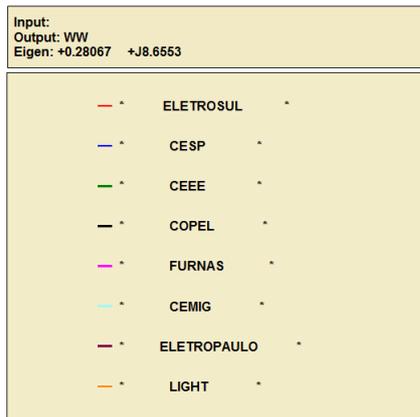


Figura 5.5: Mode Shape para o polo $0.2807 + j8.6553$.

Tabela 5.4: Mode Shapes para o polo $0.2807 + j8.6553$.

| Módulo | Fase | Barra | Área |
|--------|---------|-------------------|---------------|
| 1.0000 | 0. | SOSOR1A4-3MQ #919 | * ELETROSUL * |
| 0.5249 | -70.966 | SOSOR5E6-2MQ #920 | * ELETROSUL * |
| 0.4717 | -142.38 | PFUNDO2—13 #918 | * ELETROSUL * |
| 0.4709 | -141.78 | PFUNDO1—13 #917 | * ELETROSUL * |
| 0.2142 | -135.36 | JLACERDB-1MQ #911 | * ELETROSUL * |
| 0.1662 | -90.058 | ROSANA-2MAQ #511 | * CESP * |

Analisando a resposta do mode-shape, vemos que para o polo $0,10107 + j0,1699$ todas as máquinas oscilam com a mesma amplitude, o que indica que na verdade este é um polo que deveria ser igual a zero.

A existência de polos nulos é devido à singularidade do sistema de equações em relação à referência angular, na ausência de barra infinita modelada. Os fluxos de

potências nos elementos são dados em função de diferenças angulares entre barras, ou seja, um deslocamento de um certo ângulo para todas as barras não alteram ou causam impactos em qualquer variável do sistema, comprovando a singularidade, pois a referência angular pode ser qualquer e até mesmo mudar de valor durante a simulação.

Como esta singularidade está relacionada à diferença angular, para este modo nulo cada máquina oscila coerentemente com a mesma amplitude e, por este motivo, o mode-shape é igual para todas.

Em seguida, foi calculado o lugar das raízes do sistema, variando o ganho dos estabilizadores das máquinas 18 e 919, de 100% a 0%.

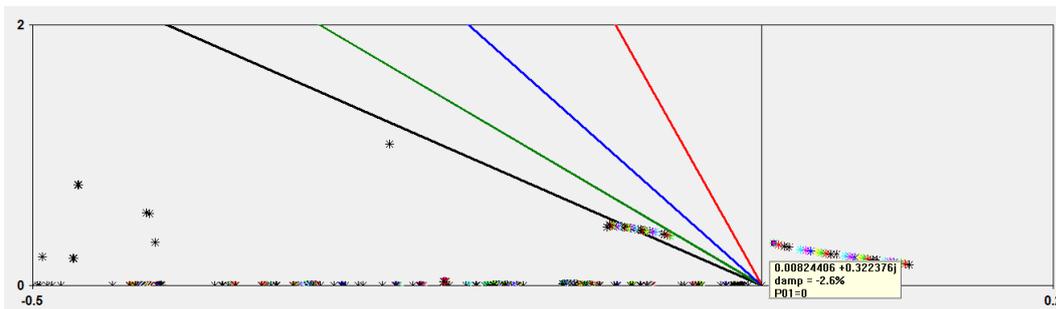


Figura 5.6: Lugar das raízes para o ganho do estabilizador da máquina 18 variando de 100 a 0%.

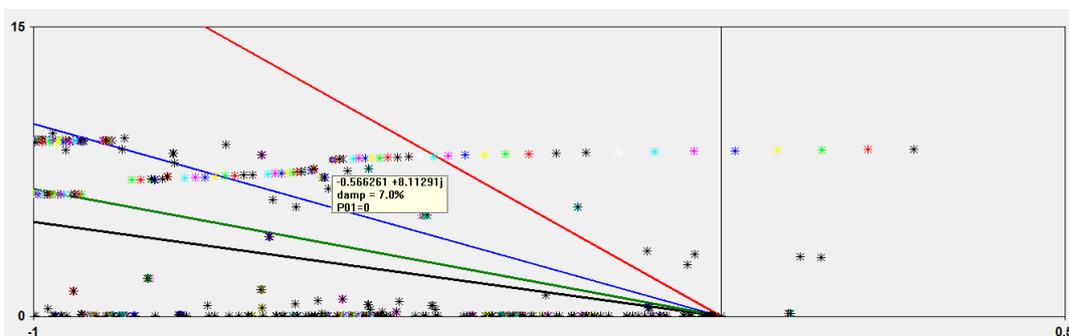


Figura 5.7: Lugar das raízes para o ganho do estabilizador da máquina 919 variando de 100 a 0%.

Pode-se concluir que o melhor é retirar esses dois estabilizadores, visto que quanto menor o ganho, mais os polos se aproximam da região de estabilidade.

5.2 Sistema sem regulador de tensão MD03 e sem PSS 919 e 18

No segundo caso, além de trocar os reguladores de tensão de todas as máquinas que utilizavam o modelo 3 por um regulador de tensão primário, foram retirados os

estabilizadores das máquinas 919 e 18.

Calculando os polos, pelo método QR, observamos os polos menos amortecidos na tabela 5.5.

Tabela 5.5: polos mais críticos do Caso 2

| | Real | Imaginary | Module | Freq(Hz) | Damp (%) | Part. Factor |
|---|---------|-----------|--------|----------|----------|-------------------------|
| 1 | -0.2237 | 5.6411 | 5.6455 | 0.8978 | 3.9622 | DELTA PROMISS-2MAQ #519 |
| 2 | -0.2237 | -5.6411 | 5.6455 | -0.8978 | 3.9622 | |
| 3 | -0.4077 | 8.3735 | 8.3834 | 1.3327 | 4.8635 | DELTA HBO-E-5G+2P #400 |
| 4 | 0.4077 | -8.3735 | 8.3834 | -1.3327 | 4.8635 | |
| 5 | -0.5104 | 7.6608 | 7.6778 | 1.2193 | 6.6479 | DELTA NAVANHA-3MAQ #518 |
| 6 | -0.5104 | -7.6608 | 7.6778 | -1.2193 | 6.6479 | |

Podemos observar que após essas alterações, os modos instáveis sumiram, restando apenas dois modos eletromecânicos pouco amortecidos: $-0.2237 + j5.6411$ e $-0.4077 + j8.3735$.

Rodando a função Participation Factors para os polos pouco amortecidos, obtemos os resultados das figuras 5.8 e 5.9, comprovando que são modos eletromecânicos.

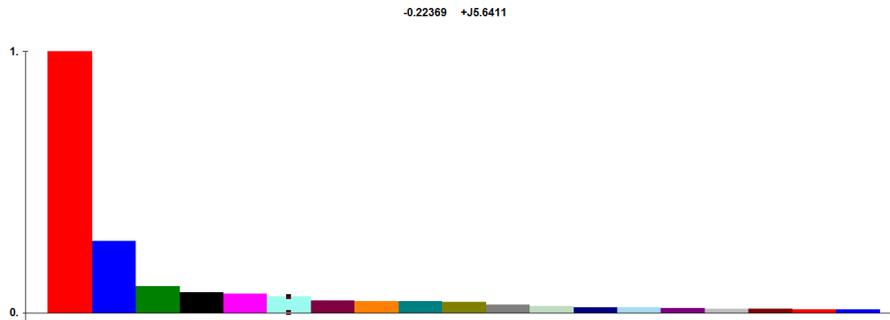


Figura 5.8: Fatores de Participação do polo $-0.2237 + j5.6411$

Tabela 5.6: Lista dos Fatores de Participação do polo $-0.2237 + j5.6411$

| Módulo | Fase | Barra | Variável |
|--------|---------|-------------------|----------|
| 1.0000 | 0 | PROMISS-2MAQ #519 | DELTA |
| 0.9935 | 0.8764 | PROMISS-2MAQ #519 | WW |
| 0.2739 | -19.767 | NAVANHA-3MAQ #518 | DELTA |
| 0.2680 | -19.028 | NAVANHA-3MAQ #518 | WW |
| 0.1001 | 61.811 | ITAIPU50-345 #86 | DELTA |

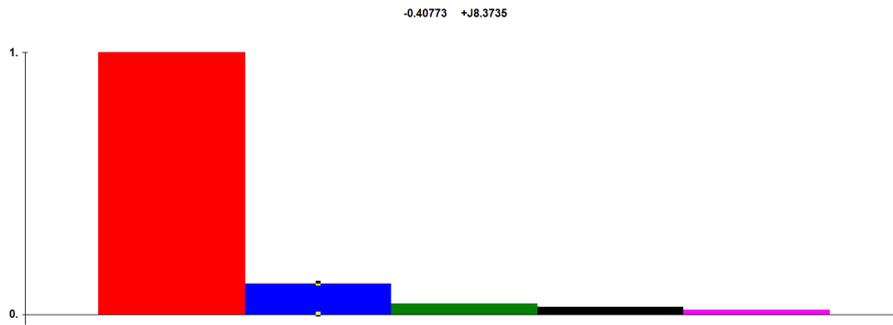


Figura 5.9: Fatores de Participação do polo $-0.4077 + j8.3735$

Tabela 5.7: Lista dos Fatores de Participação do polo $-0.4077 + j8.3735$

| Módulo | Fase | Barra | Variável |
|--------|---------|------------------|----------|
| 1.0000 | 0 | HBO-E-5G+2P #400 | DELT |
| 0.9848 | 1.1673 | HBO-E-5G+2P #400 | WW |
| 0.1177 | -15.682 | HBO-S-6U+N8 #401 | DELT |
| 0.1159 | -14.515 | HBO-S-6U+N8 #401 | WW |
| 0.1008 | -136.93 | HBO-E-5G+2P #400 | ED" |

Rodando o mode-shape, obtemos mais informações sobre as oscilações causadas por esses modos. Pelos resultados obtidos, mostrados nas figuras 5.10 e 5.11, e tabelas 5.8 e 5.9 vemos que para o polo $-0.2237 + j5.6411$ as máquinas de Promissão, Navanha e Ibitinga, números 519, 518 e 517, respectivamente oscilam contra o resto do sistema; e para o polo $-0.407 + j8.3735$ a máquina Henry Borden número 400 oscila contra a máquina Henry Borden número 401, e a máquina Piratininga oscila com menor amplitude em contraposição de fase.

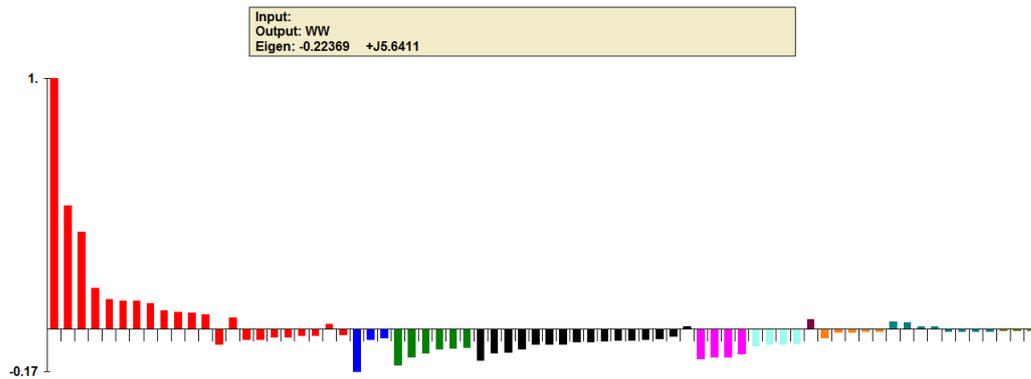
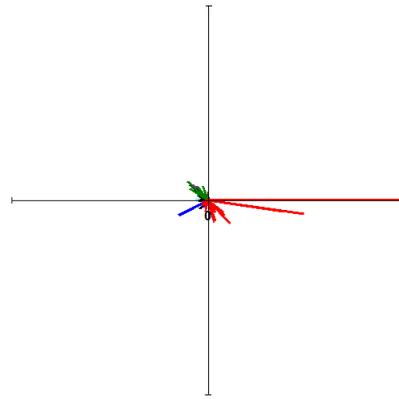
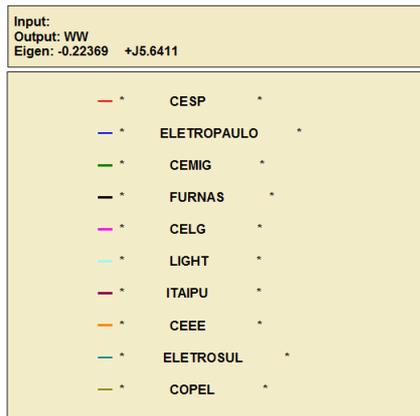


Figura 5.10: Mode Shape para o polo $-0.2237 + j5.6411$.

Tabela 5.8: Mode Shapes para o polo $-0.2237 + j5.6411$.

| Módulo | Fase | Barra | Área |
|--------|---------|-------------------|-----------------|
| 1.0000 | 0. | PROMISS-2MAQ #519 | * CESP * |
| 0.4945 | -7.9239 | NAVANHA-3MAQ #518 | * CESP * |
| 0.3881 | -8.8445 | IBITING-3MAQ #517 | * CESP * |
| 0.1693 | 207.19 | PIRATIN-13.8 #403 | * ELETROPAULO * |
| 0.1640 | 312.36 | CAPIVAR-4MAQ #507 | * CESP * |
| 0.1444 | 136.89 | TMARIAS-04MQ #304 | * CEMIG * |

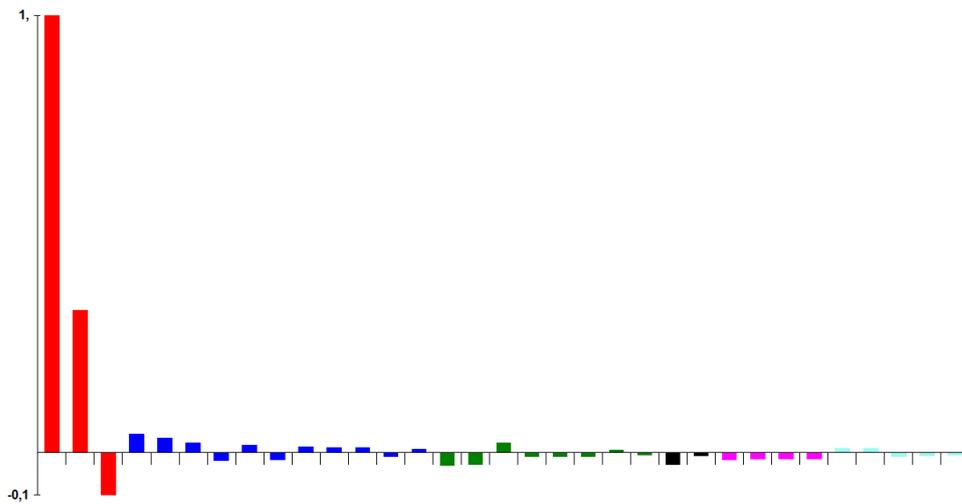
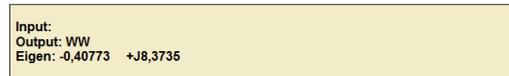
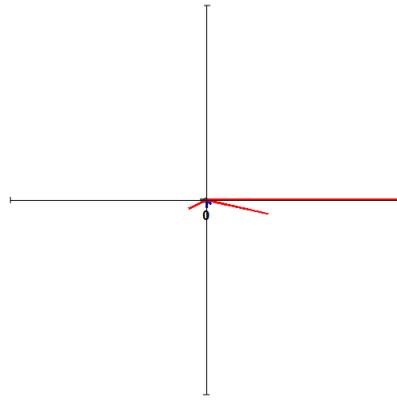
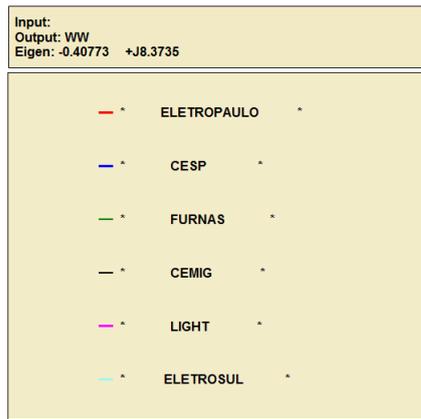


Figura 5.11: Mode Shape para o polo $-0.4077 + j8.3735$.

Tabela 5.9: Mode Shapes para o polo $-0.4077 + j8.3735$.

| Módulo | Fase | Barra | Área |
|---------|---------|-------------------|-----------------|
| 1.0000 | 0. | HBO-E-5G+2P #400 | * ELETROPAULO * |
| 0.3245 | -12.665 | HBO-S-6U+N8 #401 | * ELETROPAULO * |
| 0.09724 | -154.59 | PIRATIN-13.8 #403 | * ELETROPAULO * |
| 0.04250 | -84.127 | PARAIBU-1MAQ #526 | * CESP * |
| 0.03311 | -38.172 | EMBU-SINC-16 #532 | * CESP * |

Em seguida, foram calculados os resíduos da função de transferência WW/V_{ref} , que mostra a influência de cada máquina sobre o posicionamento dos polos.

Foram obtidas as seguintes respostas para o cálculo dos resíduos dos polos $-0.4077 + j8.3735$ e $-0.5104 + j7.6608$.

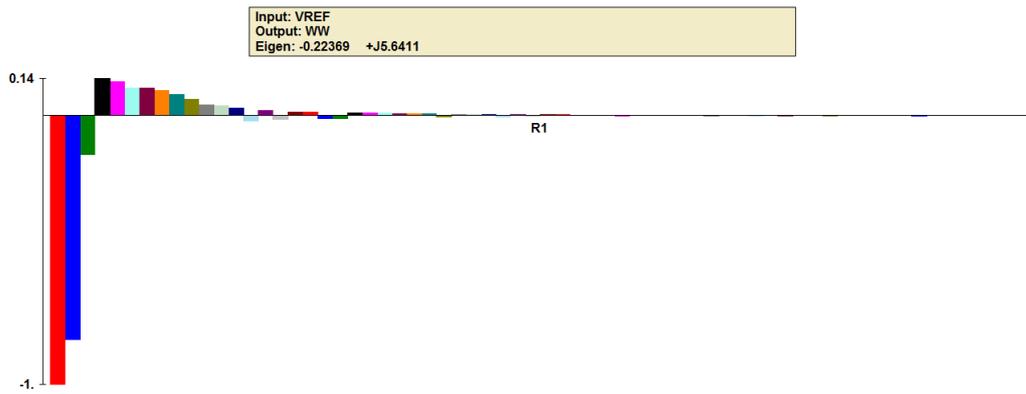
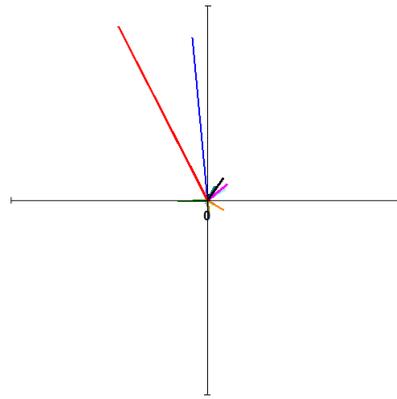
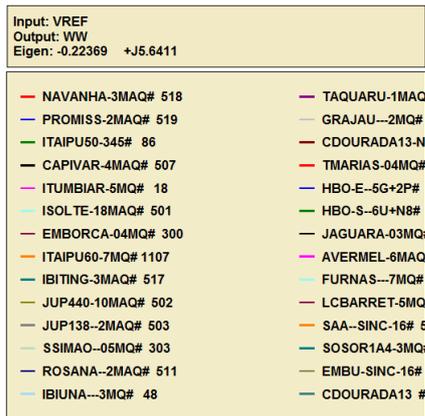


Figura 5.12: Resíduos para o polo $-0.2237 + j5.6411$.

Tabela 5.10: Resíduos para o polo $-0.2237 + j5.6411$.

| Módulo | Fase | Barra |
|--------|---------|-------------------|
| 1.0000 | 116.89 | NAVANHA-3MAQ #518 |
| 0.8344 | 95.213 | PROMISS-2MAQ #519 |
| 0.1455 | -177.96 | ITAIPU50-345 #86 |
| 0.1375 | 54.801 | CAPIVAR-4MAQ #507 |

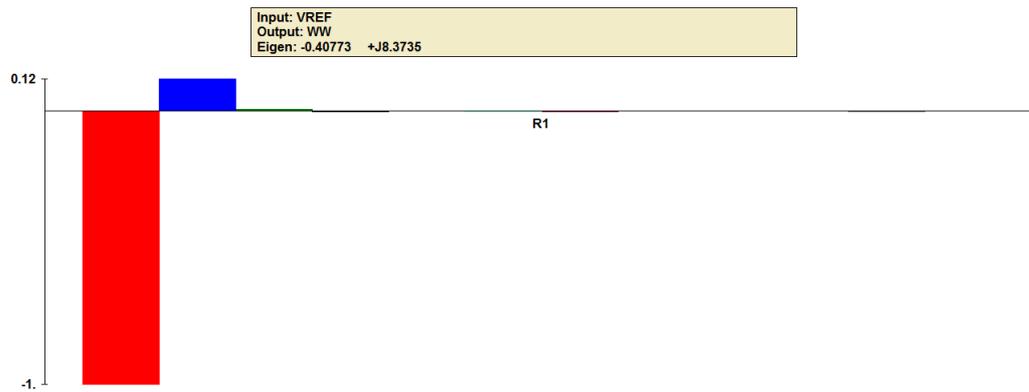
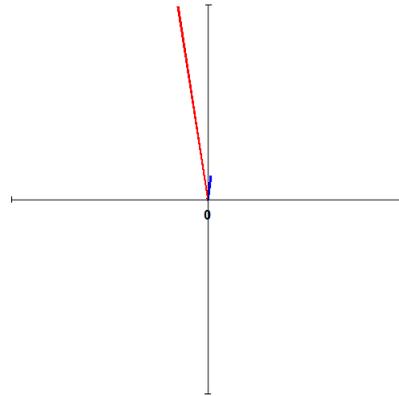
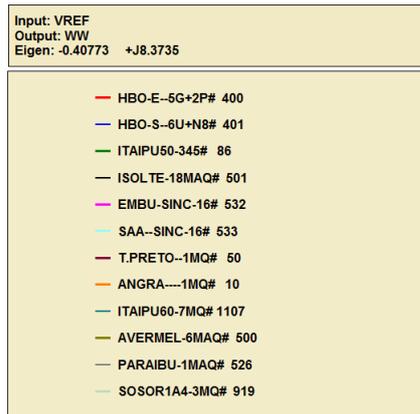


Figura 5.13: Resíduos para o polo $-0.4077 + j8.3735$.

Tabela 5.11: Resíduos para o polo $-0.4077 + j8.3735$.

| Módulo | Fase | Barra |
|---------|--------|------------------|
| 1.0000 | 98.799 | HBO-E-5G+2 #400 |
| 0.1176 | 83.101 | HBO-S-6U+N8#401 |
| 0.00686 | 72.409 | ITAIPU50-345 #86 |

Percebe-se que a máquina 400 é a que exerce a maior influência sobre o polo $-0.4077 + j8.3735$ e as máquinas 518 e 519 sobre o polo $-0.5104 + j7.6608$.

As máquinas 400 e 519 não possuem nenhum estabilizador, portanto o próximo passo para deixar o sistema com um amortecimento melhor é criar um estabilizador para cada uma delas.

5.3 Projeto de estabilizadores para as máquinas 400 e 519

De acordo com [9] e [10], será utilizado o método de projeto de estabilizadores a partir do traçado do diagrama de Nyquist com fator de amortecimento constante, que garante a alocação do par de pólos.

Estabilizador para a máquina 519

Para projetar um estabilizador para esta barra, primeiro é necessário calcular a resposta em frequência da função de transferência WW/V_{ref} [9], [10].

A figura 5.14 mostra a resposta em frequência obtida para um amortecimento de 10%.

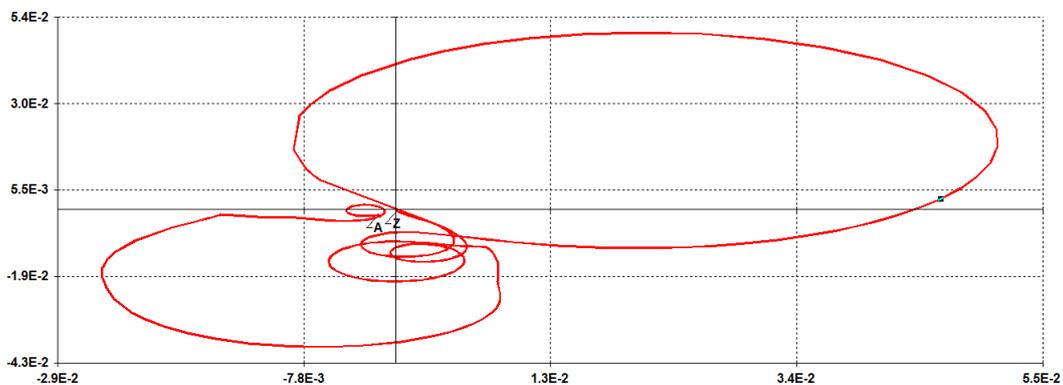


Figura 5.14: Resposta em frequência para a função de transferência WW/V_{ref} para máquina 519.

Para criar um estabilizador, primeiro devemos inverter o gráfico, utilizando o botão “Invert” e em seguida, utilizando o “Design” iniciar o projeto. Usando a opção “Get” da janela “Automatic PSS Design”, seleciona-se no diagrama a frequência desejada (em rad/s) e automaticamente o programa cria um estabilizador para o sistema. Alterando os parâmetros, pode-se obter um estabilizador com ajustes melhores.

Para este modo foi selecionada a frequência 5.64 e em seguida alterado o valor de T_d para 0.09 com dois blocos Lead-Lag. A figura 5.15 e 5.16 mostram como ficou a resposta em frequência e os parâmetros e a figura 5.17 mostra o diagrama do estabilizador para a máquina 519.

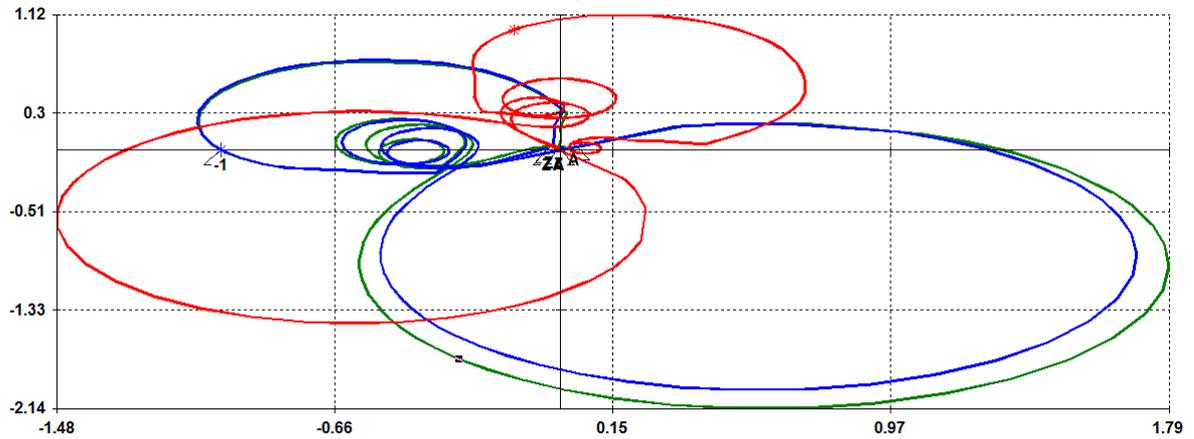


Figura 5.15: Resposta em frequência com o estabilizador projetado.

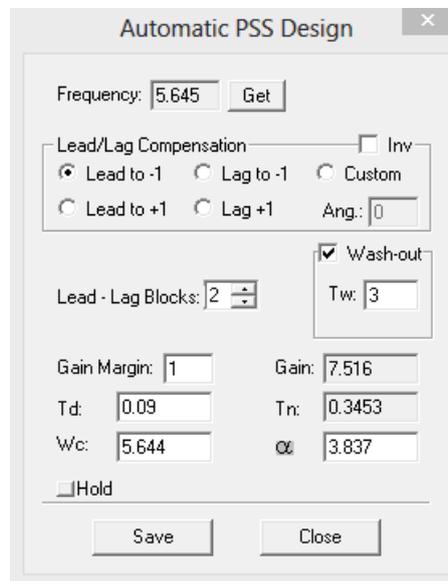


Figura 5.16: Parâmetros do estabilizador projetado.

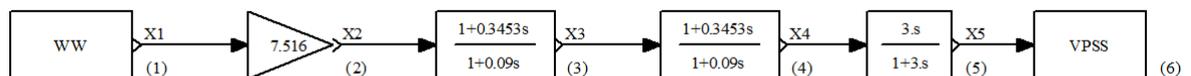


Figura 5.17: Estabilizador projetado para a máquina 519.

Em seguida, este estabilizador foi salvo e o Caso 3 criado, associando-o à máquina 519. Com este novo estabilizador, os polos do sistema são:

Tabela 5.12: Polos do Sistema com novo PSS para máquina 519.

| | Real | Imaginary | Module | Freq(Hz) | Damp (%) | Part. Factor |
|----|---------|-----------|--------|----------|----------|-----------------------|
| 1 | -0.4077 | 8.3735 | 8.3834 | 1.3327 | 4.8636 | DELT HBO-E-5G+2P #400 |
| 2 | -0.4077 | -8.3735 | 8.3834 | -1.3327 | 4.8636 | |
| 3 | -0.5663 | 8.1129 | 8.1327 | 1.2912 | 6.9630 | WW PFUNDO2—13 #918 |
| 4 | -0.5663 | -8.1129 | 8.1327 | -1.2912 | 6.9630 | |
| 5 | -0.5462 | 7.5213 | 7.5411 | 1.1970 | 7.2431 | DELT BARIRI-3MAQ #515 |
| 6 | -0.5462 | -7.5213 | 7.5411 | -1.1970 | 7.2431 | |
| 38 | -0.5668 | 5.6400 | 5.6684 | 0.8976 | 10.0000 | WW PROMISS-2MAQ #519 |
| 39 | -0.5668 | -5.6400 | 5.6684 | -0.8976 | 10.0000 | |

Estabilizador para a máquina 400

O mesmo procedimento foi realizado para criar um estabilizador para a máquina 400. Usando o botão “Get” foi selecionada a frequência de 8.38rad/s. Não houve modificação nos parâmetros que melhorasse o ajuste do novo estabilizador, portanto foi usado o original, mostrado nas figuras 5.18 e 5.19, cujo diagrama está na figura 5.20.

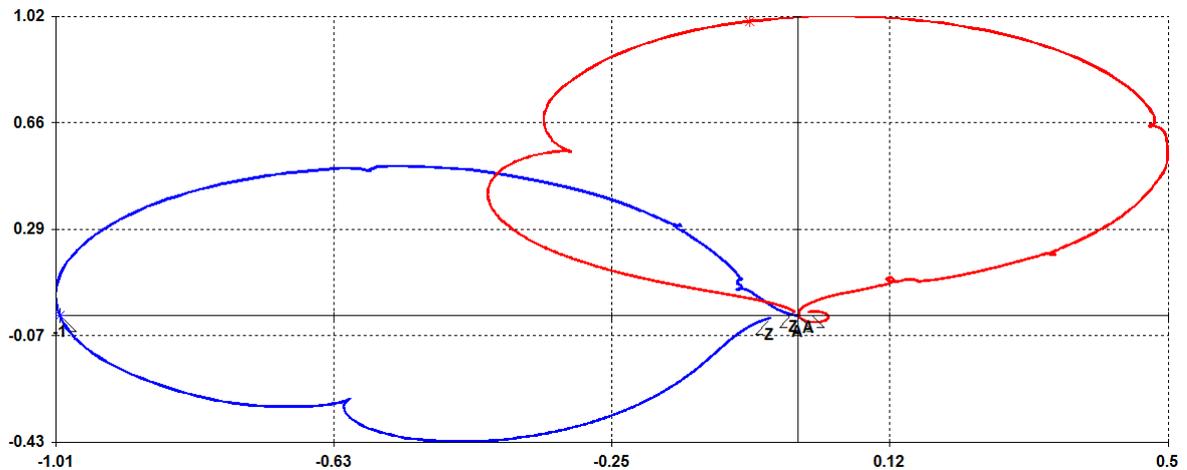


Figura 5.18: Resposta em frequência com o estabilizador projetado.

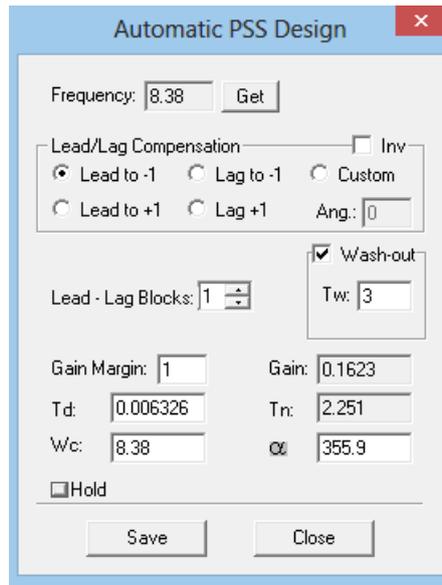


Figura 5.19: Parâmetros do estabilizador projetado.

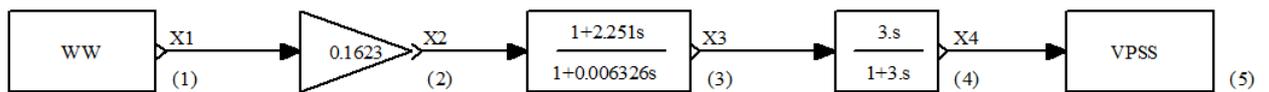


Figura 5.20: Estabilizador projetado para a máquina 400.

Em seguida, o novo estabilizador é salvo e pode ser associado à máquina 400, no Caso 4.

Com mais este estabilizador, calculando os polos do sistema pelo método QR, obtemos:

Tabela 5.13: Polos do Sistema com novo PSS para máquina 519 e para a máquina 400.

| | Real | Imaginary | Module | Freq(Hz) | Damp (%) | Part. Factor |
|----|---------|-----------|--------|----------|----------|-----------------------|
| 1 | -0.5663 | 8.1129 | 8.1327 | 1.2912 | 6.9630 | WW PFUNDO2—13 #918 |
| 2 | -0.5663 | -8.1129 | 8.1327 | -1.2912 | 6.9630 | |
| 3 | -0.5462 | 7.5213 | 7.5411 | 1.1970 | 7.2431 | DELT BARIRI—3MAQ #515 |
| 4 | -0.5462 | -7.5213 | 7.5411 | -1.1970 | 7.2431 | |
| 38 | -0.8422 | 8.3800 | 8.4222 | 1.3337 | 10.000 | DELT HBO-E—5G+2P #400 |
| 39 | -0.8422 | -8.3800 | 8.4222 | -1.3337 | 10.000 | |

Para confirmar que os estabilizadores criados cumprem o objetivo de levar o sistema a uma estabilidade maior, foi calculado o lugar das raízes, variando o ganho

dos dois estabilizadores de 0% a 100%. As respostas podem ser observadas nas figuras 5.21 e 5.22.

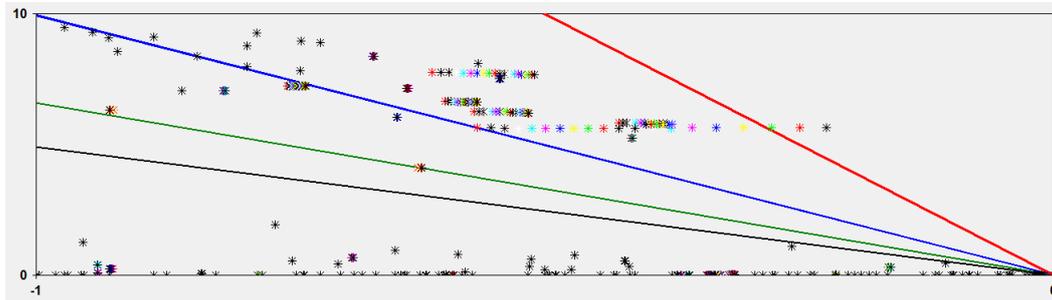


Figura 5.21: Lugar das raízes do ganho do estabilizador projetado para máquina 519 variando de 0 a 100%.

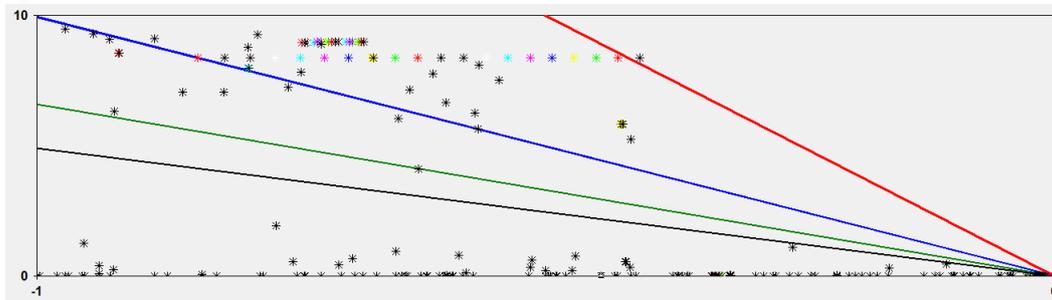


Figura 5.22: Lugar das raízes do ganho do estabilizador projetado para máquina 400 variando de 0 a 100%.

5.4 Respostas no tempo

Por fim, foram comparadas respostas no tempo do sistema antes e depois da inserção dos dois novos estabilizadores.

Para esta análise foram escolhidas as máquinas que tiveram algum controlador removido ou adicionado; e nestas foi simulado o chaveamento de um shunt em seus terminais e plotados suas respectivas tensões e velocidades.

As respostas estão na figura 5.23, sendo as curvas em vermelho as respostas antes do projeto dos estabilizadores para as máquinas 519 e 400 e as curvas em azul a resposta do sistema já com os dois novos estabilizadores.

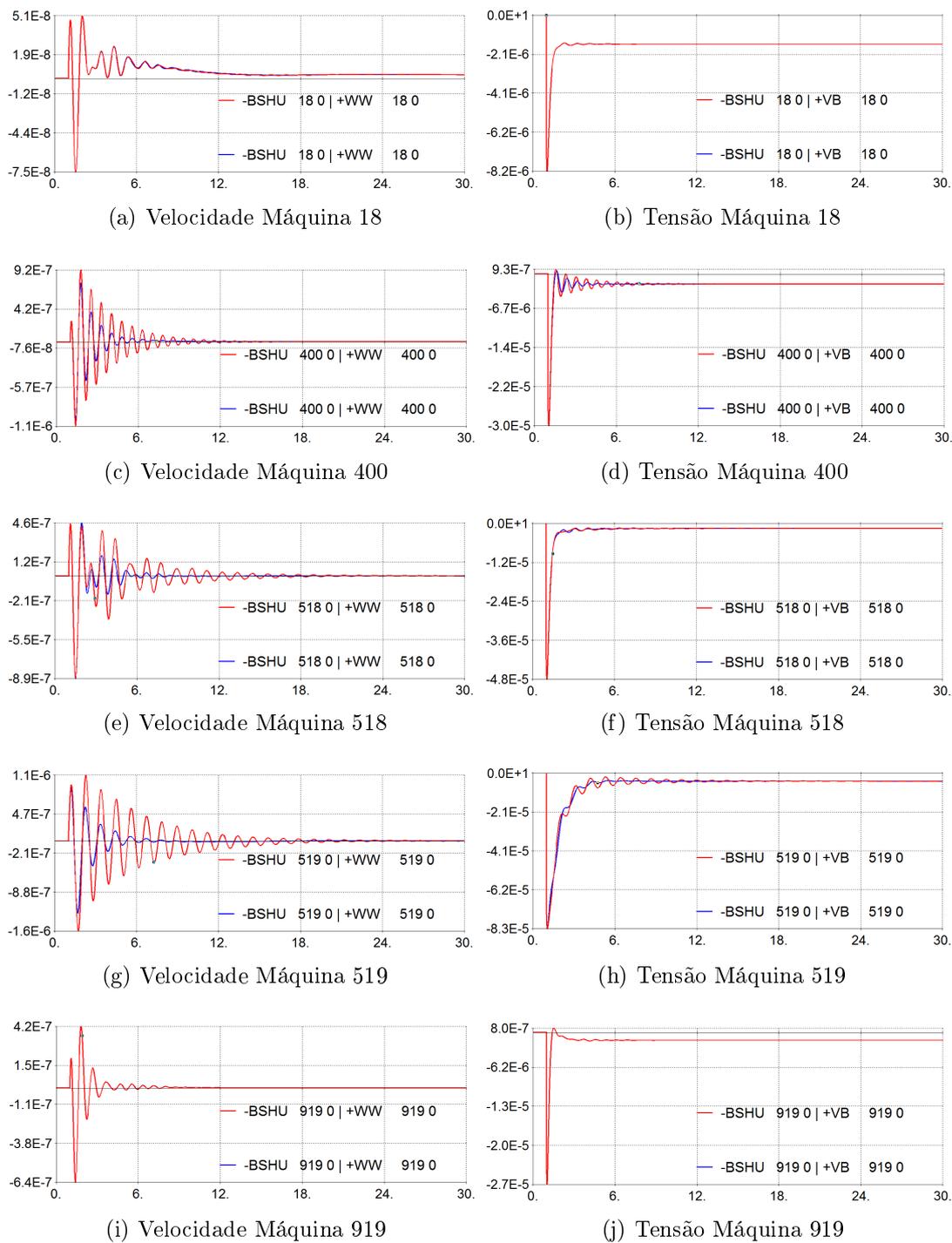


Figura 5.23: Comparação das Respostas no Tempo do Sistema Sudeste.

Capítulo 6

Conclusões

O objetivo deste trabalho, de construir uma biblioteca de modelos built-in de controladores para o programa PacDyn foi alcançado. Agora, o usuário pode associar às máquinas os modelos apresentados no Manual do ANATEM, sem ter que criá-los.

Através do sistema de validação pudemos comprovar os modelos que foram construídos corretamente, pois os resultados eram compatíveis com o modelo built-in. Pequenas diferenças nas respostas podem ser associadas ao fato do PacDyn fazer uma análise linear em torno do ponto de operação, enquanto que o ANATEM não faz essa linearização.

Seria interessante continuar este projeto, a fim de analisar os controladores que apresentaram diferenças maiores. Este estudo envolveria analisar também o código fonte em Fortran dos controladores built-in do programa ANATEM, não utilizados na realização do presente trabalho.

Alguns modelos não puderam ser acrescentados na biblioteca, pois sua construção não foi possível: erros de inicialização e parâmetros incompatíveis. Não houve tempo hábil para analisá-los e descobrir os problemas, mas futuramente serão reavaliados para que também possam ser incluídos na biblioteca.

Por fim, foi possível também observar o funcionamento satisfatório dos controladores da biblioteca em sistemas de grande porte. Em conjunto com as funções do PacDyn, se mostraram muito úteis em estudos dinâmicos de sistemas de potência.

Referências Bibliográficas

- [1] CEPEL. *Programa ANATEM V10.04.06 – Análise de Transitórios Eletromecânicos*. Manual do Usuário, CEPEL/DRE, 2012.
- [2] CHEN, C. T. *Linear System Theory and Design*. 2 ed. New York, CBS College Publishing, 1984.
- [3] OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 4 ed. New York, Prentice Hall, 2003.
- [4] KUNDUR, P. S. *Power System Stability and Control*. 4 ed. New York, McGraw-Hill, 1994.
- [5] CEPEL. *PacDyn 9.6.0 -User´s Manual*. Relatório técnico, CEPEL/DRE, 2012.
- [6] SILVA, R. R. *Análise Dinâmica Frente a Pequenas Perturbações do Sistema Elétrico Acre-Rondônia*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2011.
- [7] SEVILLANO, J. E. V. *Análise Modal no Sistema Peruano*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.
- [8] KUNDUR, P., PASERBA, J., AJJARAPU, V., et al. “Definition and Classification of Power Systems Stability”, *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 19, n. 2, 2004.
- [9] GUIMARÃES, C. H. C., TARANTO, G. N., S, JR, G., et al. “Projeto de Estabilizadores de Sistemas de Potência por Posicionamento Parcial de Par de Pólos Complexos Conjugados”, *XIII Congresso Brasileiro de Automática - CBA*.
- [10] GOMES, JR, S., MARTINS, N., PINTO, H. J. C. P. “Utilização do Método de Nyquist para a Estabilização de Sistemas de Potência Envolvendo Alocação de Par de Pólos Complexos”, *XII Congresso Brasileiro de Automática - CBA*, Uberlândia, 1998.

Apêndice A

Gráficos- Validação dos Controladores

Neste anexo se encontram os gráficos obtidos durante a validação dos modelos de controladores, conforme descrito no capítulo 3. Para testar os reguladores de tensão foi plotada a tensão da máquina, para os estabilizadores a tensão e a velocidade, e para os reguladores de velocidade a potência mecânica e a velocidade da máquina.

A.1 Validação dos Reguladores de Tensão

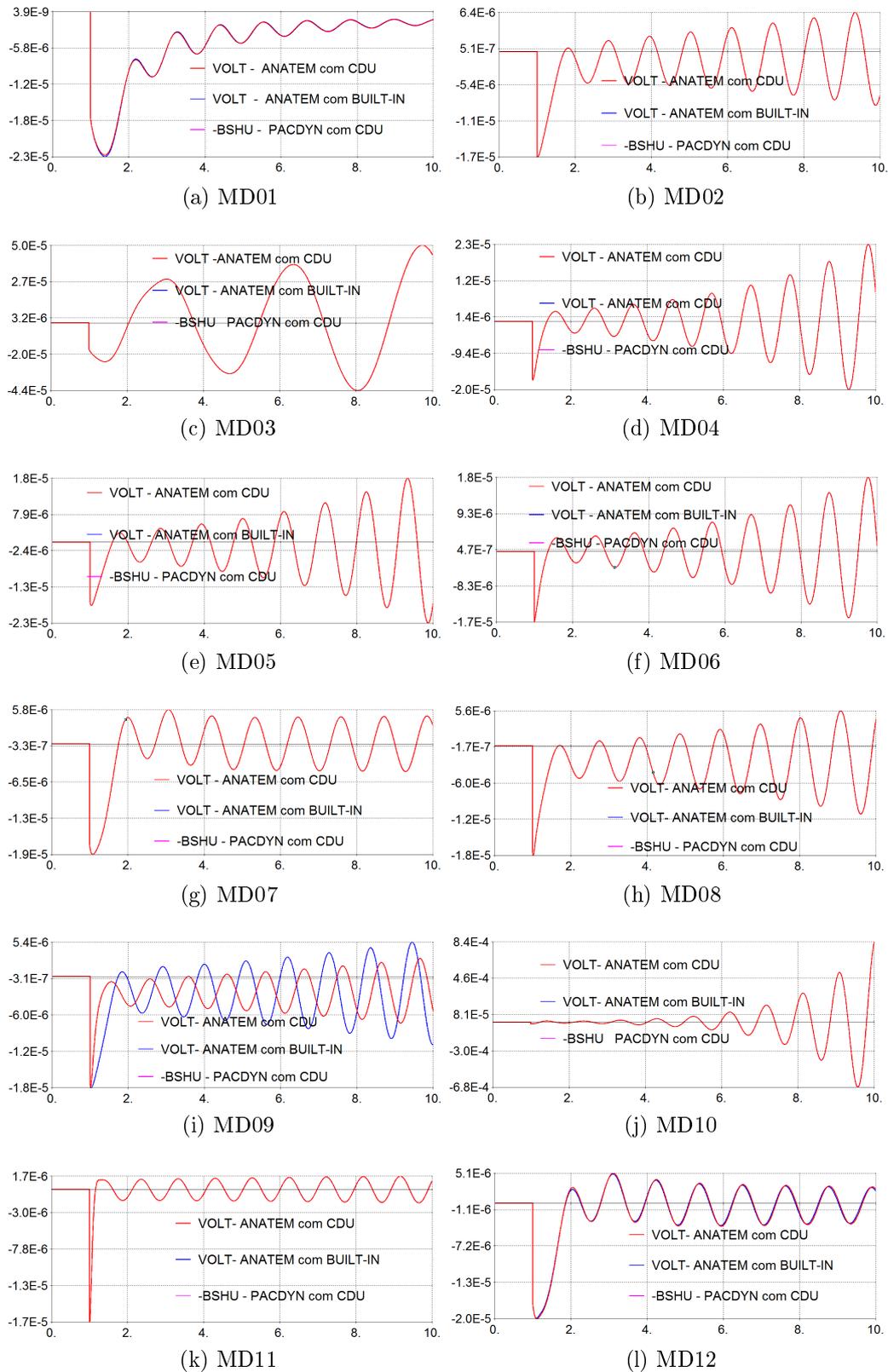


Figura A.1: Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 1 a 12 de reguladores de tensão.

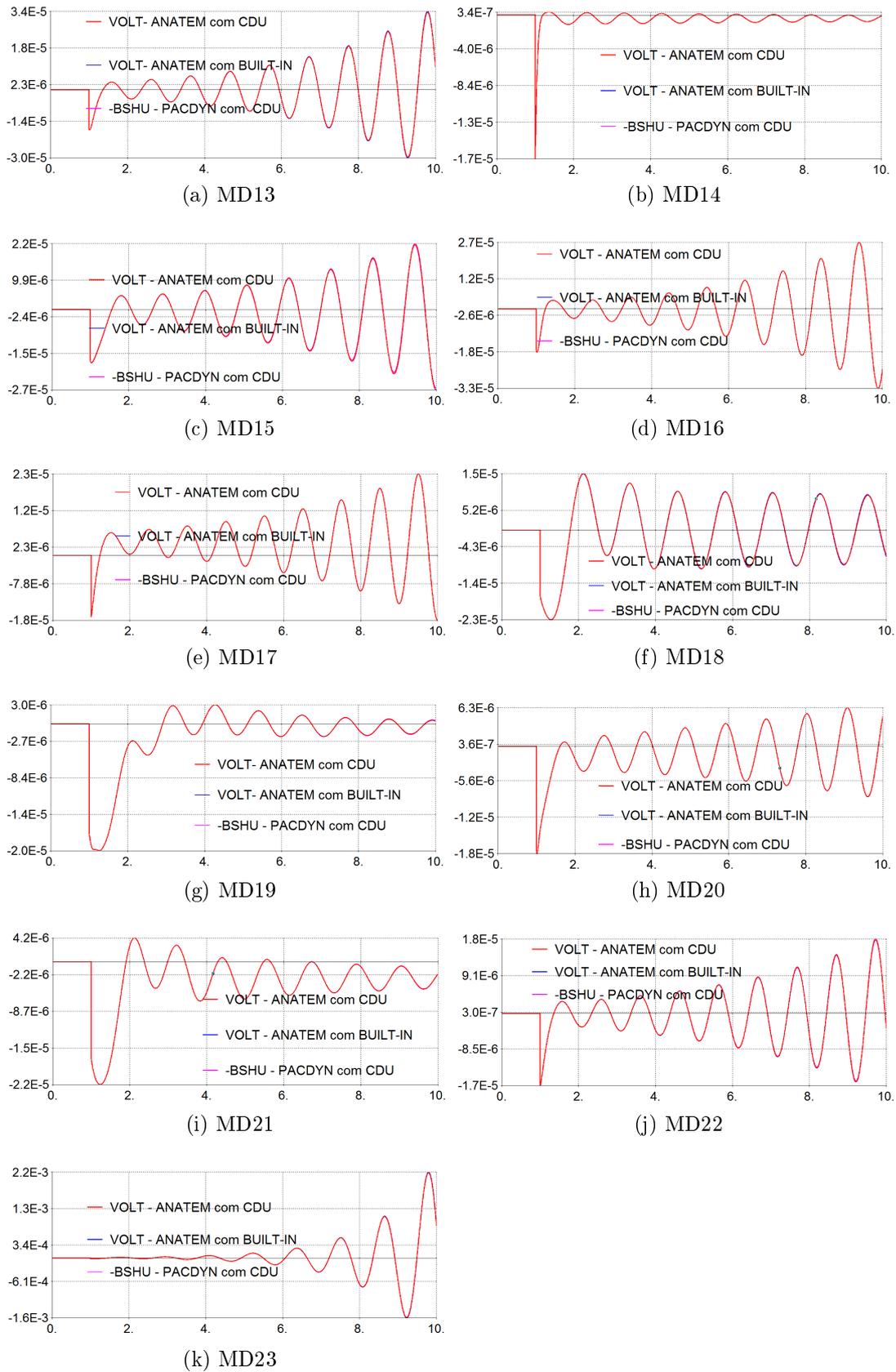


Figura A.2: Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 13 a 23 de reguladores de tensão.

A.2 Validação dos Estabilizadores

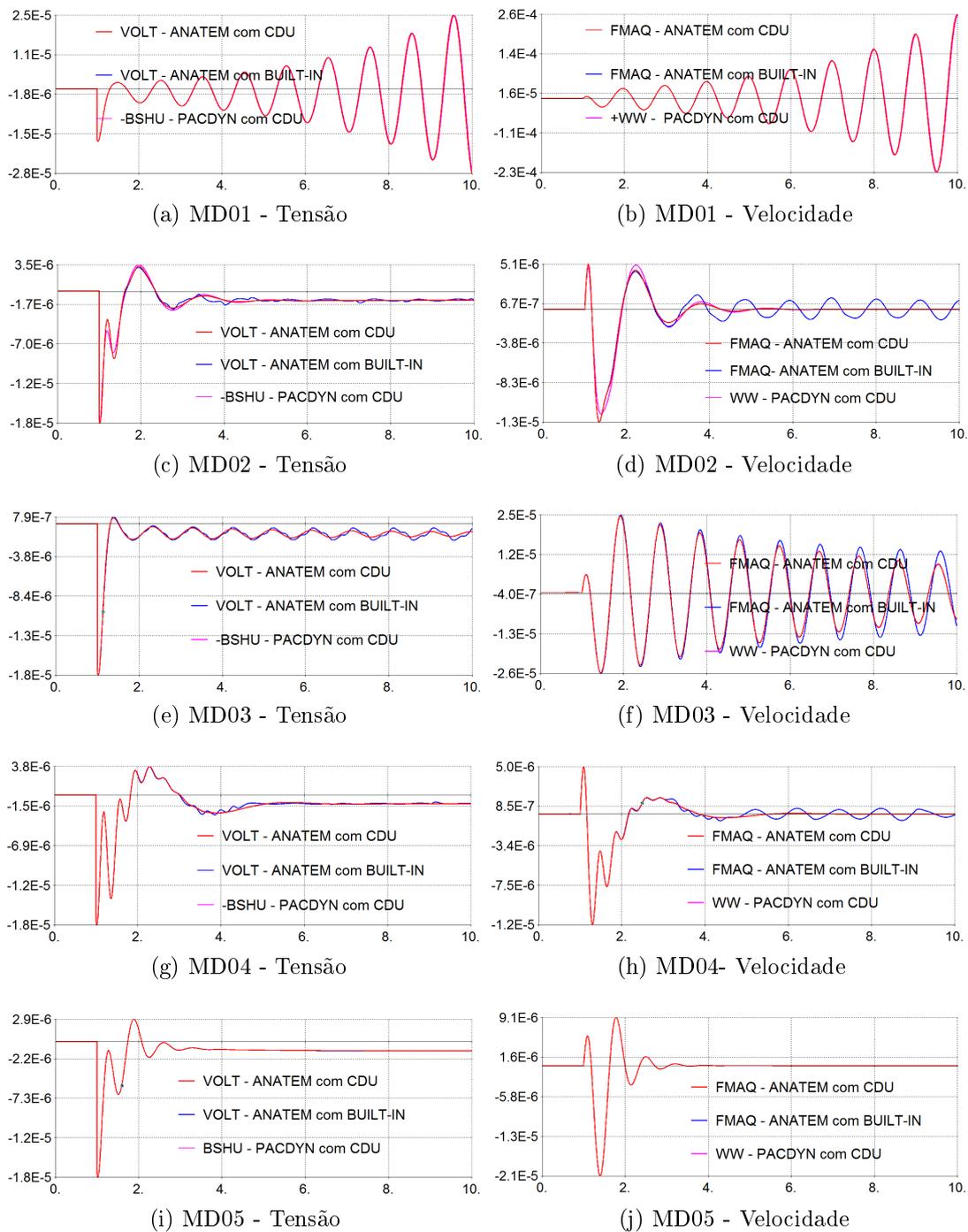


Figura A.3: Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 1 a 5 de estabilizadores.

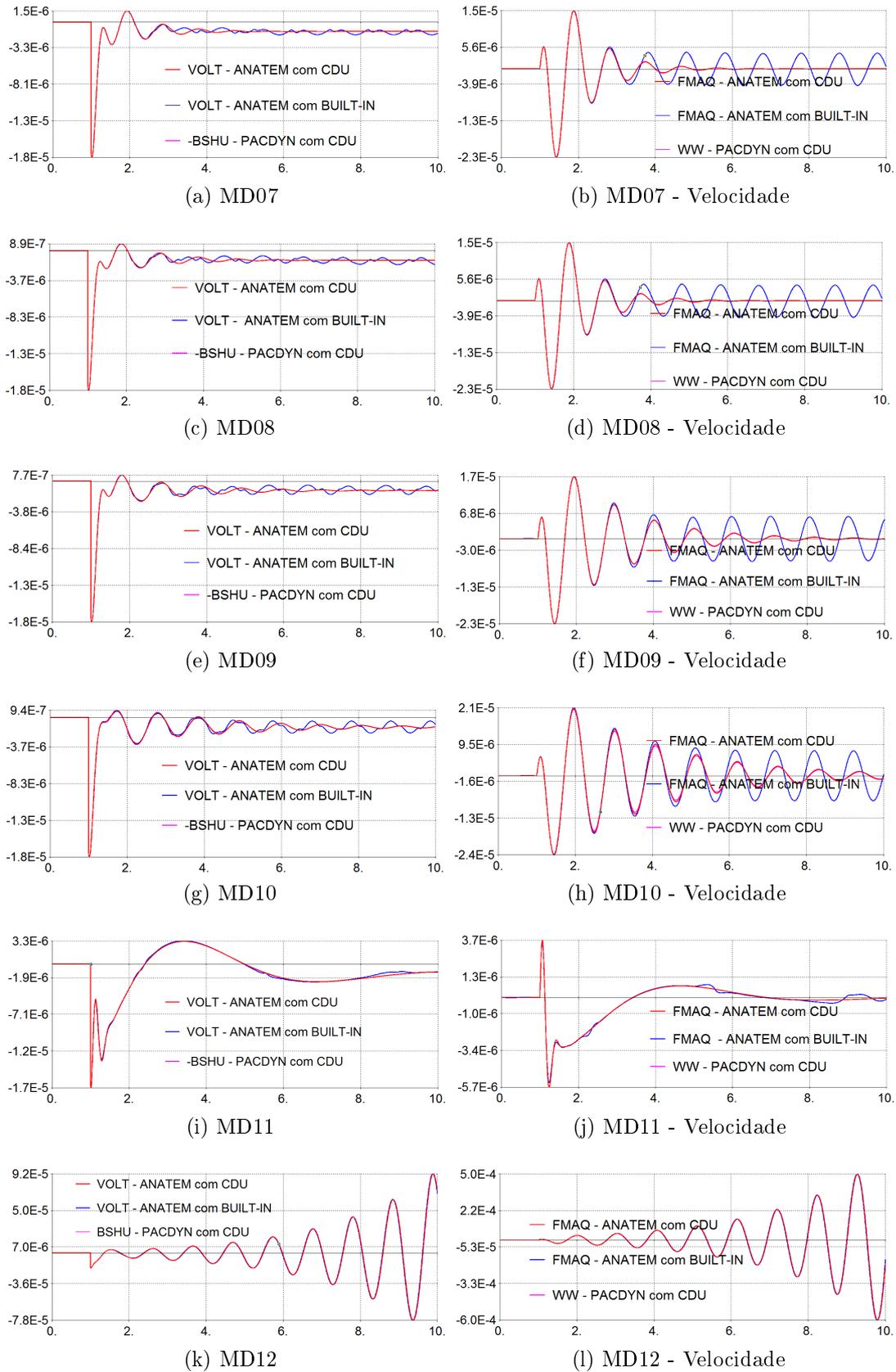


Figura A.4: Resposta Sistema Máquina x Barra Infinita usando os modelos 7 a 12 de estabilizadores.

A.3 Validação dos Reguladores de Velocidade

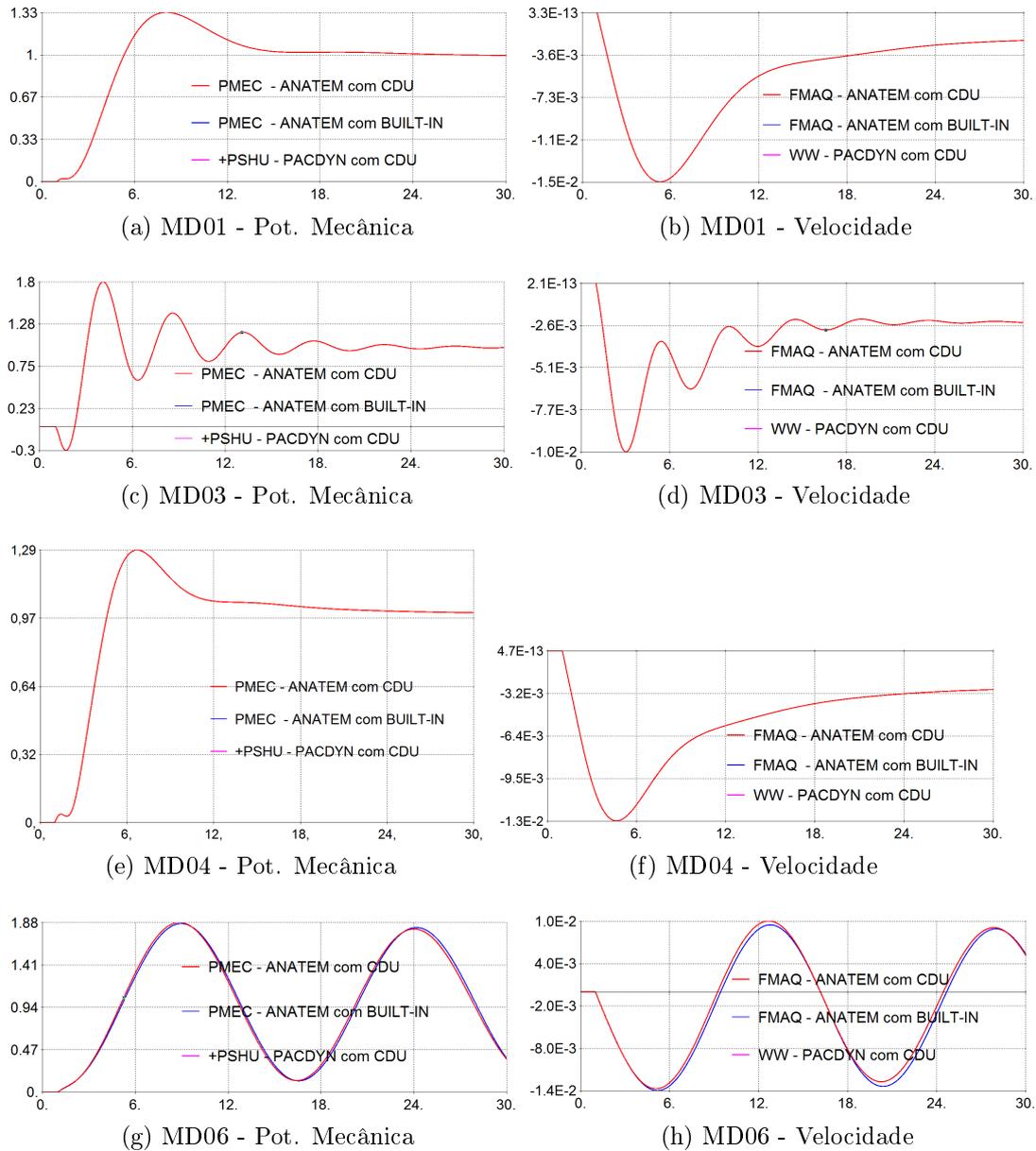


Figura A.5: Resposta Sistema Máquina x Carga usando os modelos 1,3,4 e 6 de reguladores de velocidade.

Apêndice B

Biblioteca de Modelos Built-in

A seguir estão os arquivos criados com a biblioteca de modelos built-in para ser usado pelo PacDyn: DRGT para os reguladores de tensão, DEST para os estabilizadores e DRGV para os resguladores de velocidade.

B.1 DRGT

```
#=====
# User Defined Control Data
#=====
DUDT
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGT MDO1
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      VTR      X1
      2 IN      VREF     X2
      3 IN      VPSS     X3
      4 LDLG    X1        X4      1.                1.                #TM
      5 SUM     X2        X5
                -X4
                X3
      6 SUM     X5        X6
                -X18
      7 GAIN    X6        X7      #KA
      8 LDLG    X7        X8      1.                1.                #TA
      9 LIM     X8        X9      #Lmin             #Lmax
     10 SUM     -X12     X10
                X9
     11 LDLG    X10     X11     1.                #KE                #TE
     12 MULT    X13     X12
                X14
     13 CST     X11     X13     #NCST
     14 RLAY    X11     X14
```

```

X15
Multip
15 CTE X15 1.
16 CTE X16 #Multip
20 LINE X16 Multip 1 -68
17 OUT X11 EFD
18 LDLG X11 X18 #KF 1. #TF
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
DPAR #NCST 0 8 11 1
DPAR #KA 0 13 17 1
DPAR #KE 0 18 22 1
DPAR #KF 0 23 27 1
DPAR #IM 0 28 32 1
DPAR #TA 0 33 37 1
DPAR #TE 0 38 42 1
DPAR #TF 0 43 47 1
DPAR #Lmin 0 48 52 1
DPAR #Lmax 0 53 57 1
CPAR #Multip D 59 59 1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MDO2
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN VTR X1
2 SUM X4 X2
-X1
X3
3 IN VPSS X3
4 IN VREF X4
5 LDLG X2 X5 1. #T1 1. #T2
6 GAIN X5 X6 #K
7 LDLG X6 X70 1. 1. #T
8 LIM X7 X8 #Lmin #Lmax
9 MULT X10 X9
X8
10 RLAY X15 X10
X16
Alim
11 RLAY X17 X11
X9
X12
12 IN EQ1 X12
13 OUT X11 EFD
14 CTE X14 #Alim
30 LINE X14 Alim 1 -73
15 CTE X15 1.
16 IN VTR X16
17 RLAY X9 X17
X19

```

```

                X21
18 IN          EQ1   X18
19 GAIN        X20   X19   #RC/Rf
20 MNUS        X18   X20
21 CTE         X21   #RC/Rf
22 CTE         X22   #Limita
23 RLAY        X6    X7
                X70
                X22
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR          #K      150      8      12      1
      DPAR          #T      0.01     13     17     1
      DPAR          #T1     3.5      18     22     1
      DPAR          #T2    14.0     23     27     1
      DPAR          #Lmin   -7.0     28     32     1
      DPAR          #Lmax   8.75    33     37     1
      DPAR          #RC/Rf  0.01    38     42     1
      CPAR          #Limita  D       43     43     1
      CPAR          #Alim   T       44     44     1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGT MDO3
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN          VTR    VTR
      2 LDLG        VTR    X2    1.      1.      #TQ
      3 IN          VREF   X3
      4 SUM          X3     X4
                -X2
                -X15
      5 FRAC        X4     X5    #Vamax      #Ka
      6 LIM          X5     X6    0.      #Vamax
      7 RLAY        X6     X7
                X19
                X23
      8 SUM        -X12    X8
                X7
                -X13
      9 LDLG        X8     X9    1.      #TE
     10 GAIN        X26    X10   #KG
     11 OUT         X10    EFD
     12 CST         X26    X12   #NCST
     13 GAIN        X26    X13   #KE
     14 GAIN        X26    X14   #us
     15 LDLG        X14    X15           #TSE      1.      #TSE
     17 SUM        -VTR    X17
                X28
     18 ABS         X17    X18
     19 RLAY        X20    X19
                X21

```

```

                X17
20 CTE                X20 #Vamin
21 CTE                X21 #Vamax
22 CTE                X22 #Ka
23 SUM                X18 X23
                    -X22
26 LIM                X9  X26 #Vemin #Vemax
28 VINI               VTR X28
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR                #NCST      0      8      11      1
      DPAR                #Ka         0      13      17      1
      DPAR                #KE         0      18      22      1
      DPAR                #KG         0      23      27      1
      DPAR                #us         0      28      32      1
      DPAR                #TQ         0      33      37      1
      DPAR                #TE         0      38      42      1
      DPAR                #TSE        0      43      47      1
      DPAR                #Vamin      0      48      52      1
      DPAR                #Vamax      0      53      57      1
      DPAR                #Vemin      0      58      62      1
      DPAR                #Vemax      0      63      67      1

```

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MDO4

(

```

#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  1 IN      VTR      X1
  2 GAIN    X1       X2 #K1
  3 LDLG    X2       X3 1.          1.      #T1
  4 SUM     X5       X4
                    -X3
                    X6
  5 IN      VREF     X5
  6 IN      VPSS     X6
  7 GAIN    X4       X7 #KA
  8 LDLG    X7       X8 1.          #TA      #TA
  9 LIM     X8       X9 #Vamin    #Vamax
10 GAIN    X9       X10 #K2
11 CTE     X11      X11 #K3
12 SUM     X11      X18
                    -X10
13 COS     X18      X13
14 CTE     X14      X14 #Vdo
15 GAIN    X14      X15 1.35
16 MULT    X15      X16
                    X13
17 OUT     X16      EFD
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR                #KA         0      8      12      1
      DPAR                #K1         0      13     17      1

```

| | | | | | |
|------|--------|---|----|----|---|
| DPAR | #K2 | 0 | 18 | 22 | 1 |
| DPAR | #K3 | 0 | 23 | 27 | 1 |
| DPAR | #Ta | 0 | 28 | 32 | 1 |
| DPAR | #T1 | 0 | 33 | 37 | 1 |
| DPAR | #Vdo | 0 | 38 | 42 | 1 |
| DPAR | #VAmin | 0 | 43 | 47 | 1 |
| DPAR | #VAmx | 0 | 48 | 52 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MDO5

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | VREF | X1 | | | | | |
| | 2 | IN | VTR | X2 | | | | | |
| | 3 | SUM | X1 | X3 | | | | | |
| | | | -X2 | | | | | | |
| | 4 | GAIN | X3 | X4 | #KC | | | | |
| | 5 | IN | VPSS | X5 | | | | | |
| | 6 | SUM | X5 | X6 | | | | | |
| | | | X4 | | | | | | |
| | | | -X20 | | | | | | |
| | 7 | LDLG | X6 | X7 | #Kv | | 1. | #Tv | |
| | 8 | SUM | X25 | X8 | | | | | |
| | | | X39 | | | | | | |
| | 9 | GAIN | X8 | X9 | #KM | | | | |
| | 10 | SUM | X9 | X10 | | | | | |
| | | | -X17 | | | | | | |
| | 11 | LDLG | X10 | X11 | #KF | | 1. | #TF | |
| | 12 | GAIN | X40 | X12 | #Kcp | | | | |
| | 13 | MULT | X14 | X13 | | | | | |
| | | | X12 | | | | | | |
| | 14 | IN | VTR | X14 | | | | | |
| | 15 | LIM | X13 | X15 | #EFdmn | #EFDmx | | | |
| | 16 | OUT | X15 | EFD | | | | | |
| | 17 | FRAC | X15 | X17 | 1. | | #KR | | |
| | 18 | GAIN | X9 | X18 | #KD | | | | |
| | 19 | LDLG | X18 | X19 | | #TD | 1. | #TD | |
| | 20 | GAIN | X19 | X20 | 0.1 | | | | |
| | 21 | FRAC | X20 | X21 | 1. | | #KC | | |
| | 22 | SUM | -X21 | X22 | | | | | |
| | | | -X35 | | | | | | |
| | | | X34 | | | | | | |
| | 23 | LDLG | X22 | X23 | #KPI | | 1. | 0.01 | |
| | 24 | LDLG | X23 | X24 | 1. | #TPI | | #TPI | |
| | 25 | LIM | X41 | X25 | 0. | 10. | | | |
| | 26 | IN | VTR | X26 | | | | | |
| | 28 | GAIN | X26 | X28 | #CA | | | | |
| | 30 | SQR | X54 | X30 | | | | | |
| | 32 | SQR | X55 | X32 | | | | | |
| | 33 | SUM | X32 | X33 | | | | | |

```

X30
34 SQRT X33 X34
35 GAIN X26 X35 #RA
39 LIM X7 X39 -10. 10.
40 LIM X11 X40 #Vfmin #Vfmax
41 LIM X24 X41 -10. 10.
48 DIV X15 X48
X14
49 FRAC X48 X49 1. #KF
50 FRAC X49 X50 1. #Kcp
51 SUM X52 X51
X50
52 FRAC X15 X52 1. #KR
53 OUTD X51
54 SUM X56 X54
-X28
55 IN PT X55
56 IN QT X56

```

```

#-----
#          DVAL      (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----

```

```

          DVAL      X51      X9
          DVAL          X21      0.0
          DVAL          X24     -10.0
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
DPAR          #KC          0          8          12          1
DPAR          #Kv          0          13         17          1
DPAR          #KM          0          18         22          1
DPAR          #KD          0          23         27          1
DPAR          #Kf          0          28         32          1
DPAR          #Kcp         0          33         37          1
DPAR          #KR          0          38         42          1
DPAR          #KPI         0          43         47          1
DPAR          #Tv          0          48         52          1
DPAR          #TD          0          53         57          1
DPAR          #TF          0          58         62          1
DPAR          #TPI         0          63         67          1
DPAR          #RA          0          68         72          1
DPAR          #CA          0           8          12          2
DPAR          #Vfmin       0          13         17          2
DPAR          #Vfmax       0          18         22          2
DPAR          #EFdmn       0          23         27          2
DPAR          #EFDmx       0          28         32          2

```

STOP

```

#
#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MDO6

```

```

(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      PT      X1
      2 IN      VTR     X2

```

| | | | | | | |
|----|------|-------|-----|--------|--------|-----|
| 3 | DIV | X1 | X3 | | | |
| | | X2 | | | | |
| 4 | GAIN | X2 | X4 | #Kvp | | |
| 5 | SUM | -X3 | X5 | | | |
| | | X4 | | | | |
| 6 | RLAY | X5 | X6 | | | |
| | | X7 | | | | |
| | | X8 | | | | |
| 7 | CTE | | X7 | 0. | | |
| 8 | GAIN | X5 | X8 | 1. | | |
| 9 | GAIN | X6 | X9 | #KPE | | |
| 10 | GAIN | X2 | X10 | #KVT | | |
| 11 | IN | QT | X11 | | | |
| 12 | DIV | X11 | X12 | | | |
| | | X2 | | | | |
| 13 | SUM | X9 | X13 | | | |
| | | X10 | | | | |
| | | X12 | | | | |
| 14 | GAIN | X13 | X14 | #K7 | | |
| 15 | LDL2 | X14 | X15 | 1. | #T7 | #T7 |
| | | ILmin | | | | |
| | | ILmax | | | | |
| 17 | CTE | | X17 | 0.6 | | |
| 18 | SUM | X17 | X18 | | | |
| | | X15 | | | | |
| 19 | IN | VREF | X19 | | | |
| 20 | IN | VTR | X20 | | | |
| 21 | SUM | X19 | X21 | | | |
| | | -X20 | | | | |
| 22 | GAIN | X21 | X22 | 10.4 | | |
| 23 | IN | VPSS | X23 | | | |
| 24 | SUM | X23 | X24 | | | |
| | | X22 | | | | |
| | | X61 | | | | |
| 25 | GAIN | X24 | X25 | #KA | | |
| 26 | MNUS | X25 | X26 | | | |
| 27 | LDL2 | X26 | X27 | 1. | #TA | #TA |
| | | VRmin | | | | |
| | | VRmax | | | | |
| 28 | LIM | X27 | X28 | #VRmin | #VRmax | |
| 29 | MIN | X18 | X29 | | | |
| | | X28 | | | | |
| 30 | GAIN | X29 | X30 | 0.2042 | | |
| 31 | CTE | | X31 | 1.8024 | | |
| 32 | SUM | X31 | X32 | | | |
| | | X30 | | | | |
| 33 | COS | X32 | X33 | | | |
| 34 | CTE | | X34 | #Vdo | | |
| 35 | GAIN | X34 | X37 | 1.35 | | |
| 36 | IN | VTR | X36 | | | |
| 37 | MULT | X37 | X38 | | | |

| | | | | | | | |
|----|------|-------|-----|---------|---------|----|-----|
| | | X33 | | | | | |
| | | X36 | | | | | |
| 38 | LIM | X38 | X39 | #EFDMIN | #EFDMAX | | |
| 39 | OUT | X39 | EFD | | | | |
| 40 | CTE | | X40 | #IGref | | | |
| 41 | IN | IG1 | X41 | | | | |
| 42 | SUM | X40 | X42 | | | | |
| | | -X41 | | | | | |
| 43 | LDLG | X42 | X43 | #KT2 | | 1. | #TR |
| 44 | CTE | | X44 | 15. | | | |
| 45 | LIMV | X43 | X45 | | | | |
| | | X44 | | 1.0 | | | |
| | | X67 | | 1.0 | | | |
| 46 | LDL2 | X45 | X46 | -1. | | | #TG |
| | | ICmin | | | | | |
| | | A | | | | | |
| 48 | CTE | | X48 | 0. | | | |
| 49 | GAIN | X46 | X49 | 1. | | | |
| 50 | RLAY | X48 | X50 | | | | |
| | | X46 | | | | | |
| | | X49 | | | | | |
| 51 | MNUS | X42 | X51 | | | | |
| 52 | LDLG | X51 | X52 | #KT2 | | 1. | #TR |
| 53 | CTE | | X53 | -15. | | | |
| 54 | LIMV | X52 | X54 | | | | |
| | | X53 | | 1.0 | | | |
| | | X72 | | 1.0 | | | |
| 55 | LDL2 | X54 | X55 | -1. | | | #TG |
| | | B | | | | | |
| | | Icmax | | | | | |
| 57 | CTE | | X57 | 0. | | | |
| 58 | GAIN | X55 | X58 | 1. | | | |
| 59 | RLAY | X55 | X59 | | | | |
| | | X57 | | | | | |
| | | X58 | | | | | |
| 60 | SUM | X50 | X60 | | | | |
| | | X59 | | | | | |
| 61 | GAIN | X60 | X61 | #KIG | | | |
| 62 | IN | IR | X62 | | | | |
| 63 | GAIN | X62 | X63 | #KT | | | |
| 64 | CTE | | X64 | #K1 | | | |
| 65 | SUM | X64 | X65 | | | | |
| | | X63 | | | | | |
| 66 | LIM | X65 | X66 | #Igmin | 15. | | |
| 67 | SUM | X66 | X67 | | | | |
| | | -X71 | | | | | |
| 68 | CTE | | X68 | #K2 | | | |
| 69 | SUM | X63 | X69 | | | | |
| | | -X68 | | | | | |
| 70 | LIM | X69 | X70 | -15. | #Igmax | | |
| 71 | CTE | | X71 | 0.6 | | | |

72 SUM X71 X72
X70

73 CTE ILmin #ILmin
74 CTE ILmax #Ilmax
75 CTE VRmin #VRmin
76 CTE VRmax #VRmax
77 CTE ICmin #ICmin
78 CTE Icmax #Icmax
79 CTE A 15.0
80 CTE B -15.0

#-----
DVAL (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | DVAL | | X55 | #Icmax | | | | |
| | | DVAL | | X46 | #ICmin | | | | |
| | | DVAL | | X15 | #ILmax | | | | |
| | | DPAR | | | #KA | 0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #KT | 0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #K1 | 0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #K2 | 0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #KT2 | 0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #KIG | 0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #KVT | 0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #Kvp | 0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #KPE | 0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #K7 | 0 | 53 | 57 | 1 |
| | | DPAR | | | #Vdo | 0 | 58 | 62 | 1 |
| | | DPAR | | | #TA | 0 | 63 | 67 | 1 |
| | | DPAR | | | #TG | 0 | 68 | 72 | 1 |
| | | DPAR | | | #TR | 0 | 8 | 12 | 2 |
| | | DPAR | | | #T7 | 0 | 13 | 17 | 2 |
| | | DPAR | | | #VRmin | 0 | 18 | 22 | 2 |
| | | DPAR | | | #VRmax | 0 | 23 | 27 | 2 |
| | | DPAR | | | #EFDMIN | 0 | 28 | 32 | 2 |
| | | DPAR | | | #EFDMAX | 0 | 33 | 37 | 2 |
| | | DPAR | | | #Igmin | 0 | 38 | 42 | 2 |
| | | DPAR | | | #Igmax | 0 | 43 | 47 | 2 |
| | | DPAR | | | #ICmin | 0 | 48 | 52 | 2 |
| | | DPAR | | | #Icmax | 0 | 53 | 57 | 2 |
| | | DPAR | | | #ILmin | 0 | 58 | 62 | 2 |
| | | DPAR | | | #ILmax | 0 | 63 | 67 | 2 |
| | | DPAR | | | #IGref | 0 | 68 | 72 | 2 |

STOP

#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MDO7

(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN VTR X1

```

2 LDLG X1 X2 1. 1. #TQ
3 IN VREF X3
4 IN VPSS X4
5 SUM X3 X5
  -X2
  X4
6 LDLG X5 X6 #KA 1. #TA
7 LDLG X6 X7 1. #T1 1.
8 LIM X7 X8 #Lmin1 #Lmax1
9 IN VTR X9
10 MULT X9 X10
  X8
11 LIM X10 X11 #Lmin2 #Lmax2
12 OUT X11 EFD
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  DPAR #KA 0 8 12
  DPAR #TQ 0 13 17
  DPAR #TA 0 18 22
  DPAR #T1 0 23 27
  DPAR #Lmin1 0 28 32
  DPAR #Lmax1 0 33 37
  DPAR #Lmin2 0 38 42
  DPAR #Lmax2 0 43 47
STOP
#
#
#(Ncdu) (---Name---)
  DRGT MDO8
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  1 IN VTR X1
  2 LDLG X1 X2 1. 1. #TM
  3 SUM X4 X3
    -X2
  4 IN VREF X4
  5 GAIN X3 X5 #K2
  6 GAIN X3 X6 #K1
  7 LDLG X6 X7 #T1 1. #T1
  8 SUM X5 X8
    X7
  9 IN VPSS X9
10 SUM X9 X10
  X8
11 LDLG X10 X11 1. 1. #TN
12 LIM X11 X12 #Vamin #vamax
13 GAIN X12 X13 #KG
14 OUT X13 EFD
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  DPAR #K1 0 8 12
  DPAR #K2 0 13 17
  DPAR #KG 0 18 22

```

```

        DPAR          #TM          0          23          27
        DPAR          #T1          0          28          32
        DPAR          #TN          0          33          42
        DPAR          #Vamin       0          43          47
        DPAR          #vamax       0          48          52

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
        DRGT MD09
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN      VTR      X1
        2 SUM      X4       X2
                -X1
                X5
        3 SUM      X2       X3
                X13
        4 IN      VREF     X4
        5 IN      VPSS     X5
        6 LDLG    X3       X6      #KA          1.          #TA
        7 LIM     X6       X7      #Lmin1      #Lmax1
        8 LIM     X7       X8      #Lmin2      #Lmax2
        9 MULT    X10      X9
                X8
       10 IN      VTR      X10
       11 GAIN    X9       X11     #Kg
       12 OUT     X11      EFD
       13 LDLG    X14      X13          #T          1.          #T
       14 GAIN    X7       X14     #K
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        DPAR          #K          0          8          12
        DPAR          #KA         0          13          17
        DPAR          #Kg         0          18          22
        DPAR          #T          0          23          27
        DPAR          #TA         0          28          32
        DPAR          #Lmin1      0          33          37
        DPAR          #Lmax1      0          38          42
        DPAR          #Lmin2      0          43          47
        DPAR          #Lmax2      0          48          52

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
        DRGT MD10
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN      VTR      X1
        2 IN      VREF     X2
        3 IN      VPSS     X3
        4 SUM      -X1      X4
                X2
                X3

```

```

5 GAIN X4 X5 #K
6 LDLG X5 X6 1. #T1 1. #T2
7 LDLG X6 X7 1. 1. #T3
8 SUM X7 X8
-X15
9 GAIN X8 X9 #Ka
10 LDLG X9 X10 1. 1. #TA
11 LIM X10 X11 #Lmin1 #Lmax1
12 IN VTR X12
13 MULT X12 X13
X11
14 LIM X13 X14 #Lmin2 #Lmax2
15 LDLG X14 X15 #KB 1. #TB
16 GAIN X14 X16 #KG
17 OUT X16 EFD
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
DPAR #K 0 8 12
DPAR #Ka 0 13 17
DPAR #KB 0 18 22
DPAR #KG 0 23 27
DPAR #T1 0 28 32
DPAR #T2 0 33 37
DPAR #T3 0 38 42
DPAR #TA 0 43 47
DPAR #TB 0 48 52
DPAR #Lmin1 0 53 57
DPAR #Lmax1 0 58 62
DPAR #Lmin2 0 63 67
DPAR #Lmax2 0 68 72
STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MD11
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN VTR X1
2 LDLG X1 X2 1. 1. #TA
3 SUM X4 X3
-X2
X5
4 IN VREF X4
5 IN VPSS X5
6 GAIN X3 X6 #KA
7 LIM X6 X7 #Lmin1 #Lmax1
8 MAX X7 X8
X46
9 RLAY X8 X9
X13
X12
10 CTE X10 #EQmx
11 IN EQ1 X11

```

| | | | | | | |
|----|------|-------|-----|--------|--------|--------|
| 12 | SUM | -X10 | X12 | | | |
| | | X11 | | | | |
| 13 | GAIN | X12 | X13 | -30. | | |
| 14 | MULT | X19 | X14 | | | |
| | | X9 | | | | |
| 15 | IN | VTR | X15 | | | |
| 16 | VINI | X1 | X16 | | | |
| 17 | GAIN | X16 | X17 | #K | | |
| 18 | SUM | X15 | X18 | | | |
| | | -X17 | | | | |
| 19 | RLAY | X20 | X19 | | | |
| | | X21 | | | | |
| | | X18 | | | | |
| 20 | CTE | | X20 | 0. | | |
| 21 | CTE | | X21 | 1. | | |
| 22 | LDL2 | X14 | X22 | #KE | | #TE |
| | | lmin2 | | | | |
| | | Lmax2 | | | | |
| 23 | SUM | X22 | X23 | | | |
| | | X9 | | | | |
| 24 | LIM | X23 | X24 | #Vamin | | #Vamax |
| 25 | IN | VTR | X25 | | | |
| 26 | MULT | X25 | X26 | | | |
| | | X24 | | | | |
| 27 | OUT | X26 | EFD | | | |
| 28 | IN | VQ | X28 | | | |
| 29 | IN | VD | X29 | | | |
| 30 | GAIN | X28 | X30 | #B1 | | |
| 31 | GAIN | X29 | X31 | #B1 | | |
| 32 | SUM | X55 | X32 | | | |
| | | -X30 | | | | |
| 33 | SUM | X31 | X33 | | | |
| | | X56 | | | | |
| 34 | IN | ID | X34 | | | |
| 35 | IN | IQ | X35 | | | |
| 36 | SQR | X32 | X36 | | | |
| 37 | SQR | X33 | X37 | | | |
| 38 | SUM | X36 | X38 | | | |
| | | X37 | | | | |
| 39 | SQRT | X38 | X39 | | | |
| 40 | SUM | -X41 | X40 | | | |
| | | X39 | | | | |
| 41 | GAIN | X42 | X41 | #B2 | | |
| 42 | IN | VTR | X42 | | | |
| 43 | LIM | X40 | X43 | #lmin3 | | #LMax3 |
| 44 | GAIN | X43 | X44 | #K1 | | |
| 45 | SUM | X44 | X45 | | | |
| | | X48 | | | | |
| 46 | LIM | X45 | X46 | #Lmin4 | | #Lmax4 |
| (| 47 | LIM | X22 | X47 | #lmin2 | #Lmax2 |
| | 48 | RLAY | X49 | X48 | | |

```

          X50
          X51
49 CTE          X49  -1000.
50 CTE          X50   0.
51 SUM          X43   X51
          -X52
52 CTE          X52   #B3
53 CTE          lmin2 #lmin2
54 CTE          Lmax2 #Lmax2
55 STMC        X34   X55
56 STMC        X35   X56
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR          #K      0      8      12      1
      DPAR          #KA     0     13     17     1
      DPAR          #KE     0     18     22     1
      DPAR          #K1     0     23     27     1
      DPAR          #B1     0     28     32     1
      DPAR          #B2     0     33     37     1
      DPAR          #B3     0     38     42     1
      DPAR          #TA     0     43     47     1
      DPAR          #TE     0     48     52     1
      DPAR          #Vamin  0     53     57     1
      DPAR          #Vamax  0     58     62     1
      DPAR          #Lmin1  0     63     67     1
      DPAR          #Lmax1  0     68     72     1
      DPAR          #lmin2  0      8     12     2
      DPAR          #Lmax2  0     13     17     2
      DPAR          #lmin3  0     18     22     2
      DPAR          #LMax3  0     23     27     2
      DPAR          #Lmin4  0     28     32     2
      DPAR          #Lmax4  0     33     37     2
      DPAR          #Eqmx   0     43     47     2

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGT MD12
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      VTR      X1
      2 LDLG    X1      X2      1.          1.          #TQ
      3 LDLG    X1      X3          #KP      1.          #KI
      4 LIM     X3      X4      #Lmin3    #Lmax3
      5 IN     VREF     X5
      6 SUM     X5      X6
          -X2
          X4
      7 SUM     X8      X7
          X6
          -X9
      8 IN     VPSS     X8
      9 LDLG    X10     X9      1.          1.          #TF2

```

```

10 LDLG      X15      X10          #KF          1.          #TF1
11 GAIN      X7        X11      #KA
12 LDLG      X11      X12      1.          1.          #TA
13 LIM       X12      X13      #Lmin1      #Lmax1
14 SUM       -X16     X14
          X13
15 LDL2      X14      X15      1.          #KE          #TE
          Lmin2
          Lmax2
16 CST       X15      X16      #NCST
17 GAIN      X15      X17      #KG
18 OUT       X17      EFD
19 CTE              Lmin2  #Lmin2
20 CTE              Lmax2  #Lmax2
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR          #NCST      0          8          11          1
      DPAR          #KA        0          13         17          1
      DPAR          #KE        0          18         22          1
      DPAR          #KF        0          23         27          1
      DPAR          #KP        0          28         32          1
      DPAR          #KI        0          33         37          1
      DPAR          #KG        0          38         42          1
      DPAR          #TQ        0          43         47          1
      DPAR          #TA        0          48         52          1
      DPAR          #TE        0          53         57          1
      DPAR          #TF1      0          58         62          1
      DPAR          #TF2      0          63         67          1
      DPAR          #Lmin1    0          8          12          2
      DPAR          #Lmax1    0          13         17          2
      DPAR          #Lmin2    0          18         22          2
      DPAR          #Lmax2    0          23         27          2
      DPAR          #Lmin3    0          28         32          2
      DPAR          #Lmax3    0          33         37          2
(      DPAR          #Limita  68         38         38          2
STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGT MD13
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN          VTR      X1
      2 LDLG      X1        X2      1.          1.          #TM
      3 SUM       X4        X3
          -X2
          -X11
      4 IN          VREF     X4
      5 GAIN      X3        X5      #KA
      6 LDLG      X5        X6      1.          #TA          1.
      7 LIM       X6        X7      #Lmin      #Lmax
      8 SUM       -X10     X8
          X7

```

| | | | | | | | | | |
|--|----|------|----|-----|-------|-----|-----|-----|--|
| | 9 | LDLG | X8 | X9 | 1. | #KE | #TE | | |
| | 10 | CST | X9 | X10 | #NCST | | | | |
| | 11 | LDLG | X9 | X11 | | #KF | 1. | #TF | |
| | 12 | OUT | X9 | EFD | | | | | |

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | DPAR | | | #NCST | 0 | 8 | 11 | 1 |
| | | DPAR | | | #KA | 0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #KE | 0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #KF | 0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #TM | 0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #TA | 0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #TE | 0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #TF | 0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | 0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0 | 53 | 57 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MD14

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | VREF | X1 | | | | | |
| | 2 | IN | VTR | X2 | | | | | |
| | 3 | IN | VPSS | X3 | | | | | |
| | 4 | SUM | X1 | X4 | | | | | |
| | | | -X2 | | | | | | |
| | | | X3 | | | | | | |
| | 5 | GAIN | X4 | X5 | #KA | | | | |
| | 6 | LIMV | X5 | X6 | | | | | |
| | | | X11 | | | | | | |
| | | | X22 | | | | | | |
| | 9 | IN | VTR | X9 | | | | | |
| | 10 | CTE | | X10 | #Lmin | | | | |
| | 11 | MULT | X9 | X11 | | | | | |
| | | | X10 | | | | | | |
| | 19 | OUT | X6 | EFD | | | | | |
| | 20 | IN | VTR | X20 | | | | | |
| | 21 | CTE | | X21 | #Lmax | | | | |
| | 22 | MULT | X20 | X22 | | | | | |
| | | | X21 | | | | | | |

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | DPAR | | | #KA | 294.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | -5.55 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 5.53 | 18 | 22 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MD15

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | VTR | X1 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|----|------|------|-----|--------|--------------------|------|-----|
| | 2 | LDLG | X1 | X2 | 1. | | 1. | #T |
| | 3 | SUM | X4 | X3 | | | | |
| | | | -X2 | | | | | |
| | | | -X5 | | | | | |
| | 4 | IN | VREF | X4 | | | | |
| | 5 | LDLG | X42 | X5 | 1. | #TE | 1. | #TA |
| | 6 | GAIN | X3 | X6 | #KA | | | |
| | 7 | SUM | -X15 | X7 | | | | |
| | | | X6 | | | | | |
| | 8 | LIM | X7 | X8 | 0. | #VAm _{ax} | | |
| | 9 | SUM | -X12 | X9 | | | | |
| | | | X8 | | | | | |
| | | | X16 | | | | | |
| | 10 | FRAC | X9 | X10 | 1. | | #TQ | |
| | 11 | SUM | X10 | X11 | | | | |
| | | | X34 | | | | | |
| | 12 | LDL2 | X11 | X12 | 1. | | | 1. |
| | | | a | | | | | |
| | | | b | | | | | |
| (| 13 | LIM | X12 | X13 | 0. | 7.301 | | |
| | 14 | SUM | X12 | X14 | | | | |
| | | | -X28 | | | | | |
| | 15 | GAIN | X12 | X15 | #KQ1 | | | |
| | 16 | GAIN | X17 | X16 | #KP | | | |
| | 17 | SUM | X22 | X17 | | | | |
| | | | -X26 | | | | | |
| | 18 | SUM | -X12 | X18 | | | | |
| | | | X7 | | | | | |
| | 19 | GAIN | X18 | X19 | #KP | | | |
| | 20 | SUM | -X6 | X20 | | | | |
| | | | -X40 | | | | | |
| | 21 | GAIN | X20 | X21 | 0.6763 | | | |
| | 22 | LIM | X21 | X22 | 0. | #VAm _{in} | | |
| | 23 | SUM | X19 | X23 | | | | |
| | | | X22 | | | | | |
| | | | -X26 | | | | | |
| | 24 | FRAC | X23 | X24 | 1. | | #TSE | |
| | 25 | SUM | X39 | X25 | | | | |
| | | | X24 | | | | | |
| | 26 | LDL2 | X25 | X26 | 1. | | | 1. |
| | | | a | | | | | |
| | | | c | | | | | |
| (| 27 | LIM | X26 | X27 | 0. | 11.266 | | |
| | 28 | FRAC | X26 | X28 | #TSE | | #TQ | |
| | 29 | OUT | X14 | EFD | | | | |
| | 30 | RLAY | X31 | X30 | | | | |
| | | | X32 | | | | | |
| | | | X26 | | | | | |
| | 31 | CTE | | X31 | -1. | | | |
| | 32 | CTE | | X32 | 1. | | | |
| | 33 | MULT | X10 | X33 | | | | |

```

          X30
34 GAIN   X33   X34   #KI
35 RLAY   X36   X35
          X37
          X12
36 CTE    X36   -1.
37 CTE    X37   1.
38 MULT   X35   X38
          X24
39 GAIN   X38   X39   #KI
40 GAIN   X26   X40   #KQ2
42 GAIN   X14   X42   #us
43 CTE    a     #a
44 CTE    b     #b
45 CTE    c     #c
#-----
#          DVAL   (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----
          DVAL   X14   X7
          DVAL   X28   0.0
#Flag   (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
          DPAR   #KA    0.0    8     12    1
          DPAR   #KQ1   0.0    13    17    1
          DPAR   #KQ2   0.0    18    22    1
          DPAR   #KP    0.0    23    27    1
          DPAR   #KI    0.0    28    32    1
          DPAR   #us    0.0    33    37    1
          DPAR   #T     0.0    38    42    1
          DPAR   #TA    0.0    43    47    1
          DPAR   #TE    0.0    48    52    1
          DPAR   #TQ    0.0    53    57    1
          DPAR   #TSE   0.0    58    62    1
          DPAR   #VAmin 0.0    63    67    1
          DPAR   #VAmx  0.0    68    72    1
          DPAR   #a     0.0
          DPAR   #b     7.301
          DPAR   #c     11.266

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
          DRGT MD16
(
#Flag   (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
          1 IN    VREF   X1
          2 IN    VTR    X2
          3 SUM   X1     X3
          -X2
          4 GAIN  X3     X4   #KR
          5 SUM   X4     X5
          -X13

```

```

        6 LDLG      X5      X6      #KA              1.          #TA
        7 IN        VPSS    X7
        8 SUM       X7      X8
                X6
        9 GAIN      X8      X9      #KX
       10 LIM       X9      X11     -8.7          8.7
       11 GAIN      X11     X14     #KF
       12 LDLG      X14     X12     #TF          1.          #TF
       13 LIM       X12     X13     -1.          1.
       14 SUM       X11     X20
                -X19
       15 LDLG      X20     X15     10.87        1.          #T
       16 LIM       X15     X16     -4.634       3.972
       17 IN        VTR     X17
       18 MULT      X17     X18
                X16
       19 GAIN      X18     X19     2.153
       20 OUT       X18     EFD
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        DPAR              #KR      0          8          12          1
        DPAR              #KA      0          13         17          1
        DPAR              #KF      0          18         22          1
        DPAR              #KX      0          23         27          1
        DPAR              #T       0          28         32          1
        DPAR              #TA      0          33         37          1
        DPAR              #TF      0          38         42          1
STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
        DRGT MD17
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN        WW      X1
        2 LDLG      X86     X2      1.          1.          #TF
        3 SUM       X4      X3
                X2
        4 CTE              X4      #KQ2
        5 LIM       X3      X5      0.          #KQ1
        6 SUM       -X12    X6
                X5
        7 SUM       X13     X7
                -X14
        8 SUM       X6      X8
                X7
                X10
        9 DIV       X15     X9
                X16
       10 GAIN      X9      X10     #KQ
       11 GAIN      X8      X11     #KA
       12 CTE              X12    #KQ1
       13 IN        VREF    X13

```

| | | | | | | | |
|----|------|------|-----|--------|------|----|-------|
| 14 | IN | VTR | X14 | | | | |
| 15 | SUM | X91 | X15 | | | | |
| | | -X82 | | | | | |
| 16 | IN | VTR | X16 | | | | |
| 19 | LDLG | X11 | X19 | 1. | #TE | 1. | #TA |
| 20 | GAIN | X23 | X20 | #Vo | | | |
| 21 | IN | EQ1 | X21 | | | | |
| 22 | CTE | | X22 | #KP | | | |
| 23 | SUM | X22 | X23 | | | | |
| | | -X21 | | | | | |
| 24 | SUM | -X30 | X24 | | | | |
| | | X20 | | | | | |
| 25 | MAX | X24 | X25 | | | | |
| | | X27 | | | | | |
| 26 | SUM | X19 | X26 | | | | |
| | | X28 | | | | | |
| 27 | LIM | X26 | X27 | -4.9 | 5.3 | | |
| 28 | CTE | | X28 | 0.5413 | | | |
| 29 | MIN | X25 | X29 | | | | |
| | | X44 | | | | | |
| 30 | CTE | | X30 | 0.57 | | | |
| 31 | SUM | X32 | X31 | | | | |
| | | X29 | | | | | |
| | | -X33 | | | | | |
| 32 | IN | VPSS | X32 | | | | |
| 33 | CTE | | X33 | 0.5413 | | | |
| 34 | GAIN | X31 | X34 | 2.18 | | | |
| 35 | LIMV | X34 | X35 | | | | |
| | | X37 | | 1.0 | | | |
| | | X36 | | 1.0 | | | |
| 36 | MULT | X39 | X36 | | | | |
| | | X42 | | | | | |
| 37 | MULT | X41 | X37 | | | | |
| | | X43 | | | | | |
| 38 | OUT | X35 | EFD | | | | |
| 39 | IN | VTR | X39 | | | | |
| 41 | IN | VTR | X41 | | | | |
| 42 | CTE | | X42 | #Lmax | | | |
| 43 | CTE | | X43 | #Lmin | | | |
| 44 | SUM | X45 | X44 | | | | |
| | | X46 | | | | | |
| 45 | CTE | | X45 | 0.57 | | | |
| 46 | LIM | X47 | X46 | 0.81 | 8.13 | | |
| 47 | LDLG | X48 | X47 | 1. | #T1 | 1. | #T2 |
| 48 | GAIN | X49 | X48 | #Ko | | | |
| 49 | SUM | -X52 | X49 | | | | |
| | | X51 | | | | | |
| | | X50 | | | | | |
| 50 | GAIN | X64 | X50 | #KG | | | |
| 51 | GAIN | X53 | X51 | #B2 | | | |
| 52 | LDLG | X61 | X52 | 1. | | 1. | 0.047 |

| | | | | | | | |
|---|---------|------|-----|--------|-------|----|------|
| | 53 LIM | X84 | X53 | #EITH | #EIPL | | |
| | 55 GAIN | X56 | X55 | 2.216 | | | |
| | 56 SUM | X57 | X56 | | | | |
| | | X58 | | | | | |
| | | X63 | | | | | |
| | 57 CTE | | X57 | 0.15 | | | |
| | 58 RLAY | X59 | X58 | | | | |
| | | X62 | | | | | |
| | | X83 | | | | | |
| | 59 SUM | -X61 | X59 | | | | |
| | | X60 | | | | | |
| | 60 CTE | | X60 | #EITH | | | |
| | 61 IN | EQ1 | X61 | | | | |
| | 62 CTE | | X62 | 27.68 | | | |
| | 63 GAIN | X72 | X63 | #B3 | | | |
| | 64 RLAY | X65 | X64 | | | | |
| | | X66 | | | | | |
| | | X67 | | | | | |
| | 65 CTE | | X65 | #EIPL | | | |
| | 66 CTE | | X66 | #EITH | | | |
| | 67 SUM | -X68 | X67 | | | | |
| | | X69 | | | | | |
| | 68 CTE | | X68 | 1.99 | | | |
| | 69 LDL2 | X70 | X69 | 1. | | | 1. |
| | | c | | | | | |
| | | d | | | | | |
| | 70 SUM | -X72 | X70 | | | | |
| | | X71 | | | | | |
| | 71 CTE | | X71 | 1. | | | |
| | 72 RLAY | X74 | X72 | | | | |
| | | X75 | | | | | |
| | | X73 | | | | | |
| | 73 SUM | X78 | X73 | | | | |
| | | X76 | | | | | |
| | 74 CTE | | X74 | 10000. | | | |
| | 75 CTE | | X75 | 0. | | | |
| | 76 CTE | | X76 | 5.5 | | | |
| | 77 IN | VTR | X77 | | | | |
| | 78 LDLG | X77 | X78 | | 0.25 | 1. | 0.01 |
| (| 79 LIM | X84 | X79 | -0.33 | 7.84 | | |
| (| 80 LIM | X69 | X80 | 0. | 2. | | |
| | 81 IN | QT | QT | | | | |
| | 82 VINI | X91 | X82 | | | | |
| | 83 GAIN | X59 | X83 | 1. | | | |
| | 84 LDL2 | X55 | X84 | 1. | | | 1. |
| | | a | | | | | |
| | | b | | | | | |
| | 86 LINE | X1 | X86 | 1. | -1. | | |
| | 87 CTE | | a | #a | | | |
| | 88 CTE | | b | #b | | | |
| | 89 CTE | | c | #c | | | |

```

          90 CTE          d      #d
          91 STMC      QT      X91
#-----#
#          DVAL      (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----#
          DVAL          X69      2.0
          DVAL          X84      7.84
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
          DPAR          #KQ          0.0          8          12          1
          DPAR          #KQ1         0.0          13          17          1
          DPAR          #KQ2         0.0          18          22          1
          DPAR          #KA          0.0          23          27          1
          DPAR          #KP          0.0          28          32          1
          DPAR          #Ko         0.0          33          37          1
          DPAR          #KG          0.0          38          42          1
          DPAR          #B2          0.0          43          47          1
          DPAR          #B3          0.0          48          52          1
          DPAR          #Vo          0.0          53          57          1
          DPAR          #TF          0.0          58          62          1
          DPAR          #TE          0.0          63          67          1
          DPAR          #TA          0.0          68          72          1
          DPAR          #T1          0.0           8          12          2
          DPAR          #T2          0.0          13          17          2
          DPAR          #Lmin        0.0          18          22          2
          DPAR          #Lmax        0.0          23          27          2
          DPAR          #EITH        0.0          28          32          2
          DPAR          #EIPL        0.0          33          37          2
          DPAR          #a          -0.33
          DPAR          #b          7.84
          DPAR          #c          0.0
          DPAR          #d          2.0

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
          DRGT MD18
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
          1 IN      VTR      X1
          2 IN      VREF     X2
          3 OUT     X9       EFD
          4 LDLG   X22      X4          #u          1.          #u
          5 LDLG   X20      X5          #KP         1.          #KP
          6 LDLG   X12      X6          1.          1.          #TA
          9 LDL2   X15      X9          1.          #KE         #TE
          Lmin
          Lmax
          11 LDLG  X21      X11         #KI         1.          #KI
          12 GAIN  X14      X12      #KA
          13 SUM   X2       X13
          -X1
          -X11

```

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 14 | SUM | -X4 | X14 | | | | | |
| | | | X13 | | | | | | |
| | | | -X5 | | | | | | |
| | 15 | SUM | -X16 | X15 | | | | | |
| | | | X19 | | | | | | |
| | 16 | CST | X9 | X16 | #NCST | | | | |
| | 17 | LDLG | X6 | X17 | 1. | 1. | | #TA | |
| | 18 | LDLG | X17 | X18 | 1. | 1. | | #TSE | |
| | 19 | LDLG | X18 | X19 | 1. | 1. | | #TQ | |
| | 20 | GAIN | X19 | X20 | #KQ1 | | | | |
| | 21 | GAIN | X9 | X21 | #KQ2 | | | | |
| | 22 | GAIN | X17 | X22 | #KG | | | | |
| | 23 | CTE | | Lmin | #Lmin | | | | |
| | 24 | CTE | | Lmax | #Lmax | | | | |
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | | #NCST | 0 | 8 | 11 | 1 |
| | | DPAR | | | #KA | 0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #KE | 0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #KG | 0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #u | 0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #KP | 0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #KI | 0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #KQ1 | 0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #KQ2 | 0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #TA | 0 | 53 | 57 | 1 |
| | | DPAR | | | #TSE | 0 | 58 | 62 | 1 |
| | | DPAR | | | #TQ | 0 | 63 | 67 | 1 |
| | | DPAR | | | #TE | 0 | 68 | 72 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | 0 | 8 | 12 | 2 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0 | 13 | 17 | 2 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MD19

(

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | 1 | IN | VREF | X1 | | | | | |
| | 2 | IN | VTR | X2 | | | | | |
| | 3 | OUT | X11 | EFD | | | | | |
| | 4 | LDL2 | X9 | X4 | 1. | | 1. | | #TA1 |
| | | | Lmin1 | | | | | | |
| | | | Lmax1 | | | | | | |
| | 5 | LDLG | X4 | X5 | 1. | | 1. | | #TE1 |
| | 6 | LDLG | X11 | X6 | | #KR1 | 1. | | #TR1 |
| | 7 | GAIN | X12 | X7 | #K1 | | | | |
| | 8 | GAIN | X12 | X8 | #K2 | | | | |
| | 9 | SUM | -X6 | X9 | | | | | |
| | | | X7 | | | | | | |
| | 10 | SUM | X8 | X10 | | | | | |
| | | | -X16 | | | | | | |
| | 11 | SUM | X5 | X11 | | | | | |

```

          X14
12 SUM   X1    X12
          -X2
13 LDL2  X10   X13   1.          1.          #TA2
          Lmin2
          Lmax2
14 LDLG  X13   X14   1.          1.          #TE2
16 LDLG  X11   X16           #KR2   1.          #TR2
( 17 LIM  X4    X17   #Lmin1   #Lmax1
( 18 LIM  X13   X18   #Lmin2   #Lmax2
17 CTE           Lmin1 #Lmin1
18 CTE           Lmax1 #Lmax1
19 CTE           Lmin2 #Lmin2
20 CTE           Lmax2 #Lmax2

```

```

#-----
#          DVAL      (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----

```

```

          DVAL          X13   #Lmax2
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
          DPAR          #K1      0      8      12      1
          DPAR          #TA1      0      13     17      1
          DPAR          #Lmin1     0      18     22      1
          DPAR          #Lmax1     0      23     27      1
          DPAR          #TE1      0      28     32      1
          DPAR          #K2      0      33     37      1
          DPAR          #TA2      0      38     42      1
          DPAR          #Lmin2     0      43     47      1
          DPAR          #Lmax2     0      48     52      1
          DPAR          #TE2      0      53     57      1
          DPAR          #KR1      0      8      12      2
          DPAR          #TR1      0      13     17      2
          DPAR          #KR2      0      18     22      2
          DPAR          #TR2      0      23     27      2

```

STOP

```

#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MD20

```

```

(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  1 IN      VTR    X1
  2 LDLG    X1     X2   1.          1.          #TM
  3 LDLG    X2     X3   1.          1.          #TM
  4 SUM     X10    X4
          -X3
          X11
  5 GAIN    X4     X5   #KA
  6 LDLG    X5     X6   1.          #T1   1.          #T2
  7 LDLG    X6     X7   1.          #T3   1.          #T4
  8 LIM     X7     X8   #Lmin   #Lmax
  9 OUT     X8     EFD

```

```

10 IN      VREF  X10
11 IN      VPSS  X11
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR      #TM      0      8      12      1
      DPAR      #KA      0      13     17      1
      DPAR      #T1      0      18     22      1
      DPAR      #T2      0      23     27      1
      DPAR      #T3      0      28     32      1
      DPAR      #T4      0      33     37      1
      DPAR      #Lmin    0      38     42      1
      DPAR      #Lmax    0      43     47      1

```

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGT MD21

(

```

#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      VTR      X1
      2 IN      VREF     X2
      3 SUM      X2      X3
      -X1
      -X9
      4 LDLG     X3      X4      #K      1.      #T
      5 SUM      -X12    X5
      X10
      6 LDL2     X5      X6      #KE     1.      #TE
      Lmin2
      Lmax2
      8 OUT      X6      EFD
      9 LDLG     X6      X9      #KF     1.      #TF
     10 LIM      X4      X10     #lmin1  #Lmax1
      11 LIM      X6      X11     #Lmin2  #Lmax2
      12 EXP      X11     X12     #P1     #P2
      12 CST      X6      X12     #NCST
      13 CTE      Lmin2   #Lmin2
      14 CTE      Lmax2   #Lmax2

```

```

#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR      #NCST    0      8      11      1
      DPAR      #K      0      13     17      1
      DPAR      #KE     0      18     22      1
      DPAR      #KF     0      23     27      1
      DPAR      #T      0      28     32      1
      DPAR      #TE     0      33     37      1
      DPAR      #TF     0      38     42      1
      DPAR      #lmin1  0      43     47      1
      DPAR      #Lmax1  0      48     52      1
      DPAR      #Lmin2  0      53     57      1
      DPAR      #Lmax2  0      58     62      1
      DPAR      #P1     0.00011
      DPAR      #P2     4.147

```

```

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DRGTMD22
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN VTR X1
2 IN VREF X2
3 IN VPSS X3
4 SUM X2 X4
-X1
X3
5 SUM X4 X5
-X7
6 LDLG X5 X6 #K1 1. #T1
7 LDLG X6 X7 #KF 1. #TF
8 LDLG X1 X8 1. 1. #T2
9 SUM -X8 X9
X6
10 GAIN X9 X10 #K2
11 LIMV X10 X11
X16
X14
12 OUT X11 EFD
13 CTE X13 #LMax
14 MULT X1 X14
X13
15 CTE X15 #Lmin
16 MULT X1 X16
X15
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
DPAR #K1 0 8 12 1
DPAR #K2 0 13 17 1
DPAR #KF 0 18 22 1
DPAR #T1 0 23 27 1
DPAR #T2 0 28 32 1
DPAR #TF 0 33 37 1
DPAR #Lmin 0 38 42 1
DPAR #LMax 0 43 47 1

```

```

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DRGT MD23
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN VTR VTR
2 VINI VTR X2
3 IN VREF X3
4 OUT X9 EFD
5 LIM X11 X5 #Lmin1 #Lmax1
6 LIM X12 X6 #Lmin2 #Lmax2

```

```

7 GAIN X15 X7 #K1
8 LDLG X13 X8 1. #T1
9 LDLG X8 X9 #K2 1. #T2
10 LDLG X9 X10 #KF 1. #TF
11 SUM X2 X11
    -VTR
12 SUM X5 X12
    -X10
13 SUM X3 X13
    -X7
    X6
15 POW X6 X15 3.
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
    DPAR #K1 0 8 12 1
    DPAR #K2 0 13 17 1
    DPAR #KF 0 18 22 1
    DPAR #T1 0 23 27 1
    DPAR #T2 0 28 32 1
    DPAR #TF 0 33 37 1
    DPAR #Lmin1 0 38 42 1
    DPAR #Lmax1 0 43 47 1
    DPAR #Lmin2 0 48 52 1
    DPAR #Lmax2 0 53 57 1

```

STOP

```

(#
(#(Ncdu) (---Name---)
( DRGT MD24
((
(#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
( 1 IN EQ1 X1
( 2 SUM X1 X2
( -Eqref
( 3 CTE Eqref #Eqref
( 4 LIM X2 X4
( 5 LDLG X4 X5 1. 1.
( 6 SUM X5 X6
( X7
( 7 CTE X7 #B2
( 8 RLAY X9 X8
( X10
( X6
( 9 CTE X9 0.
( 10 CTE X10 1.
( 11 GAIN X4 X11 #B1
( 12 MULT X8 X12
( X11
( 13 IN VTR X13
( 14 LDLG X13 X14 1. 1. #TQ
( 15 SUM X16 X15
( -X14

```


B.2 DEST

```

=====
# User Defined Control Data
=====
DUDT
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DEST MDO1
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      WW      X1
      2 LDLG   X8      X2          #K      1.      #T
      3 LDLG   X2      X3      1.      #T1     1.      #T2
      4 LDLG   X3      X4      1.      #T3     1.      #T4
      5 LIM    X4      X5      #Lmin   #Lmax
      6 OUT    X5      VPSS
      7 CTE                X7      1.
      8 SUM    X1      X8
          -X7
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR                #K      0.01    8      12     1
      DPAR                #T      3.0     13     17     1
      DPAR                #T1     1.0     18     22     1
      DPAR                #T2     0.05    23     27     1
      DPAR                #T3     1.0     28     32     1
      DPAR                #T4     0.05    33     37     1
      DPAR                #Lmin    0       38     42     1
      DPAR                #Lmax    0       43     47     1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DEST MDO2
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      Pt      X1
      2 STMC   X1      X2
      3 MNUS   X2      X3
      4 LDLG   X3      X4          #K      1.      #T
      5 LDLG   X4      X5          #K      1.      #T
      6 LDLG   X5      X6          #K      1.      #T
      7 LDLG   X6      X7          #K1     1.      #T1
      8 GAIN   X6      X8      #K3
      9 SUM    X7      X9
          X8
     10 GAIN   X9      X10     #K2
     11 LDLG   X10     X11     1.      1.      #T2
     12 GAIN   X11     X12     #K2
     13 LDLG   X12     X13     1.      1.      #T2
     14 LIM    X13     X14     #Lmin   #Lmax

```

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 15 | OUT | X14 | VPSS | | | | | |
| | | DPAR | | | #K | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #K1 | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #K2 | 0.0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #K3 | 0.0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #T | 0.0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #T1 | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #T2 | 0.0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | 0.0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0.0 | 48 | 52 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DEST MDO3

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | PT | PT | | | | | |
| | 2 | STMC | PT | Pe | | | | | |
| | 3 | MNUS | Pe | X3 | | | | | |
| | 4 | GAIN | X3 | X4 | #KP | | | | |
| | 5 | LIM | X4 | X5 | #Lmin1 | #Lmax1 | | | |
| | 6 | GAIN | X5 | X6 | #K1 | | | | |
| | 7 | CTE | | X7 | #Vdmin | | | | |
| | 8 | SUM | -X7 | X8 | | | | | |
| | | | X6 | | | | | | |
| | 9 | CTE | | X9 | 1. | | | | |
| | 10 | CTE | | X10 | 0. | | | | |
| | 11 | RLAY | X9 | X11 | | | | | |
| | | | X10 | | | | | | |
| | | | X8 | | | | | | |
| | 12 | MULT | X11 | X12 | | | | | |
| | | | X8 | | | | | | |
| | 13 | CTE | | X13 | #Vdmax | | | | |
| | 14 | SUM | X6 | X14 | | | | | |
| | | | -X13 | | | | | | |
| | 15 | CTE | | X15 | 0. | | | | |
| | 16 | CTE | | X16 | 1. | | | | |
| | 17 | RLAY | X15 | X17 | | | | | |
| | | | X16 | | | | | | |
| | | | X14 | | | | | | |
| | 18 | MULT | X17 | X18 | | | | | |
| | | | X14 | | | | | | |
| | 19 | SUM | X12 | X19 | | | | | |
| | | | X18 | | | | | | |
| | 20 | LDLG | X19 | X20 | #K2 | | 1. | #T2 | |
| | 21 | GAIN | X20 | X21 | #K3 | | | | |
| | 22 | LDLG | X21 | X22 | | #T3 | 1. | #T3 | |
| | 23 | GAIN | X22 | X23 | #K4 | | | | |
| | 24 | LIM | X23 | X24 | #Lmin2 | #Lmax2 | | | |
| | 25 | OUT | X24 | VPSS | | | | | |

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | DPAR | | | #KP | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #K1 | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #K2 | 0.0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #K3 | 0.0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #K4 | 0.0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #T2 | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #T3 | 0.0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin1 | 0.0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax1 | 0.0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #Vdmin | 0.0 | 53 | 57 | 1 |
| | | DPAR | | | #Vdmax | 0.0 | 58 | 62 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin2 | 0.0 | 63 | 67 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax2 | 0.0 | 68 | 72 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DEST MDO4

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | PT | PT | | | | | |
| | 2 | STMC | PT | X2 | | | | | |
| | 3 | SUM | X4 | X3 | | | | | |
| | | | | -X2 | | | | | |
| | 4 | IN | PMEC | X4 | | | | | |
| | 5 | VINI | X2 | X5 | | | | | |
| | 6 | SUM | X2 | X6 | | | | | |
| | | | | -X5 | | | | | |
| | 8 | CTE | | X8 | #K4 | | | | |
| | 9 | POL3 | X6 | X9 | | | | #K3 | |
| | | | | | 1. | #K32 | #K31 | #K3 | |
| | 10 | SUM | X5 | X10 | | | | | |
| | | | | X9 | | | | | |
| | | | | -X8 | | | | | |
| | 11 | GAIN | X10 | X11 | #K5 | | | | |
| | 12 | LIM | X11 | X12 | #Lmin1 | #Lmax1 | | | |
| | 13 | MULT | X3 | X13 | | | | | |
| | | | | X12 | | | | | |
| | 14 | LDLG | X13 | X14 | 1. | | 1. | #T1 | |
| | 15 | LDLG | X14 | X15 | 1. | #T2 | 1. | #T3 | |
| | 16 | LDLG | X15 | X16 | 1. | #T4 | 1. | #T5 | |
| | 17 | LDLG | X16 | X17 | 1. | | 1. | #T6 | |
| | 18 | LDLG | X17 | X18 | | #K | 1. | #T | |
| | 19 | LIM | X18 | X19 | #Lmin2 | #Lmax2 | | | |
| | 20 | OUT | X19 | VPSS | | | | | |

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | *PAR | | | #K32 | #K3 | #K2 | | |
| | | *PAR | | | #K31 | #K3 | #K1 | | |
| | | DPAR | | | #K | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #K1 | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #K2 | 0.0 | 18 | 22 | 1 |

| | | | | | |
|------|--------|-----|----|----|---|
| DPAR | #K3 | 0.0 | 23 | 27 | 1 |
| DPAR | #K4 | 0.0 | 28 | 32 | 1 |
| DPAR | #K5 | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| DPAR | #T | 0.0 | 38 | 42 | 1 |
| DPAR | #T1 | 0.0 | 43 | 47 | 1 |
| DPAR | #T2 | 0.0 | 48 | 52 | 1 |
| DPAR | #T3 | 0.0 | 53 | 57 | 1 |
| DPAR | #T4 | 0.0 | 58 | 62 | 1 |
| DPAR | #T5 | 0.0 | 63 | 67 | 1 |
| DPAR | #T6 | 0.0 | 68 | 72 | 1 |
| DPAR | #Lmin1 | 0.0 | 8 | 12 | 2 |
| DPAR | #Lmax1 | 0.0 | 13 | 17 | 2 |
| DPAR | #Lmin2 | 0.0 | 18 | 22 | 2 |
| DPAR | #Lmax2 | 0.0 | 23 | 27 | 2 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DEST MDO5

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | PT | X1 | | | | | |
| | 2 | STMC | X1 | X2 | | | | | |
| | 3 | LDLG | X2 | X3 | | #T1 | 1. | #T1 | |
| | 4 | GAIN | X3 | X4 | #KI | | | | |
| | 5 | LDLG | X4 | X5 | 1. | | 1. | #TI | |
| | 6 | IN | WW | X6 | | | | | |
| | 7 | CTE | | X7 | 1. | | | | |
| | 8 | SUM | X6 | X8 | | | | | |
| | | | -X7 | | | | | | |
| | 9 | LDLG | X8 | X9 | | #T2 | 1. | #T2 | |
| | 10 | GAIN | X9 | X10 | #KP | | | | |
| | 11 | LDLG | X10 | X11 | 1. | | 1. | #TP | |
| | 12 | CTE | | X12 | #Ao | | | | |
| | 13 | GAIN | X8 | X13 | #A2 | | | | |
| | 14 | GAIN | X2 | X14 | #A1 | | | | |
| | 15 | SUM | X12 | X15 | | | | | |
| | | | X13 | | | | | | |
| | | | X14 | | | | | | |
| | 16 | SUM | X5 | X16 | | | | | |
| | | | X11 | | | | | | |
| | 17 | LIM | X16 | X17 | #Lmin | #Lmax | | | |
| | 18 | GAIN | X17 | X18 | #Ks | | | | |
| | 19 | CTE | | X19 | 0. | | | | |
| | 20 | RLAY | X18 | X20 | | | | | |
| | | | X19 | | | | | | |
| | | | X15 | | | | | | |
| | 21 | OUT | X20 | VPSS | | | | | |
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | | #KI | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #KP | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #Ks | 0.0 | 18 | 22 | 1 |

```

        DPAR          #T1          0.0          23          27          1
        DPAR          #T2          0.0          28          32          1
        DPAR          #TI          0.0          33          37          1
        DPAR          #TP          0.0          38          42          1
        DPAR          #Ao          0.0          43          47          1
        DPAR          #A1          0.0          48          52          1
        DPAR          #A2          0.0          53          57          1
        DPAR          #Lmin        0.0          58          62          1
        DPAR          #Lmax        0.0          63          67          1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      6 Mod6Est
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1  IN   PT    Pt      #K          1.          #T
      2  STMC Pt    X2
      3  LDLG X2    X3      #K          1.          #T
      4  POL2 X3    X4      1.0         0.0         #wn2
      4  POL2 X3    X4      1.0         #zwn        #wn
      5  LDLG X4    X5      #T2         1.          #T2
      6  LDLG X5    X6      1.          1.          #T4
      7  GAIN X5    X7      #K4
      8  LDLG X6    X8      #K3         1.          #T3
      9  LDLG X7    X9      1.          #T5         1.          #T
     10  SUM  X8    X10
      10  SUM  X8    X9
     11  GAIN X10   X11   #K5
     12  LIM  X11   X12   #Lmin       #Lmax
     13  GAIN X12   X13   -1.
     14  OUT  X13   VPSS
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      *PAR          #wn2          #wn          #wn
      *PAR          #zwn          #z           #wn
      DPAR          #K          0.0          8           12          1
      DPAR          #K3         0.0          13          17          1
      DPAR          #K4         0.0          18          22          1
      DPAR          #K5         0.0          23          27          1
      DPAR          #wn         0.0          28          32          1
      DPAR          #z          0.0          33          37          1
      DPAR          #T          0.0          38          42          1
      DPAR          #T2         0.0          43          47          1
      DPAR          #T3         0.0          48          52          1
      DPAR          #T4         0.0          53          57          1
      DPAR          #T5         0.0          58          62          1
      DPAR          #Lmin        0.0          63          67          1
      DPAR          #Lmax        0.0          68          72          1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)

```

```

DEST MDO7
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  1 IN      PT      PT
  2 STMC    PT      X2
  3 MNUS    X2      X3
  4 LDLG    X3      X4          #T1      1.      #T1
  5 LDLG    X4      X5      #KP      1.      #T2
  6 LDLG    X5      X6      1.      #T3      1.      #T4
  7 LIM     X6      X7      #VEmin  #VEmax
  8 OUT     X7      VPSS
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  DPAR          #KP      0.0      8      12      1
  DPAR          #T1      0.0      13     17      1
  DPAR          #T2      0.0      18     22      1
  DPAR          #T3      0.0      23     27      1
  DPAR          #T4      0.0      28     32      1
  DPAR          #VEmin  0.0      43     47      1
  DPAR          #VEmax  0.0      48     52      1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DEST MDO8
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
  1 IN      WW      X1
  2 CTE     X2      X2      1.
  3 SUM     X1      X3
          -X2
  4 LDLG    X3      X4          #T3      1.      #T3
  5 GAIN    X4      X5      #KW
  6 LDLG    X5      X6          #T4      1.      #T4
  7 IN      PT      PT
  8 STMC    PT      X8
  9 LDLG    X8      X9          #T3      1.      #T3
 10 GAIN    X9      X10     #KP
 11 LDLG    X10     X11     #T4      1.      #T4
 12 SUM     X6      X12
          X11
 13 LDLG    X12     X13     1.      1.      #T5
 14 LDLG    X13     X14     #TF      1.      #TF
 15 LDLG    X14     X15     2.      1.      #TF
 16 SUM     X13     X16
          -X15
          -X11
 17 LDLG    X16     X17     1.      #T1      1.      #T2
 18 LDLG    X17     X18     1.      #T1      1.      #T2
 19 GAIN    X18     X19     #K
 20 LIM     X19     X20     #-dv     #dv
 21 OUT     X20     VPSS
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)

```

```

                DPAR                #KW                0.0                8                12                1
                DPAR                #KP                0.0                13                17                1
                DPAR                #K                 0.0                18                22                1
                DPAR                #T1               0.0                23                27                1
                DPAR                #T2               0.0                28                32                1
                DPAR                #T3               0.0                33                37                1
                DPAR                #T4               0.0                38                42                1
                DPAR                #T5               0.0                43                47                1
                DPAR                #TF               0.0                48                57                1
                DPAR                #dv               0.0                58                62                1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
        DEST MDO9
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN      WW      X1
        2 CTE
        3 SUM      X1      X3
                -X2
        4 LDLG     X3      X4      1.                1.                #TD
        5 GAIN     X4      X5      #K
        6 LDLG     X5      X6
                #T                1.                #T
        7 LDLG     X6      X7      1.                #T1               1.                #T2
        8 LDLG     X7      X8      1.                #T3               1.                #T4
        9 LIM      X8      X9      #Lmin            #LMax
        10 OUT     X9      VPSS
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        DPAR                #K                0.0                8                12                1
        DPAR                #T                0.0                13                17                1
        DPAR                #T1               0.0                18                22                1
        DPAR                #T2               0.0                23                27                1
        DPAR                #T3               0.0                28                32                1
        DPAR                #T4               0.0                33                37                1
        DPAR                #TD               0.0                38                42                1
        DPAR                #Lmin            0.0                48                52                1
        DPAR                #LMax            0.0                53                57                1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
        DEST MD10
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN      PT      PT
        2 STMC     PT      X2
        3 SUM      -X2     X3
                X4
        4 IN      PMEC     X4
        5 GAIN     X3      X5      #KA
        6 POL2     X5      X6      1.0                0.0                5.7
                1.                3.34               5.7

```

```

7 LDLG X6 X7 1. 0.22 1. #TA
8 LDLG X7 X8 1. 0.15 1. #TE
9 LDLG X8 X9 1. 1. 0.027
10 POL2 X9 X10 0.0 #K1 0.0
1.0 2.564 #K2
11 LIM X10 X11 #Lmin #Lmax
12 OUT X11 VPSS
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
*PAR #K2 0.0531 #KE
*PAR #K1 2.654 #KE
DPAR #KA 0.0 8 17 1
DPAR #KE 0.0 18 22 1
DPAR #TA 0.0 43 47 1
DPAR #TE 0.0 48 52 1
DPAR #Lmin 0.0 53 57 1
DPAR #Lmax 0.0 58 62 1

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
DEST MD11
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
1 IN WW X1
2 CTE X2 1.
3 SUM X1 X3
-X2
4 LDLG X3 X4 1. 1. #TM
5 LDLG X4 X5 #T1 1. #T1
6 LDLG X5 X6 #T1 1. #T1
7 IN PT X7
8 LDLG X26 X8 1. 1. #TM
9 LDLG X8 X9 #T1 1. #T1
10 LDLG X9 X10 #K1 1. #T1
11 SUM X6 X11
X10
12 LDLG X11 X12 1. #T2 1. #T3
13 LDLG X12 X13 1. 1. #T4
14 LDLG X13 X14 1. 1. #T4
15 LDLG X14 X15 1. 1. #T4
16 SUM X15 X16
-X10
17 LDLG X16 X17 1. #T5 1. #T6
18 LDLG X17 X18 1. #T7 1. #T8
19 GAIN X18 X19 #K
20 LIM X19 X20 #Lmin #Lmax
21 OUT X20 VPSS
26 STMC X7 X26
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
DPAR #K 0.0 8 12 1
DPAR #K1 0.0 13 17 1
DPAR #TM 0.0 18 22 1

```

```

        DPAR          #T1          0.0          23          27          1
        DPAR          #T2          0.0          28          32          1
        DPAR          #T3          0.0          33          37          1
        DPAR          #T4          0.0          38          42          1
        DPAR          #T5          0.0          43          47          1
        DPAR          #T6          0.0          48          52          1
        DPAR          #T7          0.0          53          57          1
        DPAR          #T8          0.0          58          62          1
        DPAR          #Lmin        0.0          63          67          1
        DPAR          #Lmax        0.0          68          72          1

STOP

#
#(Ncdu) (---Name---)
        DEST MD12
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        1 IN      WW      X1
        2 CTE
        3 SUM      X1      X3
          -X2
        4 LDLG     X3      X4          1.          1.          #T1
        5 LDLG     X4      X5          #T2          1.          #T2
        6 IN      PT      X6
        7 STMC     X6      X7
        8 LDLG     X7      X8          #T2          1.          #T2
        9 GAIN     X8      X9          #K1
       10 SUM      X5      X10
          X9
       11 LDLG     X10     X11     1.          1.          #T3
       12 LDLG     X11     X12     1.          1.          #T3
       13 LDLG     X12     X13     1.          1.          #T3
       14 SUM      X13     X14
          -X9
       15 POL2     X14     X15     #K2          #K3          #K4
          1.          #K5          #K4
       16 LDLG     X15     X16     1.          #T4          1.          #T5
       17 LDLG     X16     X17     1.          #T6          1.          #T7
       18 GAIN     X17     X18     #K6
       19 LIM      X18     X19     #Lmin        #Lmax
       20 OUT      X19     VPSS

#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
        DPAR          #K1          0.0          8          12          1
        DPAR          #K2          0.0          13         17          1
        DPAR          #K3          0.0          18         22          1
        DPAR          #K4          0.0          23         27          1
        DPAR          #K5          0.0          28         32          1
        DPAR          #K6          0.0          33         37          1
        DPAR          #T1          0.0          38         42          1
        DPAR          #T2          0.0          43         47          1
        DPAR          #T3          0.0          48         52          1
        DPAR          #T4          0.0          53         57          1

```

| | | | | | |
|------|-------|-----|----|----|---|
| DPAR | #T5 | 0.0 | 58 | 62 | 1 |
| DPAR | #T6 | 0.0 | 63 | 67 | 1 |
| DPAR | #T7 | 0.0 | 68 | 72 | 1 |
| DPAR | #Lmin | 0.0 | 8 | 12 | 2 |
| DPAR | #Lmax | 0.0 | 13 | 17 | 2 |

STOP

-999
END

B.3 DRGV

```

=====
# User Defined Control Data
=====
DUDT
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGV MDO1
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      WW      X1
      3 SUM     -X7     X3
                -X28
                X29
      4 LDLG    X3      X4      1.          1.          #TF
      5 LDLG    X4      X5      1.          #TR          #TR
      6 LIM     X31     X6      #LMin      #Lmax
      7 GAIN    X6      X7      #R
      8 LDLG    X6      X8      1.          1.          #TG
      9 MULT    X6      X9
                X10
     10 GAIN    X28     X10     #Dturbo
     12 GAIN    X28     X12     #D
     13 DIV     X18     X13
                X8
     15 SQR     X13     X15
     17 LINE    X15     X17     -1.         1.
     18 LDLG    X17     X18     1.          #Tw
     19 LINE    X18     X19     1.          #-QNL
     20 MULT    X15     X20
                X19
     21 GAIN    X20     X21     #AT
     22 SUM     -X9     X22
                X21
     23 SUM     -X12    X23
                X22
     24 FRAC    X23     X24     #Pbt          #Pbg
     25 OUT     X32     P MEC
     27 CTE     X27     1.

```

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 28 | SUM | X1 | X28 | | | | | |
| | | | -X27 | | | | | | |
| | 29 | REF | | X29 | | | | | |
| | 30 | CTE | | X30 | #Rp | | | | |
| | 31 | DIV | X5 | X31 | 1. | | | | |
| | | | X30 | | 1. | | | | |
| | 32 | MCST | X24 | X32 | | | | | |
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | | #R | 0.05 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #Rp | 0.38 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #AT | 1.2 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #QNL | 0.15 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #Tw | 1.5 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #TR | 7.0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #TF | 0.05 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #TG | 0.5 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #LMin | 0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0.984 | 53 | 57 | 1 |
| | | DPAR | | | #Dturbo | 0.5 | 58 | 62 | 1 |
| | | DPAR | | | #D | 1.0 | 63 | 67 | 1 |
| | | DPAR | | | #Pbg | 1.0 | 68 | 72 | 1 |
| | | DPAR | | | #Pbt | 1.0 | 73 | 77 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGV MDO2

(

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | 1 | IN | WW | X1 | | | | | |
| | 3 | SUM | X11 | X3 | | | | | |
| | | | -X1 | | | | | | |
| | 4 | FRAC | X3 | X4 | 1. | | #R | | |
| | 5 | LDLG | X4 | X5 | 1. | | 1. | #T | |
| | 6 | LIM | X5 | X6 | #Lmin | #Lmax | | | |
| | 7 | LDLG | X6 | X7 | 1. | #T1 | 1. | #T2 | |
| | 8 | SUM | X7 | X8 | | | | | |
| | | | -X9 | | | | | | |
| | 9 | GAIN | X1 | X9 | #Dturbo | | | | |
| | 10 | OUT | X12 | PMEC | | | | | |
| | 11 | REF | | X11 | | | | | |
| | 12 | MCST | X8 | X12 | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | | #R | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #T | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #T1 | 0.0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #T2 | 0.0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #Dturbo | 0.0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0.0 | 38 | 42 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGV MDO3

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | WW | WW | | | | | |
| | 2 | CTE | | X2 | 1. | | | | |
| | 3 | SUM | WW | X3 | | | | | |
| | | | -X2 | | | | | | |
| | 4 | GAIN | X3 | X4 | #Dtur | | | | |
| | 5 | LDLG | X3 | X5 | 1. | #Tv | 1. | #Tv5 | |
| | 6 | SUM | -X10 | X6 | | | | | |
| | | | -X5 | | | | | | |
| | | | -X12 | | | | | | |
| | 7 | LIM | X6 | X7 | #Lmin | #Lmax | | | |
| | 8 | LDLG | X7 | X8 | 1. | | | #T2 | |
| | 9 | LIMV | X8 | X9 | | | | | |
| | | | X23 | | | | | | |
| | | | X17 | | | | | | |
| | 10 | GAIN | X9 | X10 | #BP | | | | |
| | 11 | GAIN | X9 | X11 | #BT | | | | |
| | 12 | LDLG | X11 | X12 | | #T1 | 1. | #T1 | |
| | 13 | LDLG | X9 | X13 | 1. | #-Tw | 1. | #Tw2 | |
| | 14 | SUM | -X4 | X14 | | | | | |
| | | | X13 | | | | | | |
| | | | X16 | | | | | | |
| | 15 | OUT | X34 | PMEC | | | | | |
| | 16 | VINI | X14 | X16 | | | | | |
| | 17 | SUM | X18 | X17 | | | | | |
| | | | X23 | | | | | | |
| | 18 | CTE | | X18 | 1. | | | | |
| | 19 | VINI | X14 | X19 | | | | | |
| | 20 | VINI | WW | X20 | | | | | |
| | 21 | DIV | X19 | X21 | | | | | |
| | | | X20 | | | | | | |
| | 22 | FRAC | X21 | X22 | 1. | | #Tmax | | |
| | 23 | MNUS | X22 | X23 | | | | | |
| (| 33 | STMC | X19 | X33 | | | | | |
| | 34 | MCST | X14 | X34 | | | | | |

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | DPAR | | | #BP | 0.0 | 8 | 12 | 1 |
| | | DPAR | | | #BT | 0.0 | 13 | 17 | 1 |
| | | DPAR | | | #Tv | 0.0 | 18 | 22 | 1 |
| | | DPAR | | | #T1 | 0.0 | 23 | 27 | 1 |
| | | DPAR | | | #T2 | 0.0 | 28 | 32 | 1 |
| | | DPAR | | | #Tw | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmin | 0.0 | 38 | 42 | 1 |
| | | DPAR | | | #Lmax | 0.0 | 43 | 47 | 1 |
| | | DPAR | | | #Tmax | 0.0 | 48 | 52 | 1 |
| | | DPAR | | | #Dtur | 0.0 | 53 | 57 | 1 |
| | | *PAR | | | #Tw2 | 0.5 | #Tw | | |
| | | *PAR | | | #Tv5 | 0.2 | #Tv | | |

```

STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGV MDO4
(
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      WW      X1
      2 CTE          X2      1.
      3 SUM      X1      X3
          -X2
      4 SUM      -X8     X4
          -X3
          -X12
      7 SUM      -X37   X7
          X38
      8 LDLG     X7      X8      #BP          1.          #TP
      9 LDLG     X4      X9      1.          #TY
     10 LIM      X9      X10     #Lmin      #Lmax
     11 GAIN     X10     X11     #BT
     12 LDLG     X11     X12          #TD          1.          #TD
     13 SUM      X10     X13
          -X16
     14 LDLG     X13     X14     1.          1.          #T5
     15 LDLG     X14     X15     1.          #TG
     16 LIM      X15     X16     #Gmin      #Gmax
     17 DIV      X20     X17
          X16
     18 SQR      X17     X18
     19 LINE     X18     X19     -1.         1.
     20 LDLG     X19     X20     1.          #Tw
     21 LINE     X20     X21     1.          #-QNL
     22 MULT     X18     X22
          X21
     23 GAIN     X22     X23     #AT
     24 SUM      -X25   X24
          X23
     25 GAIN     X3      X25     #Dturb
     26 OUT      X39     PMEC
     31 IN      PT      X31
     37 VINI     X38     X37
     38 STMC     X31     X38
     39 MCST     X24     X39
#Flag  (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR          #BP          0          8          12          1
      DPAR          #BT          0          13         17          1
      DPAR          #AT          0          18         22          1
      DPAR          #QNL        0          23         27          1
      DPAR          #TP          0          28         32          1
      DPAR          #TY          0          33         37          1
      DPAR          #TD          0          38         42          1
      DPAR          #T5          0          43         47          1

```

| | | | | | |
|------|--------|---|----|----|---|
| DPAR | #TG | 0 | 48 | 52 | 1 |
| DPAR | #Tw | 0 | 53 | 57 | 1 |
| DPAR | #Lmin | 0 | 58 | 62 | 1 |
| DPAR | #Lmax | 0 | 63 | 67 | 1 |
| DPAR | #Gmin | 0 | 8 | 12 | 2 |
| DPAR | #Gmax | 0 | 13 | 17 | 2 |
| DPAR | #Dturb | 0 | 18 | 22 | 2 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGV MDO5

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | WW | X1 | | | | | |
| | 2 | CTE | | X2 | 1. | | | | |
| | 3 | SUM | X1 | X3 | | | | | |
| | | | -X2 | | | | | | |
| | 4 | LDLG | X3 | X4 | #C1 | | 1. | #C8 | |
| | 5 | LDLG | X4 | X5 | 1. | | 1. | #T3 | |
| | 6 | LIMV | X5 | X6 | | | | | |
| | | | X23 | | | | | | |
| | | | X17 | | | | | | |
| | 7 | LDLG | X6 | X7 | 1. | | 1. | #T4 | |
| | 8 | FRAC | X7 | X8 | 1. | #-C2 | 1. | | |
| | 9 | LDLG | X7 | X9 | #C2 | | 1. | #T5 | |
| | 10 | FRAC | X9 | X10 | 1. | #-C3 | 1. | | |
| | 11 | LDLG | X9 | X11 | #C3 | | 1. | #Tc | |
| | 12 | SUM | X8 | X12 | 1.0 | | | | |
| | | | X10 | | 1.0 | | | | |
| | 13 | SUM | -X24 | X13 | 1.0 | | | | |
| | | | X12 | | 1.0 | | | | |
| | | | X11 | | 1.0 | | | | |
| | 14 | VINI | X15 | X14 | | | | | |
| | 15 | SUM | X14 | X15 | 1.0 | | | | |
| | | | X13 | | 1.0 | | | | |
| | 16 | OUT | X15 | PMEC | | | | | |
| | 17 | SUM | X18 | X17 | 1.0 | | | | |
| | | | X23 | | 1.0 | | | | |
| | 18 | CTE | | X18 | #TMAX | | | | |
| | 19 | VINI | X15 | X19 | | | | | |
| | 20 | VINI | X1 | X20 | | | | | |
| | 21 | DIV | X25 | X21 | 1.0 | | | | |
| | | | X20 | | 1.0 | | | | |
| | 23 | MNUS | X21 | X23 | | | | | |
| | 24 | GAIN | X3 | X24 | #DTURB | | | | |
| | 25 | STMC | X19 | X25 | | | | | |
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | #C1 | 0.0 | 8 | 12 | 1 | |
| | | DPAR | | #C2 | 0.0 | 13 | 17 | 1 | |
| | | DPAR | | #C3 | 0.0 | 18 | 22 | 1 | |
| | | DPAR | | #C8 | 0.0 | 23 | 27 | 1 | |
| | | DPAR | | #T3 | 0.0 | 28 | 32 | 1 | |

| | | | | | |
|------|--------|-----|----|----|---|
| DPAR | #T4 | 0.0 | 33 | 37 | 1 |
| DPAR | #T5 | 0.0 | 38 | 42 | 1 |
| DPAR | #Tc | 0.0 | 43 | 47 | 1 |
| DPAR | #Tmax | 0.0 | 48 | 52 | 1 |
| DPAR | #Dturb | 0.0 | 53 | 57 | 1 |

STOP

#

#(Ncdu) (---Name---)

DRGV MDO6

(

| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | IN | WW | X1 | | | | | |
| | 2 | CTE | | X2 | 1. | | | | |
| | 3 | SUM | X1 | X3 | | | | | |
| | | | -X2 | | | | | | |
| | 4 | MNUS | X3 | X4 | | | | | |
| | 5 | LDLG | X4 | X5 | 1. | #TN | 1. | #Tv | |
| | 6 | LIM | X5 | X6 | #lmin1 | #Lmax1 | | | |
| | 7 | REF | | Wref | | | | | |
| | 8 | SUM | Wref | X8 | | | | | |
| | | | X6 | | | | | | |
| | | | X20 | | | | | | |
| | 9 | GAIN | X8 | X9 | #KR | | | | |
| | 10 | LDLG | X9 | X10 | 1. | | 1. | #TR | |
| | 11 | LIM | X10 | X11 | #Lmin2 | #Lmax2 | | | |
| | 12 | LDLG | X11 | X12 | 1. | | | #TG | |
| | 13 | LDLG | X12 | X13 | 1. | | 1. | #TLG | |
| | 14 | LIM | X13 | X14 | #LMin3 | #Lmax3 | | | |
| | 15 | IN | PT | X15 | | | | | |
| | 16 | STMC | X15 | X16 | | | | | |
| | 17 | SUM | X16 | X17 | | | | | |
| | | | -X39 | | | | | | |
| | 18 | GAIN | X17 | X18 | #BLP | | | | |
| | 19 | LDLG | X18 | X19 | 1. | | 1. | #TLP | |
| | 20 | SUM | -X19 | X20 | | | | | |
| | | | -X21 | | | | | | |
| | | | -X23 | | | | | | |
| | 21 | GAIN | X14 | X21 | #BP | | | | |
| | 22 | GAIN | X14 | X22 | #BT | | | | |
| | 23 | LDLG | X22 | X23 | | #TT | 1. | #TT | |
| | 24 | LDLG | X14 | X24 | 1. | | 1. | #TD | |
| | 25 | LIM | X24 | X25 | #Lmin4 | #Lmax4 | | | |
| | 26 | DIV | X29 | X26 | | | | | |
| | | | X25 | | | | | | |
| | 27 | SQR | X26 | X27 | | | | | |
| | 28 | LINE | X27 | X28 | -1. | 1. | | | |
| | 29 | LDLG | X28 | X29 | 1. | | | #Tw | |
| | 30 | LINE | X29 | X30 | 1. | #-QNL | | | |
| | 31 | MULT | X27 | X31 | | | | | |
| | | | X30 | | | | | | |
| | 32 | GAIN | X31 | X32 | #AT | | | | |

```

33 GAIN      X5      X33      #Dtur
34 SUM       X33      X34
              X32
35 OUT       X40      P MEC
39 VINI      X16      X39
40 MCST      X34      X40
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      DPAR      #KR      0.0      8      12      1
      DPAR      #BP      0.0      13     17      1
      DPAR      #BT      0.0      18     22      1
      DPAR      #BLP     0.0      23     27      1
      DPAR      #AT      0.0      28     32      1
      DPAR      #QNL     0.0      33     37      1
      DPAR      #TN      0.0      38     42      1
      DPAR      #Tv      0.0      43     47      1
      DPAR      #TR      0.0      48     52      1
      DPAR      #TG      0.0      53     57      1
      DPAR      #TLG     0.0      58     62      1
      DPAR      #TD      0.0      63     67      1
      DPAR      #TT      0.0      68     72      1
      DPAR      #TLP     0.0      8      12      2
      DPAR      #TW      0.0      13     17      2
      DPAR      #lmin1   0.0      18     22      2
      DPAR      #Lmax1   0.0      23     27      2
      DPAR      #Lmin2   0.0      28     32      2
      DPAR      #Lmax2   0.0      33     37      2
      DPAR      #LMin3   0.0      38     42      2
      DPAR      #Lmax3   0.0      43     47      2
      DPAR      #Lmin4   0.0      48     52      2
      DPAR      #Lmax4   0.0      53     57      2
      DPAR      #Dtur     0.0      58     62      2
#-----
#          DVAL      (Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---)
#-----
          DVAL      X23      0.0
          DVAL      X21      Wref
STOP
#
#(Ncdu) (---Name---)
      DRGV MDO7
(
#Flag (Nb) (Type) S(Vinp) (Vout) (---A---) (---B---) (---C---) (---D---) (---E---)
      1 IN      WW      WW
      2 SUM     X41     X2
              -WW
      3 FRAC    X2      X3      #K5      #K0
      4 SUM     -X3     X4
              X27
      5 LINE    WW      X5      -1.      1.
      6 GAIN    X5      X6      1.
      7 FRAC    X6      X7      1.      #Bp

```

| | | | | | | |
|----|------|------|-----|-------|-------|-----|
| 8 | SUM | -X73 | X8 | | | |
| | | X72 | | | | |
| 11 | GAIN | X8 | X11 | #KP | | |
| 12 | SUM | X7 | X12 | | | |
| | | X11 | | | | |
| 13 | GAIN | X12 | X13 | #KP2 | | |
| 14 | LDLG | X13 | X14 | 1. | #TA | #TA |
| 17 | LINE | X3 | X17 | 1. | 0.02 | |
| 18 | GAIN | X17 | X18 | #KO | | |
| 19 | GAIN | X18 | X19 | #KP1 | | |
| 20 | GAIN | X4 | X20 | #KO | | |
| 21 | LDLG | X20 | X21 | #KP1 | | #TN |
| 22 | LIMV | X21 | X22 | | | |
| | | X65 | | | | |
| | | X58 | | | | |
| 23 | SUM | X19 | X23 | | | |
| | | -X22 | | | | |
| | | -X24 | | | | |
| 24 | CTE | | X24 | 0.02 | | |
| 25 | SUM | X23 | X25 | | | |
| | | -X27 | | | | |
| 26 | LDLG | X25 | X26 | 100. | | 1. |
| 27 | LIMV | X26 | X27 | | | |
| | | X65 | | | | |
| | | X57 | | | | |
| 28 | RLAY | X14 | X28 | | | |
| | | X27 | | | | |
| | | X30 | | | | |
| 29 | IN | WW | X29 | | | |
| 30 | LINE | X31 | X30 | 1. | -0.02 | |
| 31 | ABS | X52 | X31 | | | |
| 32 | LINE | X28 | X32 | 1. | -0.02 | |
| 33 | LINE | X28 | X33 | 1. | 0.02 | |
| 34 | RLAY | X32 | X34 | | | |
| | | X33 | | | | |
| | | X30 | | | | |
| 35 | FRAC | X33 | X35 | #KO | | #K5 |
| 36 | SUM | X37 | X36 | | | |
| | | X35 | | | | |
| | | -X41 | | | | |
| 37 | CTE | | X37 | 1. | | |
| 38 | LDLG | X36 | X38 | 1. | | #Tv |
| 39 | RLAY | X38 | X39 | | 1. | |
| | | X40 | | | | |
| | | X30 | | | | |
| 40 | CTE | | X40 | 0. | | |
| 41 | LDLG | X39 | X41 | 1. | | 1. |
| 42 | SUM | X28 | X42 | | | |
| | | -X66 | | | | |
| 44 | LDLG | X42 | X44 | #KLP | | #TF |
| 45 | LIM | X44 | X45 | #Lmin | #Lmax | |

| | | | | | | | | | |
|-------|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 46 | SUM | X45 | X46 | | | | | |
| | | | -X48 | | | | | | |
| | 47 | LDLG | X46 | X47 | 1. | | | #TY | |
| | 48 | LIMV | X47 | X48 | | | | | |
| | | | X65 | | | | | | |
| | | | X59 | | | | | | |
| | 49 | LDLG | X48 | X49 | 1. | #Tw | 1. | #Tw2 | |
| | 50 | SUM | -X51 | X50 | | | | | |
| | | | X49 | | | | | | |
| | 51 | GAIN | X52 | X51 | #Dtur | | | | |
| | 52 | LINE | X29 | X52 | 1. | -1. | | | |
| | 53 | GAIN | X50 | X53 | #Tmax | | | | |
| | 54 | SUM | X55 | X54 | | | | | |
| | | | X53 | | | | | | |
| | 55 | VINI | X54 | X55 | | | | | |
| | 56 | OUT | X74 | PMEC | | | | | |
| | 57 | LIMV | X34 | X57 | | | | | |
| | | | X65 | | | | | | |
| | | | X59 | | | | | | |
| | 58 | LINE | X57 | X58 | 1. | 0.02 | | | |
| | 59 | SUM | X60 | X59 | | | | | |
| | | | X65 | | | | | | |
| | 60 | CTE | | X60 | 1. | | | | |
| | 61 | VINI | X54 | X61 | | | | | |
| | 62 | VINI | WW | X62 | | | | | |
| | 63 | DIV | X61 | X63 | | | | | |
| | | | X62 | | | | | | |
| | 64 | FRAC | X63 | X64 | 1. | | #Tmax | | |
| | 65 | MNUS | X64 | X65 | | | | | |
| | 66 | LDLG | X44 | X66 | 1. | | 1. | #TR | |
| | 71 | IN | PT | X71 | | | | | |
| | 72 | VINI | X73 | X72 | | | | | |
| | 73 | STMC | X71 | X73 | | | | | |
| | 74 | MCST | X54 | X74 | | | | | |
| #Flag | (Nb) | (Type) | S(Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | (---D---) | (---E---) |
| | | DPAR | | #KO | 0.0 | 8 | 12 | 1 | |
| | | DPAR | | #K5 | 0.0 | 13 | 17 | 1 | |
| | | DPAR | | #KP1 | 0.0 | 18 | 22 | 1 | |
| | | DPAR | | #KP2 | 0.0 | 23 | 27 | 1 | |
| | | DPAR | | #KLP | 0.0 | 28 | 32 | 1 | |
| | | DPAR | | #KP | 0.0 | 33 | 37 | 1 | |
| | | DPAR | | #Bp | 0.0 | 38 | 42 | 1 | |
| | | DPAR | | #Tv | 0.0 | 43 | 47 | 1 | |
| | | DPAR | | #TN | 0.0 | 48 | 52 | 1 | |
| | | DPAR | | #TA | 0.0 | 53 | 57 | 1 | |
| | | DPAR | | #TF | 0.0 | 58 | 62 | 1 | |
| | | DPAR | | #TR | 0.0 | 63 | 67 | 1 | |
| | | DPAR | | #TY | 0.0 | 68 | 72 | 1 | |
| | | DPAR | | #Tw | 0.0 | 8 | 12 | 2 | |
| | | DPAR | | #Lmin | 0.0 | 13 | 17 | 2 | |
| | | DPAR | | #Lmax | 0.0 | 18 | 22 | 2 | |

| | | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|---|
| | DPAR | | #Tmax | 0.0 | 23 | 27 | 2 |
| | DPAR | | #Dturb | 0.0 | 28 | 32 | 2 |
| | *PAR | | #Tw2 | 0.5 | #Tw | | |
| # | ----- | | | | | | |
| # | DVAL | (Vinp) | (Vout) | (---A---) | (---B---) | (---C---) | |
| # | ----- | | | | | | |
| | DVAL | | X26 | -0.02 | | | |
| | DVAL | | X14 | 0.0 | | | |
| | STOP | | | | | | |
| | -999 | | | | | | |
| | END | | | | | | |