

USO DO SOFTWARE ATPDRAW NO ESTUDO DE TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS

Ana Carina Coninch Perin*
Vitor Fernando Couto**

RESUMO

O estudo de transitórios eletromagnéticos é de grande importância, pois é possível, mediante uma proteção adequada, prevenir os danos que esses distúrbios causam no sistema elétrico. Por se tratar de um fenômeno imprevisível e de difícil solução, utilizam-se programas computacionais capazes de simular essas ocorrências. Os programas calculam os transitórios por meio de modelos elétricos de linhas de transmissão, transformadores, disjuntores, geradores, entre outros para realizar as simulações. Desse modo, é possível mensurar as magnitudes das grandezas elétricas envolvidas para determinada situação, como um curto-circuito, e, assim, adotar medidas para a prevenção de possíveis danos decorrentes desse transitório. O *ATPDraw* é um *software* de simulação de transitórios bem conceituado na área da indústria e pesquisa, tanto no Brasil quanto no exterior. Por intermédio das muitas de suas ferramentas, é capaz de calcular desde circuitos simples até os mais complexos. Assim, seu uso é ideal para a graduação como complemento de estudo para matérias básicas da Engenharia Elétrica, como Circuitos e Sistemas Elétricos de Potência.

Palavras-chave: *ATPDraw*. Transitórios eletromagnéticos. Simulação digital.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de potência são responsáveis por produzir, transmitir e distribuir adequadamente energia para os consumidores. Trata-se de uma rede complexa composta por cabos e equipamentos capazes de suprir as necessidades de casas, indústrias, comércio e lavouras. Sua complexidade se deve ao seu tamanho, que cobre grandes extensões territoriais, além disso, a sua interligação faz com que o sistema fique sujeito à propagação de falhas. Dessa maneira, a operação e a proteção do sistema são feitas de modo a minimizar o efeito de transitórios eletromagnéticos, os quais podem causar a queda do desempenho, instabilidades e até o colapso total do sistema.

Até o momento, o Curso de Engenharia Elétrica ofertado pela Unoesc não possui em sua matriz curricular uma matéria específica de Transitórios Eletromagnéticos. O conteúdo é abordado no componente curricular Circuitos Elétricos, porém, não há um enfoque na aplicação em sistemas elétricos. Dessa forma, o aluno aprende algumas ferramentas de cálculo de transitórios eletromagnéticos, porém, não utiliza os modelos dos equipamentos, tampouco consegue entender os fenômenos físicos envolvidos e suas consequências.

Almeida e Silva ([20--], p. 1) destacam o fato de que os alunos possuem cada vez mais *softwares* de qualidade como oportunidade para adquirir conhecimento. O *ATPDraw* é um exemplo desses *softwares*; sendo uma importante ferramenta de simulação e análise de transitórios, é bastante utilizado em pesquisas avançadas, permitindo, também, que, por meio do fórum dos usuários e manuais, até o aluno da graduação possa exercitar o estudo do funcionamento de circuitos.

2 TRANSITÓRIO ELETROMAGNÉTICO

Na análise de transitórios feita com programas de simulação, a representação dos componentes e equipamentos é feita por meio de modelos computacionais que permitem a reprodução assistida do fenômeno estudado (NETO; FERNANDES, 2009, p. 2). Esses circuitos de referência são compostos por associações de capacitores, indutores, fontes, chaves, etc. e equivalem-se ao equipamento real, ou seja, mediante esses modelos é possível observar em ambiente virtual o efeito real dos danos e falhas.

* Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; Joaçaba.anacarinaperin@gmail.com

** Mestre em Sistemas Elétricos de Potência; Doutorando em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Energia, na Universidade Federal de Santa Catarina; vitorfernandocouto@gmail.com

As leis da natureza baseiam-se no princípio fundamental de que para toda ação há uma reação. Do mesmo modo que um lago produz ondas quando atingido por uma pedra, toda perturbação ou modificação em um sistema de transmissão de energia é causadora de um transitório eletromagnético que se propaga pelo sistema. Esses sistemas estão constantemente sujeitos às falhas.

De acordo com Expósito, Conejo e Cañizares (2011, p. 431), é possível classificar o fenômeno transitório em interno e externo. Operações de manobra (chaveamento de banco de capacitores, desligamento de um setor para manutenção, energização de transformadores) e falhas humanas pertencem ao grupo de transitório interno. Por outro lado, fenômenos da natureza, como descargas atmosféricas ou ventanias que danificam a rede são categorizados como externos. Reforçam Neto e Fernandes (2009, p. 2) que chaveamentos, raios e curtos-circuitos estão entre os principais causadores de transitórios.

Conforme Greenwood (1991, p. 2), a súbita alteração de um circuito resulta na necessidade de redistribuição de energia entre os elementos capacitivos e indutivos. Para que esse processo ocorra, os valores de corrente e tensão variam adequadamente, a fim de satisfazer a nova condição do circuito.

Segundo o princípio de conservação de energia, corrente e tensão não alteram seus valores instantaneamente e demandam certo tempo até estabilizarem o circuito (GREENWOOD, 1991, p. 3). Lemos (2008, p. 1) afirma que esse ínterim é chamado de período transitório e corresponde ao intervalo entre um ponto de equilíbrio e outro.

Os efeitos produzidos por esse fenômeno podem ser de grande impacto estrutural e financeiro, são eles a sobrecorrente, a sobretensão e a subtensão. A chamada sobrecorrente caracteriza-se pela injeção brusca de corrente no circuito, podendo comprometer componentes pela dissipação de energia (calor, faíscas e fogo) (EXPÓSITO; CONEJO; CAÑIZARES, 2011, p. 431). Curtos-circuitos, descargas atmosféricas e chaveamentos são causadores de sobrecorrente.

A sobretensão ocorre quando o valor absoluto de tensão é superior ao valor de tensão nominal (tensão em regime permanente). Expõem Expósito, Conejo e Cañizares (2011, p. 432) que ferroressonância, chaveamento de um banco de capacitores e descargas atmosféricas são os tipos de sobretensão em que o seu estudo contribuiu para a correta modelagem de sistemas de proteção. A subtensão é essencialmente o oposto da sobretensão, ou seja, existe quando o sinal elétrico está com valor de tensão abaixo da tensão necessária.

Não há como evitar completamente um transitório, uma vez que muitos deles não dependem exclusivamente de operações de manobra ou falhas técnicas. Salienta-se que todos os esforços no seu estudo são para minimizar os efeitos. Logo, o estudo deste fenômeno é indispensável para o desenvolvimento de equipamentos capazes de suportar variações bruscas de tensão e corrente e para o projeto de redes de energia, e também possibilita a identificação de falhas antes mesmo que ocorram.

Felizmente, nos dias de hoje, os engenheiros contam com algumas opções de *softwares* e ferramentas computacionais que, além de outras funções, podem ser utilizados para estudo de transitórios. Bons exemplos desse tipo de *software* são MATLAB, Simulink e PSCAD. Porém, tanto no setor de energia nacional quanto no internacional o uso do *ATPDraw* é merecedor de atenção.

3 *ATPDRAW*

Idealizado pelo professor Herman W. Dommel durante os anos 1960, o software EMTP (Electromagnetic Transients Program) permitia ao usuário simular circuitos simples através de modelos de capacitores, indutores, resistências, chaves e fontes (TAVARES; CAMPOS; PRADO, 2003, p. 6). Ainda segundo Tavares, Campos e Prado (2003, p.6), Dommel trabalhou na BPA (Boneville Power Administration) até 1973, e com isso o EMTP foi aprimorado de vários colaboradores.

Afirmam Tavares, Campos e Prado (2003, p. 8) que nas décadas de 1970 e 1980, novos coordenadores passaram a trabalhar no desenvolvimento do EMTP, entre eles a empresa EPRI (Electric Power Research Institute), que passou a investir no software. Um grupo de coordenação de desenvolvimento foi criado para trabalhar com Scott Meyer, o então coordenador do projeto. Porém, conflitos romperam a cooperação da EPRI, e Meyer produziu uma nova versão do software baseado em um modelo antigo do EMTP. Esse software foi chamado de ATP (Alternative Transients Program) e conforme Høidalen, Prikler e Hall (1999, p. 7), desde 1992 é continuamente aprimorado.

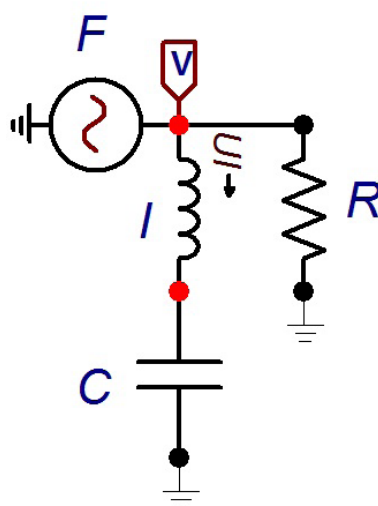
Em meados dos anos 2000, uma importante modificação foi feita. Tratava-se de um pré-processador gráfico acoplado ao *ATP*, em que o usuário passava a utilizar o mouse para montar um circuito elétrico por meio de modelos de componentes predeterminados (HØIDALEN; PRIKLER; HALL, 1999, p. 7). Desse modo, Ceraolo e Barsali (2001, p. 698) concordam que a adição do processador gráfico no *ATP*, agora chamado de *ATPDraw*, tornou o uso do *software* mais simples e didático.

A *interface* gráfica trabalha com a entrada de dados pelo mouse, em que o usuário seleciona e insere o componente desejado. Os blocos do *software* são representados pelo modelo gráfico dos componentes e correspondem a um grupo de linhas de programação. Esses dados são compilados e, então, por meio da ferramenta *PlotXY*, a solução das variáveis predefinidas pelo usuário é representada em formas de onda em função do tempo.

4 ESTUDO DE CASO

Um circuito RLC, que consiste em um resistor, um indutor e um capacitor, ligados a uma fonte de tensão, é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Circuito RLC modelado no *ATPDraw*



Fonte – os autores.

O circuito foi simulado por meio do *software ATPDraw*, e seus parâmetros estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados do Circuito RLC

Parâmetros	
Fonte de Tensão Senoidal	220 [V] / 60 [Hz]
Resistor Ideal	100 [Ω]
Indutor Ideal	1000 [mH]
Capacitor Ideal	0.5 [μ F]

Fonte: os autores.

A fim de estudar o comportamento transitório da tensão e corrente ocorrido nesse circuito durante o chaveamento da fonte de tensão senoidal, configurou-se, em um primeiro momento, o tempo em que a fonte é energizada para -1 segundo. Dessa forma, é possível visualizar o circuito apenas em regime permanente, ou seja, condição em que não há perturbações em razão do chaveamento da fonte, pois no tempo 0 segundo, o circuito já se

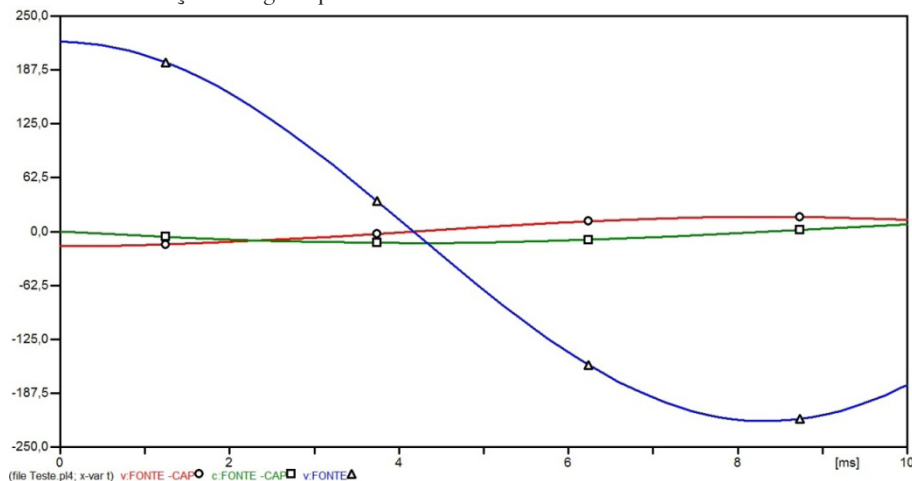
encontra em regime estacionário. Em uma segunda simulação, modificou-se o tempo do fechamento da fonte de tensão para 0 segundo. Nessa situação, é possível verificar a diferença em relação ao caso anterior em decorrência do comportamento transitório no momento em que a fonte de tensão é conectada. Tanto o Gráfico 1 quanto o Gráfico 2

apresentam simulações do circuito RLC mostrado na Figura 1, porém, com tempos de chaveamento da fonte de tensão diferentes.

As curvas de tensão e corrente no indutor estão destacadas em vermelho e verde, respectivamente, com um fator multiplicado por 300 na curva de corrente para melhor visualização. Já a tensão na fonte está representada pela curva em azul.

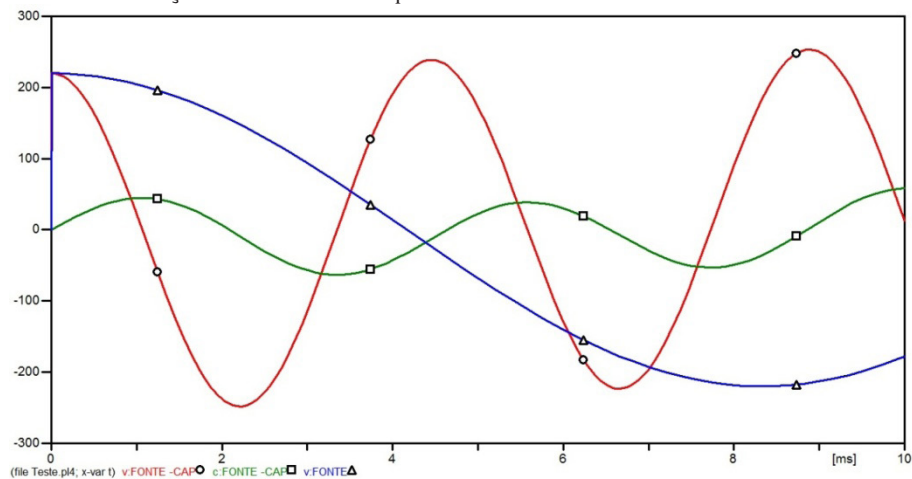
O Gráfico 1 mostra o circuito em equilíbrio, uma vez que a fonte de tensão foi configurada para não influenciar em seu funcionamento. Já no Gráfico 2, o chaveamento da fonte de tensão causou sobrecorrente e sobretensão no indutor. Comparando-se a diferença de amplitude e frequência das medidas de tensão e corrente em ambas as situações, fica bastante clara a ação do transitório no circuito. Esse modelo de simulação foi inspirado em Marinho et al. (2012, p. 2).

Gráfico 1 – Situação de regime permanente



Fonte: os autores

Gráfico 2 – Situação transitória causada pelo chaveamento da fonte de tensão



Fonte: os autores

Algumas funcionalidades foram acrescentadas ao longo do tempo no *software*, as quais fazem uma diferença notável, entre elas são a análise de harmônicas, os modelos de transformadores e a configuração de cabeamento (utilizado na análise de transitórios eletromecânicos). Além disso, há um grupo de discussão oficial do *ATPDraw* composto por vários usuários, além de alguns desenvolvedores. Trata-se de um meio de contribuir para o auxílio de iniciantes no estudo dos transitórios e para análises avançadas de caso, uma vez que o *ATPDraw* é bastante utilizado na pós-graduação e em pesquisas avançadas.

5 CONCLUSÃO

O estudo dos transitórios eletromagnéticos precoce é um diferencial importante para futuros engenheiros eletricitistas, considerando-se que a maior parte dos problemas encontrados em equipamentos de grande porte e de linhas de transmissão é causada por transitórios.

Sowa e Wiater ([20--], p. 4) defendem que o *software* é ideal para o estudo de transitórios. O manual desenvolvido durante o projeto foi produzido visando à familiarização dos alunos da engenharia da Unoesc com o programa, sendo esta uma forma de incentivar futuras pesquisas.

De forma geral, o *ATPDraw* mostrou-se inicialmente bastante desafiador. Para uma correta modelagem é necessário configurar adequadamente o circuito, ajustar constantemente o tempo de simulação e ter cautela com os pequenos erros de montagem e configuração. Porém, não há como negar que se trata de uma poderosa ferramenta de estudo, com a qual o aluno da graduação apenas beneficia-se ao inseri-la em sua rotina e não apenas como complemento de estudo, mas também como prévio contato com a engenharia pura.

Use of ATPDRAW software on the study of electromagnetic transients

Abstract

The study of electromagnetic transients has great importance because it is possible, through proper protection, to prevent the damage that these phenomena cause to the electrical system. As this is an unpredictable phenomenon and difficult to solve, we use computer programs capable of simulating such occurrences. The programs calculate the transient models through electrical transmission lines, transformers, breakers, generators and others to perform the simulations. Thus, it is possible to measure the magnitude of the electrical quantities involved for a given situation, such as a short circuit, and, thus, take measures to prevent possible damage from the transitional. The ATPDraw is a reputable transient simulation software in the field of industry and research, both in Brazil and abroad. Through many of his tools, it is able to calculate from simple to the most complex circuits. Therefore, its use is ideal for graduation as study complement to basic subjects of Engineering, such as Circuits I and II.

Keywords: ATPDraw. Electromagnetic Transient. Digital Simulation.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Nival Nunes; SILVA, Bernardo Severo F. **O Desafio do Ensino de Circuitos Elétricos na Formação Básica em Engenharia Elétrica na UERJ**. Rio de Janeiro: UERJ, [20--].

CERAOLO, Massimo; BARSALI, Stefano. Simulation of Electromagnetic transients in Power systems: a comparison between ATP/ATPDRAW and SIMULINK/PSB environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEMS TRANSIENTS, 4., 2001. **Anais...** Rio de Janeiro, 2001.

EXPÓSITO, Antônio Gomez; CONEJO, Antonio J.; CAÑIZARES, Claudio. **Sistemas de energia elétrica: Análise e Operação**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GREENWOOD, Allan. **Electrical Transients in Power Systems**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1991.

HØIDALEN, Hans Kristian. **ATPDraw – The graphical preprocessor to ATP Electromagnetic Transients Program**. 2012. Disponível em: <<http://www.ATPDraw.net/index.php>>. Acesso em 16 jul. 2014.

HØIDALEN, Hans Kristian; PRIKLER, Laszlo; HALL, James L. *ATPDraw – Graphical Preprocessor to ATP*. Windows version. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEMS TRANSIENTS, 1999. **Anais...** Budapeste, 1999.

LE MOS, João Ricardo F. **Modelagem de linhas de transmissão para estudos de transitórios eletromecânicos**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MARINHO, Gisele S. P. et al. Simulação de Circuitos Introdutórios ao Programa *ATPDraw* / EMTP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – SBSE, 4., 2012. **Anais...** Goiânia, 2012.

NETO, Antonio Samuel; FERNANDES, Alecio Barreto. Efeito da modelagem da carga para estudos de transitórios eletromagnéticos em sistemas de transmissão. In: ERIAC, 13., 2009. **Anais...** Puerto Iguazú, maio 2009.

SOWA, Andrzej; WIATER, Jaroslaw. **Program ATP/EMTP in overvoltage education**. Poland: Bialystok Technical University, [20--].

TAVARES, Maria Cristina Dias; CAMPOS, Paulo Guidetti; PRADO, Paulo. **Guia Resumido do ATP: Alternative Transient Program**. Campinas: Universidade Estadual de Minas, 2003. Apostila.