

Implementação de Módulo de Transformação de Componentes Simétricas e Visualização Via Internet

Alexandre Mota, Lia Moreira, Fujio Sato e Alcir Monticelli

Resumo ? O objetivo deste trabalho é apresentar uma interface gráfica desenvolvida no formato de um conjunto de páginas de navegação da rede mundial (Internet), que permite a realização de transformações de componentes simétricas, dadas por suas equações de síntese e análise, e posterior visualização em tempo real dos conjuntos vetoriais envolvidos, para utilização em cursos de graduação e pós-graduação. Outra possível aplicação é na área de treinamentos supervisionados à distância. Seu emprego permite alcançar alunos fora do ambiente acadêmico, estando à disposição dos mesmos em qualquer horário e local com acesso à Internet.

Palavras-chave ? Simuladores, Internet, Transformação de Componentes Simétricas, Educação à Distância.

I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é o de estudar os requisitos e limitações da implementação de simuladores para apoio ao ensino de engenharia via Internet. O emprego de simuladores via rede mundial de computadores permite alcançar alunos fora do ambiente acadêmico, estando à disposição dos mesmos em qualquer horário e local com acesso à INTERNET. Para tanto, foi implementada uma interface simples para transformação de componentes simétricas, utilizando-se os ambientes Windows 95 e Red-hat Linux 6.1, em microcomputadores do tipo PC. A linguagem utilizada foi o HTML, para composição das páginas de navegação, e o Java 1.2, para confecção das representações gráficas. A interface possui as capacidades de transformação de componentes simétricas implementadas e operacionais, assim como o mecanismo de visualização vetorial das componentes.

II. ESTRUTURAS DE APOIO DIDÁTICO VIA INTERNET

Atualmente, o número de cursos de ensino a distância está crescendo, em virtude de algumas características como a expansão de oportunidades educacionais, facilidade de oferecimento e amplitude do raio de ação. Dentro do âmbito da construção de cursos on-line, diversas estruturas podem ser usadas para propiciar a aprendizagem em grupo [5]:

A. Mota, assis@dsee.fee.unicamp.br, L. Moreira, lia@dsee.fee.unicamp.br, F. Sato, sato@dsee.fee.unicamp.br, A. Monticelli, alcir@dsee.fee.unicamp.br, UNICAMP, R. Albert Einstein, 400, Caixa Postal 6101, CEP.: 13081-970, Cidade Universitária, Campinas, S.P. Trabalho recebido em 15 de dezembro de 2001.

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, através do Projeto No. 99/10024-5.

- ?? Seminários: consistem na evolução de discussões em torno de um determinado assunto, supervisionadas pelo professor, através de leitura de material, discussão, debates, críticas, proposições, etc..
- ?? Discussões em pequenos grupos: utilizado para facilitar discussões em classes com grandes números ou pulverizada por sub-grupos com interesses particulares.
- ?? Constituição de parceiros de aprendizagem: importante para o desenvolvimento de atividades colaborativas.
- ?? Grupos de trabalho: compreende a colaboração mútua de alunos para atingir um objetivo (como a realização de uma tarefa). Compreende atividades bem definidas, tomada de decisões, distribuição do trabalho e cronogramas, com destaque para o trabalho de coordenação do grupo.
- ?? Apresentações em equipe e ensino pelos aprendizes: consiste na pesquisa, preparação de material básico e apresentação para o restante da turma.
- ?? Debate por equipes: expõe diferentes pontos de vista e linhas argumentativas sobre um determinado assunto, podendo ocorrer através de “chats”, por meio de correio eletrônico ou grupos de discussão.
- ?? Classes interconectadas: trabalho realizado com turmas diversificadas e de diferentes regiões, para captação de diferentes perspectivas sobre um mesmo tema.
- ?? Simulações: trabalho baseado na aplicação dos conceitos em situações simuladas, requer um ambiente propício para a realização da simulação.

É com relação a esta última estrutura que o conceito deste trabalho se insere. Em especial, no caso das ciências da engenharia, a utilização de simulações no ambiente de aprendizagem é bastante enriquecedora em virtude da natureza de aplicação prática que caracteriza vários dos componentes da carga didática dos cursos na atualidade. Além disto, existem relatos [10] da utilização de técnicas de ensino à distância para o ensino de engenharia, em várias universidades, que incluem a utilização de video-tapes enviados por e-mail e video-conferências. Nestes relatos, a preferência dos alunos, ao final do curso, se deu pelas técnicas que envolviam o compartilhamento de dados em tempo real, acompanhadas de vídeos.

Tendo-se em vista estas considerações, pode-se definir, para os fins deste trabalho, o ambiente de ensino de engenharia à distância como sendo composto por uma rede de microcomputadores (local ou não), interconectados e supervisionados através de uma máquina operada pelo instrutor (ou instrutores), como exemplificado pela figura 1:

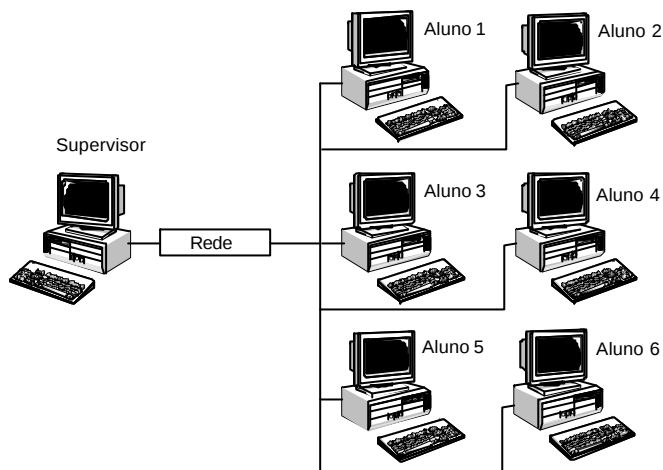


Fig. 1. Ambiente de ensino/treinamento virtual

Ainda segundo [10], observa-se que tanto os alunos quanto os instrutores sentiram dificuldades na interação aluno-professor tradicional de ensino à distância, em virtude da ausência de contato físico. Para contornar estas dificuldades, foi sugerida a utilização de figuras e dados animados para incrementar o aprendizado.

Neste contexto, o desenvolvimento de simuladores, como o deste trabalho, pode contribuir de forma significativa para o estímulo do aluno em um ambiente de aprendizagem virtual.

III. REVISÃO DA TRANSFORMAÇÃO DE COMPONENTES SIMÉTRICAS

Antes de apresentar o desenvolvimento e resultados da implementação dos simuladores, considera-se necessária a realização de uma breve revisão do problema da transformação de componentes simétricas e sua aplicação em sistemas de energia elétrica [7].

Um sistema trifásico equilibrado é caracterizado pela simetria completa de tensões e correntes, isto é, tanto a tensão quanto a corrente podem ser representadas por um conjunto de três fasores (para cada grandeza) de módulos iguais e defasados entre si de um ângulo de 120° . Desta maneira, todas as análises a serem realizadas em um sistema trifásico equilibrado podem ser feitas com base em apenas uma fase, uma vez que o cálculo da corrente ou da tensão em uma das fases permite a obtenção destas grandezas nas demais fases. Entretanto, esta facilidade de cálculo não pode ser empregada no caso de sistemas trifásicos desequilibrados. Neste caso, parte-se para a aplicação do Método das Componentes Simétricas, que simplifica, consideravelmente, a análise destes sistemas desequilibrados.

Este método parte do princípio que um sistema trifásico desequilibrado pode ser decomposto, de uma maneira única, em três sistemas equilibrados, que são denominados seqüências positiva, negativa e zero. A seqüência positiva é composta de três fasores de módulos iguais e defasados entre si de 120° , com a mesma seqüência de fases do sistema original. A seqüência negativa é constituída de três fasores de módulos iguais e defasados entre si de 120° , com a seqüência de fases inversa com relação ao sistema original. Já a

seqüência zero é composta por três fasores de mesmo módulo e em fase. A Transformação das Componentes Simétricas (TCS) permite a decomposição dos fasores do sistema trifásico desequilibrado original nestes três sistemas equilibrados, representados pelas seqüências positiva, negativa e zero. As equações a seguir ilustram melhor esta decomposição:

$$A = A_+ + A_- + A_0 \quad (1)$$

$$B = B_+ + B_- + B_0 \quad (2)$$

$$C = C_+ + C_- + C_0 \quad (3)$$

Onde A, B e C correspondem às grandezas das fases A, B e C, respectivamente, do sistema original; A_+ , B_+ e C_+ correspondem às grandezas das fases A, B e C, respectivamente, da seqüência positiva; A_- , B_- e C_- correspondem às grandezas das fases A, B e C, respectivamente, da seqüência negativa e A_0 , B_0 e C_0 correspondem às grandezas das fases A, B e C, respectivamente, da seqüência zero. Estas equações são denominadas Equações de Síntese.

Nota-se que para que a solução deste sistema seja única é necessária a redução do número de incógnitas de 9 (A_+ , A_- , A_0 , B_+ , B_- , B_0 , C_+ , C_- e C_0) para 3. Esta redução torna-se possível através da utilização de um operador de módulo unitário, que provoca uma rotação de 120° no fasor que multiplicar. Este operador é designado por "a". Assim, se um fasor for multiplicado por "a" ele será rotacionado de 120° . Se um fasor for multiplicado por "a²" ele será rotacionado de 240° . Se um fasor for multiplicado por "a³" ele será rotacionado de 360° e assim por diante. Este operador permite reescrever as equações de síntese da seguinte forma:

$$A = A_+ + A_- + A_0 \quad (4)$$

$$B = a^2 A_+ + a A_- + A_0 \quad (5)$$

$$C = a A_+ + a^2 A_- + A_0 \quad (6)$$

Na forma matricial, tem-se:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_+ \\ A_- \\ A_0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Assim, as equações de síntese podem se solucionadas a partir da seguinte equação, que é uma forma compacta de representação da expressão matricial anterior. O conjunto de equações a seguir refere-se às Equações de Síntese:

$$\bar{P} = T \bar{S} \quad (8)$$

Onde a matriz **T** é denominada matriz de transformação de componentes simétricas. Através desta equação é possível a obtenção das grandezas das fases A, B e C do sistema

original a partir apenas das componentes de sequência positiva, negativa e zero de apenas uma das fases, o que simplifica muito o problema. Entretanto, pode-se, também, obter as componentes de sequência positiva, negativa e zero de uma das fases a partir da grandeza associada às fases A, B e C do sistema original. Isto é feito a partir do isolamento do vetor S na equação anterior, definindo as Equações de Análise, conforme o conjunto de equações a seguir:

$$\bar{S} = T^{-1} \cdot \bar{P} \quad (9)$$

IV. DESENVOLVIMENTO

A implementação do projeto foi feita utilizando-se as máquinas da rede do laboratório 47 do DSEE (Departamento de Sistemas de Energia Elétrica – FEEC/UNICAMP), em ambiente Windows 95/98 e Red-hat Linux 6.1. Este tipo de configuração foi considerado representativo para a classe de usuário final deste simulador (estudantes universitários de engenharia elétrica). Estes usuários podem ser considerados, do ponto de vista computacional, como “clientes magros” [4], isto é, clientes que atendem, basicamente, a dois requisitos:

- Possuem um computador com um navegador padrão.
- Possuem uma conexão de rede.

Em outras palavras, não deve ser necessária a realização de configurações especiais ou a instalação de software específico para o atendimento, via rede, de um “cliente magro”. As vantagens deste tipo de cliente com relação às arquiteturas de software cliente/servidor tradicionais são:

- Navegadores para a Internet estão disponíveis gratuitamente para download e instalação;
- Problemas com configurações erradas dos clientes são eliminados;
- Não é necessária a instalação de nenhum tipo de software adicional (como citado anteriormente);
- A tecnologia da Internet está baseada em padrões altamente difundidos (como o TCP/IP e a HTML), o que implementa funcionalidades independentes de plataforma de hardware ou sistema operacional;
- Os navegadores da Web pertencem a uma categoria de software de fácil aprendizado e uso.

A linguagem utilizada foi HTML, para composição das páginas de navegação, e Java 1.2, para confecção das representações gráficas. Como a tecnologia da linguagem Java está baseada na transmissão de unidades de software que são interpretadas pelo cliente (as “applets”), através de um interpretador que é automaticamente incluído nos navegadores mais comuns, ela se torna uma plataforma ideal para a implementação de aplicativos para “clientes magros”.

Também foi utilizada JavaScript, para a realização de implementações rápidas durante o desenvolvimento, sem a presença de representações gráficas.

V. SIMULADOR NUMÉRICO DE TCS

Os simuladores numéricos foram implementados utilizando-se Javascript, como uma versão de base para desenvolvimento da versão gráfica. Um diagrama de blocos, representando as etapas do processamento executado pela

máquina do usuário durante todo o processo de simulação, está descrito na figura 2:

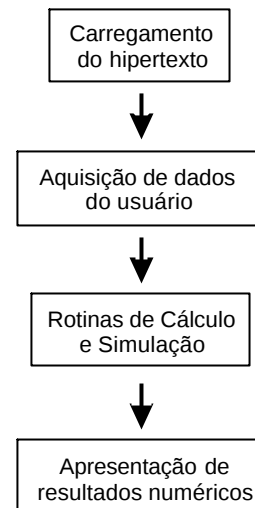


Fig. 2. Etapas do Simulador Numérico

A figura a seguir apresenta a visualização do hipertexto resultante para a transformação das equações de síntese:



Fig. 3. Equações de síntese – Simulador Numérico

Após a inserção dos dados, a transformação é realizada com um clique no botão “calcular”. O tempo requerido para a realização da transformação depende exclusivamente da máquina do usuário, uma vez que o “script” incluído no hipertexto é executado na máquina local. Neste caso, como as equações envolvidas são relativamente simples, a transformação das componentes é bastante rápida. As equações de análise são executadas com o carregamento de um outro hipertexto, e resolvidas de maneira similar.

VI. SIMULADOR GRÁFICO DE TCS

O passo decorrente da utilização de simuladores puramente numéricos é a utilização de representações gráficas em conjunto com os dados numéricos. O diagrama de blocos, dado na figura 4, apresenta as etapas do processamento

executado pela máquina do usuário durante o processo de simulação:

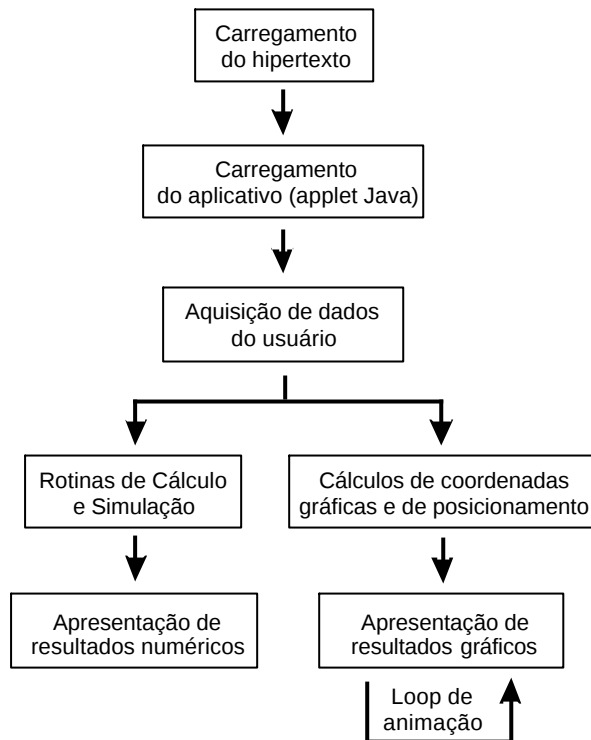


Fig. 4. Etapas do Simulador Gráfico

Na interface programada, as capacidades de transformação de componentes simétricas foram implementadas juntamente com um mecanismo de visualização, que conta com um núcleo de animação, através de um canal independente, atualizando o gráfico cerca de 3 vezes por segundo. Esta animação é necessária para que o gráfico não fique truncado ao se rolar o texto ou área de impressão do hipertexto, o que ocorre em alguns navegadores da Internet.

A figura a seguir apresenta o resultado da simulação das equações de síntese para o simulador gráfico implementado.

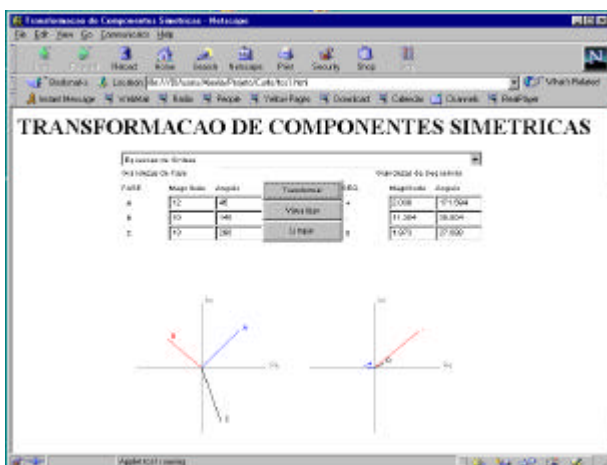


Fig. 5. Equações de síntese – Simulador Gráfico

Novamente, o tempo requerido para a realização da transformação depende exclusivamente da máquina do usuário. Embora a transformação tenha sido quase imediata, como no caso anterior, a abertura do hipertexto mostrou-se um pouco mais demorada, em virtude da necessidade de carregamento da applet Java associada às transformações gráficas.

No caso das transformações de componentes simétricas, o aumento do tempo necessário para o download, em uma conexão típica utilizando um modem comum de 56 kbps e um provedor comercial, foi aumentado em cerca de 5 segundos. Este valor foi obtido através da comparação média entre vários acessos realizados em diferentes dias e horários. Deve-se salientar, entretanto, que o carregamento dos códigos Java do simulador precisam ser carregados apenas uma única vez; após isto, uma infinidade de simulações pode ser realizada sem a necessidade de recarregamento da página, mesmo para a simulação das Equações de Análise.

VII. CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento descrito neste trabalho, verifica-se que o projeto de simuladores para apoio didático de cursos on-line tem como principal objetivo estimular o aprendizado do aluno em um ambiente virtual, devendo, entretanto, ser utilizado em conjunto com outras técnicas de educação à distância já difundidas. Além disso, estes simuladores devem atender às restrições de uso de “clientes magros”, ou seja, a um público final (basicamente composto por alunos convencionais) que não possui capacidades especiais no tocante a hardware e software instalados localmente.

É importante ressaltar que a linguagem Java mostrou-se adequada para este tipo de desenvolvimento, uma vez que é interpretada e bastante difundida entre os navegadores da Internet mais comuns, estando disponível para múltiplas plataformas e sistemas operacionais.

O grande limitante para a implementação de simuladores via Internet é a velocidade das conexões disponíveis atualmente em contrapartida ao tamanho dos aplicativos de simulação, que, para evitar tempos de carregamento prolongados, devem ser relativamente simples. No caso de treinamento utilizando-se redes locais (ou LANs – “Local Area Networks”), pode-se usar algoritmos de simulação significativamente mais complexos, uma vez que as velocidades de tráfego de dados na rede são significativamente mais elevadas. Espera-se, entretanto, com o desenvolvimento tecnológico e difusão do uso da Internet (através, por exemplo, de conexões em banda larga), que aplicativos cada vez maiores possam ser utilizados nos hipertextos sem prejuízo para o usuário.

Deve-se considerar que o tempo necessário obtido para o carregamento dos códigos que constituem o simulador, para casos similares ao problema de transformação de componentes simétricas, é condizente para aplicações de ensino à distância nos moldes atuais, mesmo com a inclusão de representações gráficas.

Finalmente, pode-se salientar que este tipo de implementação (simuladores via Internet) permite a execução

de ensaios, em qualquer horário e local com acesso à Internet, podendo complementar o aprendizado mesmo para disciplinas presenciais.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Campione, K. Walrath, *The Java Tutorial - Object-Oriented Programming for the Internet*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1996.
- [2] EAD UNICAMP. *Artigos 1-14 do servidor de educação à distância da UNICAMP* [on line]. UNICAMP, 2001 [consultado em 5 de julho de 2001]. Disponível na Word Wide Web: <UTL:http://www.ead.unicamp.br>.
- [3] R.A. Earnshaw, D. Watson, *Animation and Scientific Visualization – Tools and Applications*, Academic Press, London, 1993.
- [4] J. Flynn, B. Clarke, *Visual J++: Programando em Java*. São Paulo: Makron Books, 1997.
- [5] L. Harassim, *Learning Networks: a field guide to teaching and learning online*. Cambridge: MIT Press, 1996. Cap. 4.
- [6] C. V. JONES, *Visualization and Optimization*, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1997.
- [7] F. Sato, *Análise de Curto Circuito em Sistemas Elétricos de Potência*. Campinas, Março 1998. 105p. Apostila de Proteção de Sistemas de Energia Elétrica – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas.
- [8] D. Thalmann, *Scientific Visualization and Graphics Simulation*, John Wiley & Sons, New York/Brisbane/Toronto/Singapore, 1990.
- [9] N.M. Thalmann, D. Thalmann, *New Trends in Animation and Visualization*, John Wiley & Sons, New York/Brisbane/Toronto/Singapore, 1991.
- [10] M.L. Crow, A. Pahwa, S.K. Starrett, et. al. Collaborative Distance Education in Power Engineering. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, pp. 3 – 8, Feb. 2000.