

SOFTWARE DE SUPORTE BÁSICO NA ÁREA DE ENGENHARIA ELÉTRICA PARA AMÉRICA LATINA

João R. Cogo
Escola Federal de Engenharia de Itajubá
Av. BPS, 1303 - 37500-000 Itajubá/MG - Brasil
Phone: (035) 622-1613 - Fax: (035) 622-2337

Hermann W. Dommel
The University of British Columbia
2356 Main Mall, Vancouver, B.C - Canadá
Phone: (604) 822-2793 - Fax: (604) 822-5949

Artigo apresentado no XI Congresso Chileno de Ingeniería Eléctrica (Electro'95) - Universidad de Magallanes, Puenta Arenas/Chile, 13 à 17 November, 1995. (nome original da publicação "Basic Support Software in the Area of Electrical Engineering for Latin America")

1. RESUMO

Muitas vezes, elaborando artigos para jornal ou revista, preparando dissertações de Mestrado ou tese de Doutorado, etc, pessoas dentro de sua área de trabalho precisam desenvolver programas de simulação da rede elétrica, que não são parte de seu interesse específico. Então, este trabalho propõe uma ação de articulação entre as pessoas interessadas em simular transitórios eletromagnéticos para fornecer programas e estudos de casos básicos para diminuir o esforço computacional na área de engenharia elétrica.

2. AVALIAÇÃO

Atualmente, o governo, as universidades, as empresas, etc têm um grande interesse em melhorar a qualidade de seus produtos, para torná-los mais competitivos tanto no mercado nacional quanto no internacional.

Esta melhoria de qualidade, para ter um custo acessível, deve ser obtida através da tecnologia desenvolvida dentro do país. Isso significa que todas as instituições envolvidas com pesquisas, estudos de comportamento de sistema, projetos, etc., deviam ser incluídas também neste contexto.

A produção e o consumo de energia elétrica é um dos itens importantes dentro dos interesses das empresas estatais e privadas. Então, pesquisas e estudos (na universidade ou empresas) na área de geração, transmissão, distribuição e principalmente consumo de energia elétrica, gastam tempo demais em descobrir fases básicas, para finalmente atingir o objetivo principal do assunto geral, isto é, análise de um problema específico, em um menor tempo.

Como exemplo, citam-se os casos a seguir.

I. Suponha uma instituição que deseja conduzir um estudo para minimizar o consumo industrial de energia elétrica.

Como as pesquisas mostram, mais de metade do consumo industrial de energia elétrica é devido aos motores de indução trifásicos, com rotor do tipo gaiola. Qualquer pesquisa que pretenda conseguir resultados palpáveis em termos de conservação de energia devia dedicar-se, mesmo que parcialmente, para o estudo de motor. Para tal, um modelo confiável do motor deverá ser desenvolvido, por exemplo, através dos dados disponíveis nos catálogos dos fabricantes. Assim será tomado muito tempo do pesquisador para o desenvolvimento do modelo. Se o modelo já estiver disponível, o problema principal é resolvido mais rapidamente.

II. Se um pesquisador estiver interessado em desenvolver um controle de velocidade específico de um acionamento, precisará certamente modelar a rede elétrica, a ponte

conversora e a máquina, mas a meta principal é apenas o desenvolvimento do sistema de controle.

O usuário deveria ter uma rotina de interface disponível para ele, implementar apenas o modelo de seu interesse, economizando assim muito tempo.

No exemplo prévio, no caso de já existir um programa com os modelos da rede elétrica, do acionamento e da ponte conversora, bastaria o usuário implantar sua rotina de controle específico e analisar o sistema elétrico como um todo.

3. PLANEJAMENTO

Criação de um grupo de trabalho básico envolvendo institutos de ensino e pesquisas visando discutir e melhor adaptar os modelos já existentes para aqueles a serem desenvolvidos. Dentro desta linha de trabalho, como ponto de partida, sugere-se utilizar o Programa de Transitórios Eletromagnéticos - Versão Estudante, desenvolvida pela Microtran Power System Analysis Corporation.

4. RESULTADOS A SEREM OBTIDOS

A disponibilidade de uma Biblioteca de Programas Básicos para os pesquisadores certamente resultará em uma enorme economia de tempo para alcançar resultados específicos na área de engenharia elétrica.

O programa inicialmente proposto proverá a base para o desenvolvimento de grandes programas visando às pesquisas na área de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.

Esta biblioteca básica é apropriada tanto para estudos quanto para desenvolvimento de novas tecnologias.

Tal projeto é justificado pelo fato que estimula um processo de integração de softwares entre diferentes pessoas de várias instituições de pesquisas, garantindo que os esforços sejam compartilhados entre os pesquisadores.

5. METODOLOGIA

Cada um dos programas propostos será desenvolvido e implementados em micro computadores em linguagem adequada para cada caso, com manuais do usuário contendo exemplos práticos, de preferência "on-line".

Os programas executáveis serão fornecidos junto com o respectivo manual com exemplos práticos. O indivíduo com interesse deveria enviar os programas para os centros de desenvolvimento (universidades, centros de pesquisa) sem

envolver instituições criando um grupo informal de pessoas com interesses comuns em áreas específicas.

6. O PROGRAMA MICROTRAN

O programa MicroTran[®], em sua versão atual, é um programa de análise de transitórios eletromagnéticos projetado para simulação de sistemas elétricos com até 2000 barras e aplicações em eletrônica de potência, desenvolvido por H.W. Dommel, J.R. Marti e L. Marti [1] para computadores pessoais. Por mais de 20 anos, o programa MicroTran e seu precursor (também conhecido como versão EMTP UBC) foram usados como uma ferramenta primária de análise e desenvolvimento para pesquisa de fenômenos eletromagnéticos na "The University of British Columbia", e por usuários em torno do mundo. MicroTran foi usado em mais de 25 universidades mundiais, e seus usuários em mais de 20 países e 4 continentes, sendo provavelmente o mais rápido programa de análise de transitórios disponível para microcomputador.

As capacidades de programa, entre outros, incluem o modelo de elementos R, L e C concentrados, circuitos polifásicos através do modelo PI, transformadores ideais ou não ideais (monofásicos ou trifásicos), linhas de transmissão nos mais diversos modelos, resistências e indutâncias não lineares, pára-raios, disjuntores com qualquer número de seqüência de abertura e fechamento, diodos, thyristores, transistores, GTO's, IGBT's, máquinas síncronas, fontes de tensão e de corrente, etc.

Os usuários podem criar e testar seus próprios modelos lineares ou não lineares usando a rotina disponível CONNEC. O procedimento é muito simples: o usuário compila sua versão de programa junto com a rotina CONNEC (escrito em Fortran 77 padrão) e re-conecta o modelo desenvolvido com o restante do programa. Existe um exemplo de uso da rotina CONNEC e com informações de interface detalhadas para os mais desenvolvimentos possíveis.

O arquivo de dados de entrada pode ser criado e editado com um editor de texto normal ou com o denominado pré-processador mtData.

O processo de saída gráfica do programa é rápido e fácil pois apresentam características inclusive automáticas de escala linear e/ou logarítmica, mostrando continuamente as coordenadas nos eixos x e y, editor gráfico que permite a entrada de texto e outros elementos diretamente na imagem, etc.

O mtLine é um programa completo para determinar os parâmetros de linhas de transmissão aéreas, e o fdData provê suporte para modelos de linhas com parâmetro dependentes da freqüência.

Algumas das capacidades do mtLine incluem o cálculo de matrizes de impedância série e das capacitâncias shunt das linhas aéreas transmissão com um arranjo arbitrário de até 100 condutores por fase e/ou cabos guarda em coordenadas de fase, modais, componentes simétricos, circuitos polifásicos através do modelo PI, cálculo de impedâncias mútuas entre as linhas e circuitos de comunicação para estudos de interferência, etc.

As capacidades de programa MicroTran permitem ao usuário implementar seus próprios modelos de equipamento

elétrico. Uma destas alternativas é a elaboração de rotinas controláveis para os ângulos de disparo de thyristors, através de uma seqüência de dados implantados na rotina Alfa. Além disso, permite o acesso para as variáveis do programa, fazendo as mudanças que servirão como base para atuação da ponte conversora controlando de modo mais fácil um sistema elétrico.

7. VERSÃO MT ESTUDANTE

A versão estudante do "Pacote do MicroTran" contém os mesmos modelos que a versão completa. A diferença principal é que os casos que podem ser analisados são pequenos, mas suficiente para o uso em uma sala de aula.

Os limites desta versão são os seguintes:

1. MicroTran: 18 nós, 12 ramos, 1 linha de transmissão com parâmetros dependentes da freqüência.
2. fdData: 5 fases
3. mtLine: 5 fases
4. mtPlot: 3 curvas simuladas
5. mtData: 300 linhas de dados.

Nesta versão a rotina CONNEC não está disponível.

O uso do programa versão estudante pode ser verificado na simulação de três casos a seguir.

Caso 1 - Análise da ponte conversora em formação de Graetz

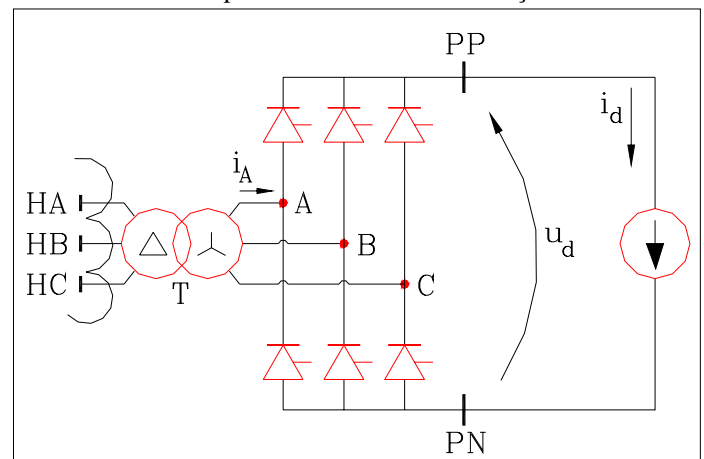


FIGURA 1. Sistema em análise.

Na FIGURA 1 tem-se:

T - transformador: 13.8/4.16 [KV]; 5 [MVA]; $Z\% = 6.7\%$;
 $X/R = 8$. Conectado em delta/estrela isolada.

I_d - corrente de carga = 450[A]

Os resultados de simulação estão na FIGURA 4.

Caso 2 - Energização de bancos capacitores

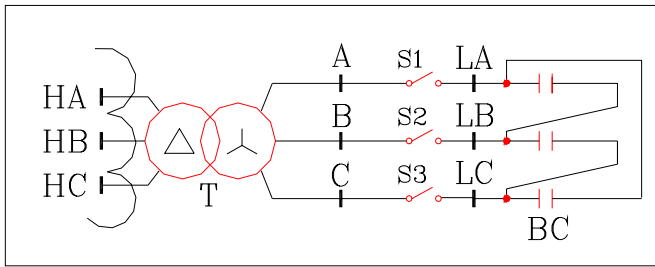


FIGURA 2. Sistema em análise.

Na FIGURA 2 tem-se:

T - transformador: 13.8/4.16 [KV]; 5 [MVA]; $Z\% = 6.7\%$;
 $X/R = 8$

BC - banco capacitor: 1 [MVar]; 4.5 [KV]

Os resultados de simulação estão ilustrados na FIGURA 5 considerando que os pólos S1, S2 e S3 do disjuntor têm a seguinte seqüência de manobra.

S1: fecha em 2.166 [msec] e abre em 8.0 [msec]

S2: fecha em 3.166 [msec] e não abre mais

S3: fecha em 4.66 [msec] e não abre mais

Caso 3 - Parâmetros da linha

Para uma linha típica de 230 [KV] a configuração adotada está mostrada na FIGURA 3 a seguir.

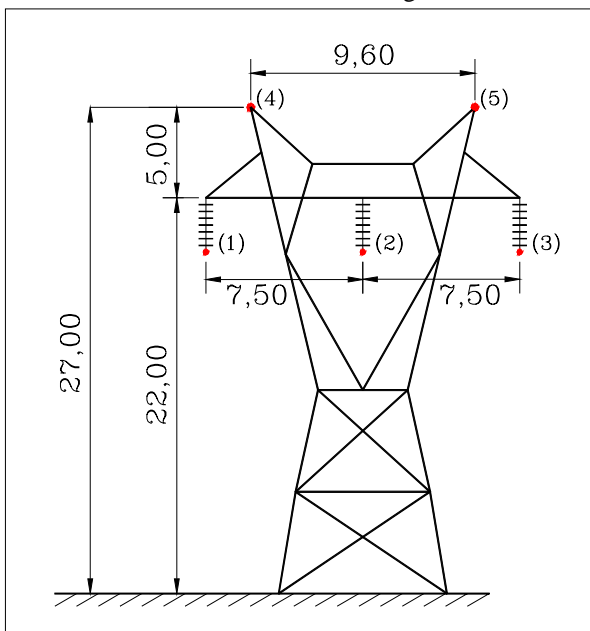


FIGURA 3. Torre analisada para obtenção dos parâmetros da linha de transmissão.

A torre mostrada na FIGURA 3, além de ter as dimensões ilustradas, possui os seguintes dados característicos:

Diâmetro do condutor de fase = 28.11 [mm]

Resistência do condutor de fase = 0.08 [Ω /Km]

Efeito skin do condutor de fase = 0.3159

Diâmetro do cabo guarda = 9.14 [mm]

Resistência do cabo guarda = 4.189 [Ω /Km]

Efeito skin do cabo guarda = 0.500

Resistência de aterramento = 10 [Ω /Km]

Os resultados de simulação obtidos para a linha de transmissão apresentada na FIGURA 3 foram, entre outros, aqueles mostrados na TABELA 1 a seguir.

Grandeza unidade	Seqüência	
	Zero	Positiva
Z_0 [$\Omega \cdot 10^3$]	0.84356	0.39468
V [Km/sec]	187980.0	291510.0
R [Ω /Km]	0.472260	0.081307
XL [Ω /Km]	1.64190	0.50554
XC [S/Km]	0.24009E-2	0.32870E-5
Atenuação [DB/Km]	0.24554E-2	0.89752E-3
λ [Km]	3133.00	4858.60

Na TABELA 1 tem-se:

Z_0 - Impedância de seqüência zero

V - Velocidade de propagação da onda

R - Resistência da linha

XL - Reatância indutiva da linha

XC - Susceptância capacitiva

λ - Comprimento de onda

8. CONCLUSÕES

Da simulação, observa-se que o resultado obtido na FIGURA 5, não apresenta oscilação numérica além de ser possível verificar os efeitos da comutação nos sinais de corrente e de tensão. Embora os resultados apresentados sejam para um sistema equilibrado, é possível também representar o sistema de modo desequilibrado inclusive com diferenças nos ângulos de disparo.

Por outro lado, a simulação com o banco de capacitores além de permitir representar o disjuntor com uma diferença no tempo de energização e desenergização entre seus pólos, pode-se notar que o pólo S1 só é aberto depois que o sinal de corrente passa por zero.

Este programa, com capacidade de representar a rede elétrica nas áreas de sistemas elétricos de potência e industriais, ou eletrônica aplicada contribuirá muito para a qualidade e eficiência de ambos o ensino de engenharia e o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, permitindo efetuar desenvolvimento que seguramente contribuirá para o aprendizado de todos envolvidos neste setor.

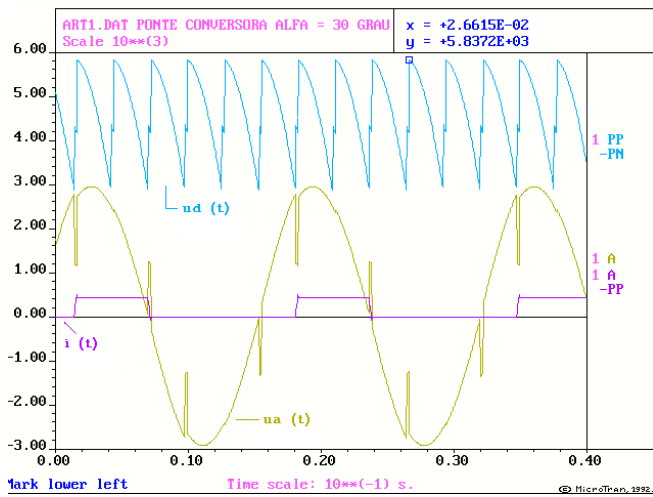


FIGURA 4. Formas de onda da tensão na fase A - $ua(t)$; tensão em nível DC- $ud(t)$ e corrente no diodo - $id(t)$. $id(t)$ está representado na escala de 1:6).

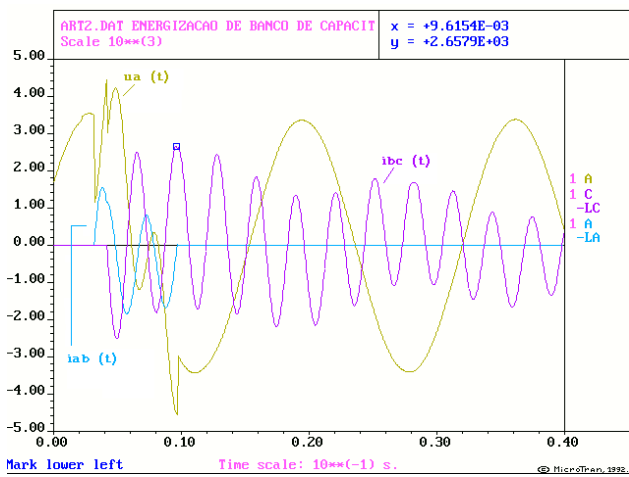


FIGURA 5. Forma de onda da tensão na fase A - $ua(t)$ e corrente no banco capacitor entre as fases LA-LB - $iab(t)$ e LB-LC - $ibc(t)$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - MicroTran Electromagnetic Transients Analysis Program. Microtran Power System Analysis Corporation, Vancouver, B.C., Canada. Technical Report 1993.