



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco – Brasil

### Desenvolvimento de Modelos de Dispositivos no ATPDraw para Simulação de Partida de Motores

<b>André L. A. de Araújo</b>	<b>Gabriel D. Sousa</b>	<b>J. Tavares de Oliveira</b>
<b>COSERN</b>	<b>CDI Power</b>	<b>UFRN</b>
andre.araujo@cosern.com.br	gabriel@dca.ufrn.br	jtavares@ct.ufrn.br
<b>Andrés O. Salazar</b>	<b>J. Alberto N. de Oliveira</b>	<b>M. Firmino de Medeiros Jr.</b>
<b>UFRN</b>	<b>UFRN</b>	<b>UFRN</b>
andres@dca.ufrn.br	nicolau@ufrnet.br	firmino@dca.ufrn.br

#### PALAVRAS-CHAVE

ATPDraw

Partida de Motores

Simulação

#### RESUMO

O presente artigo descreve o desenvolvimento de módulos para simulação de partida de motores de indução através dos dispositivos Soft Starter, Estrela-Triângulo e Partida Compensadora, usando a ferramenta computacional ATPDraw.

O Objetivo do trabalho é tornar o software ATPDraw capaz de simular o impacto causado pelo dispositivo de partida escolhido em uma rede de distribuição, geralmente na forma de afundamentos de tensão de curta duração, onde o usuário poderá mensurar se um motor a ser instalado em um determinado ponto da rede poderá causar danos consideráveis ao sistema.

#### 1. INTRODUÇÃO

Dentre os vários itens que abrangem o estudo da qualidade de energia elétrica destaca-se a variação de tensão de curta duração, ou VTCD, que é a classe de fenômenos na qual os afundamentos de tensão causados por partida de motores normalmente se enquadram. A análise desse distúrbio se torna cada vez mais importante devido à possibilidade de afetar e danificar cargas, principalmente em indústrias, que são consideradas cargas com grande importância e valor. Sendo assim, seria de grande valor uma ferramenta capaz de antecipar possíveis perturbações desse fenômeno.

Este trabalho restringiu-se à análise de afundamentos de tensão causados por partida de motores que, devido à exigência de uma alta corrente de partida para que o motor possa ser acionado, tem como consequência possíveis afundamentos em nós eletricamente próximos ao que o motor encontra-se instalado.

O ambiente escolhido para o desenvolvimento dos módulos foi o ATPDraw (Alternative Transient Program), tendo em vista que é um software bastante consolidado e utilizado para simulações na área de sistemas de potência, além de possibilitar trabalhar em tempos transitórios, facilitando a medição dos afundamentos de tensão gerados nas simulações. Outra vantagem de se trabalhar no ATP é a possibilidade de escrever algoritmos que podem controlar blocos e facilitar a construção de ferramentas que interagem com outros componentes do sistema através da ferramenta models.

Dos métodos de partida descritos neste trabalho temos o Soft Starter, que consiste em um dispositivo eletrônico composto por uma ponte de tiristores em antiparalelo e um dispositivo de controle do ângulo de disparo dos tiristores, fazendo variar a tensão eficaz no motor. Assim, pode-se controlar a corrente de partida do motor gerando uma partida suave.

O segundo, é a partida estrela-triângulo, onde é interligada uma chave aos enrolamentos de um motor fazendo com que, no momento da partida, estes se conectem em configuração estrela e sob tensão fase-neutro, gerando uma corrente de partida menor do que se o motor já partisse em triângulo com tensão fase-fase, o que ocorre apenas quando o motor chega a 90% da sua velocidade nominal.

O terceiro método será a partida compensadora, que, através de um autotransformador pode-se escolher se entre *taps*, fazendo com que o motor parta com uma tensão abaixo da nominal. Geralmente os *taps* utilizados são 50%, 65% e 80% sendo os disponibilizados no modelo construído.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A primeira etapa do desenvolvimento se deu com a obtenção de um modelo de motor de indução e a simulação da sua partida, ou seja, partida direta. O motor utilizado possui as especificações de 2.2 CV, 220V, 60Hz e 4 pólos. Na figura 1 temos a representação da simulação da partida direta do mesmo e em seguida nas figuras 2 e 3 temos os resultados da simulação através da corrente no estator e velocidade do rotor, respectivamente.

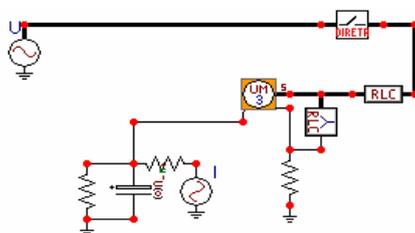


Figura 1 - Simulação de Partida Direta no ATPDraw

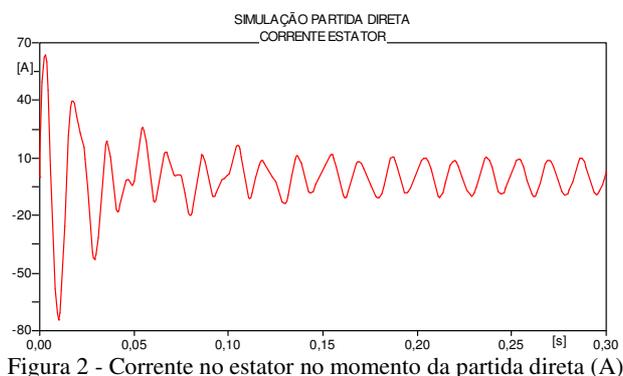


Figura 2 - Corrente no estator no momento da partida direta (A)

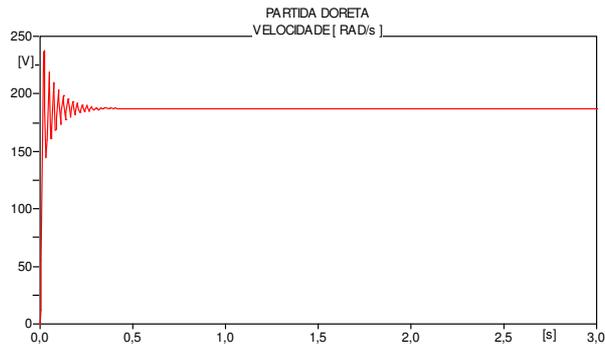


Figura 3 – Velocidade do rotor na partida direta (rad/s)

Após obter o modelo do motor e os resultados das simulações para uma partida direta, apresentam-se os métodos de partida criados no ATPDraw, onde sempre iremos comparar os resultados com os obtidos na partida direta.

### 2.1. SOFT-STARTER

O Soft Starter consiste em um dispositivo composto por tiristores em configuração antiparalelo que, através do controle do ângulo de disparo desses tiristores pode-se controlar a tensão eficaz a qual o motor será submetido, e assim gerar uma partida suave evitando picos de corrente e conseqüentemente afundamentos de tensão.

Na figura 4 podemos perceber como foi construído o bloco que permite a simulação do soft-starter no ambiente ATPDraw.

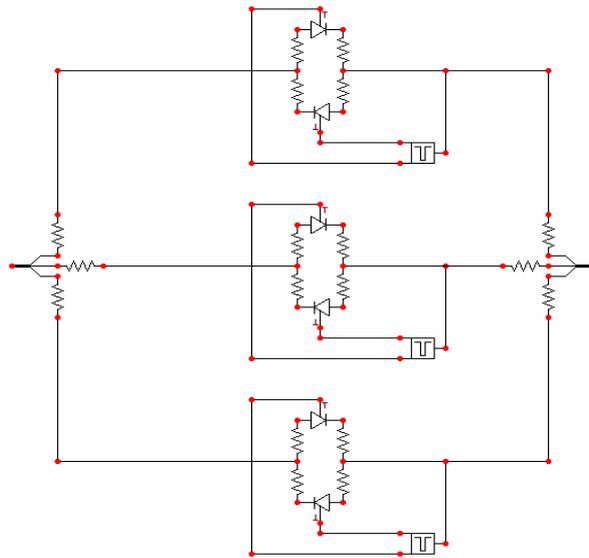


Figura 4 – Soft-Starter no ATPDraw

Através da colocação de três pares de tiristores, um em cada fase, em configuração antiparalela e blocos de controle responsáveis pelo gatilhamento dos tiristores, obteve-se o modelo que implementa o soft-starter. O bloco de controle foi criado através da ferramenta MODELS do ATP, onde se implementa uma rotina que monitora a onda de tensão que vem da fonte e, a cada ciclo dessa onda, permite-se a condução apenas quando o valor de *alfa* (ângulo de disparo dos tiristores), for ultrapassado. Além disso, o valor de *alfa* sofre um decremento até que a onda de tensão seja conduzida “por completo”, esse decremento é um valor que dependerá do ângulo inicial e do tempo de partida, que são os parâmetros que o usuário deverá configurar.

Em seguida, utilizando o recurso do ATPDraw de contrair um circuito dentro de um bloco, podemos visualizar na figura 5 como o usuário irá manipular o soft starter, considere que todo o circuito da figura 4 está contido no bloco soft-start da figura 5.

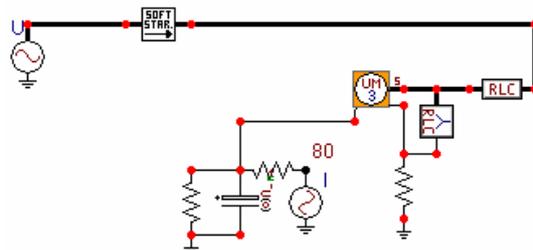


Figura 5 – Simulação da partida Soft Starter no ATPDraw

Na simulação, utilizando o mesmo motor da partida direta obtiveram-se os resultados demonstrados nas figuras 6 e 7, respectivamente corrente no estator e velocidade do rotor.

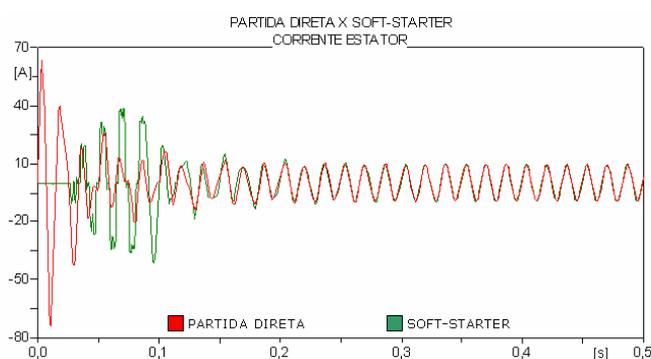


Figura 6 – Corrente no Estator (A) - Comparação entre Soft Starter e Partida Direta

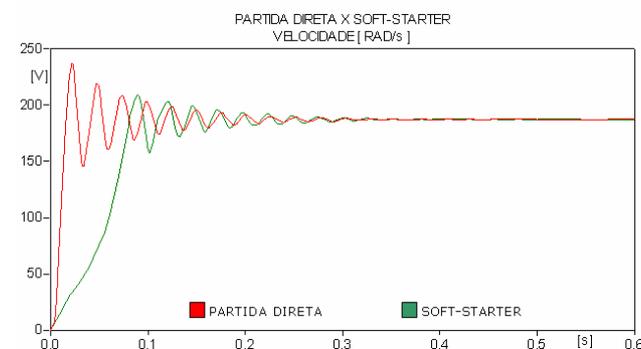


Figura 7 - Velocidade no Rotor (rad/s) - Comparação entre Soft Starter e Partida Direta

Pode-se perceber que devido à adição do bloco de controle de tensão, obtivemos um valor máximo de corrente menor do que os gerados pela partida direta. Para essa simulação utilizou-se um ângulo de partida de  $135^\circ$  e um tempo de partida de 0,16 segundos.

## 2.2. PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO

A partida estrela-triângulo consiste na interligação de uma chave aos enrolamentos de um motor, que possibilita a mudança da forma de ligação dos enrolamentos de estrela para triângulo. Então no momento da partida do motor é utilizada a ligação em estrela, o que ocasiona uma tensão fase-neutro e, após o motor atingir em torno de 90% da sua velocidade nominal, altera o tipo de ligação para triângulo fazendo com que a tensão nominal seja atingida.

Porém, esse método possui a necessidade de que os seis terminais dos enrolamentos estejam disponíveis para que se possa conectar a fase e fazer a comutação entre os tipos de ligação. Por isso,

teve-se que utilizar um artifício no ATPDraw para que o método pudesse ser construído, já que o ATP não disponibiliza nenhum modelo de motor com a configuração desejada.

Na verdade, de acordo com a figura 8, colocaram-se três transformadores e seis chaves que fazem com que a tensão que chegue ao motor varie entre tensão de fase e de linha, o que simula o princípio de funcionamento da chave estrela-triângulo “convencional”.

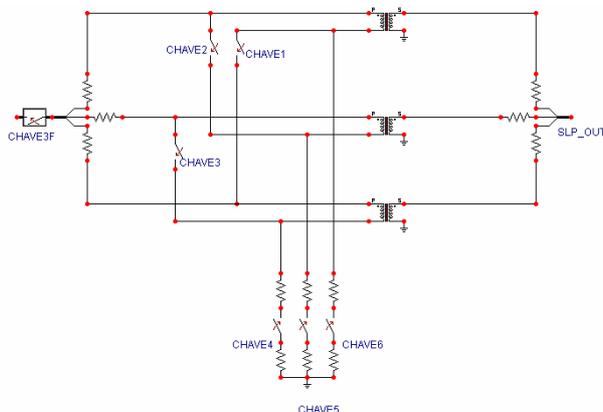


Figura 8 – Chave Estrela-Triângulo no ATPDraw

Realizando novamente a contração de todo o bloco da figura 8 para um só, como é utilizado na figura 9, podemos perceber novamente como será simples a utilização dos blocos de simulação de partida de motores no ATPDraw, onde será necessária apenas a troca de um bloco por outro.

Na figura 10, apresenta-se a medição de tensão durante a partida. Percebe-se que um valor é 1,73 (raiz quadrada de três) vezes maior que o outro, que é a relação entre tensão de linha e de fase.

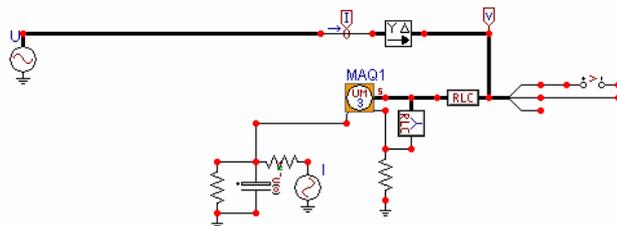


Figura 9 – Partida Estrela-Triângulo no ATPDraw

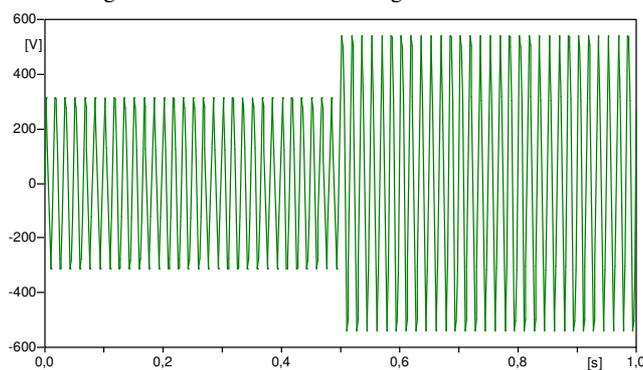


Figura 10 – Tensão de Linha no Motor (V)

Comparando-se com a simulação realizada pra a partida direta, têm-se os resultados das figuras 11 e 12. Observa-se que ocorreu novamente uma atenuação do pico da corrente de partida.

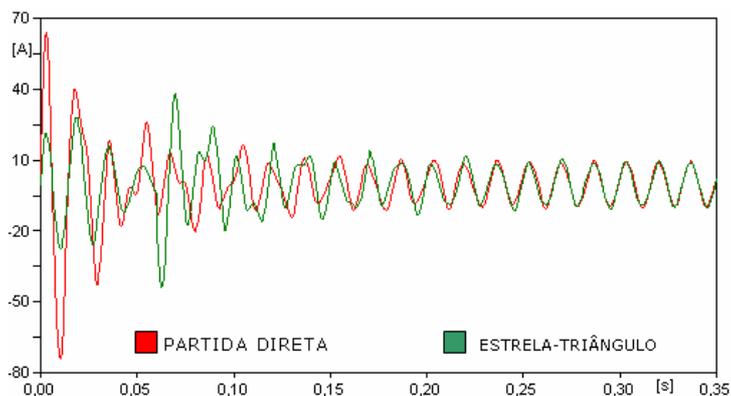


Figura 11 - Corrente no Estator (A) - Comparação entre Estrela-Triângulo e Partida Direta

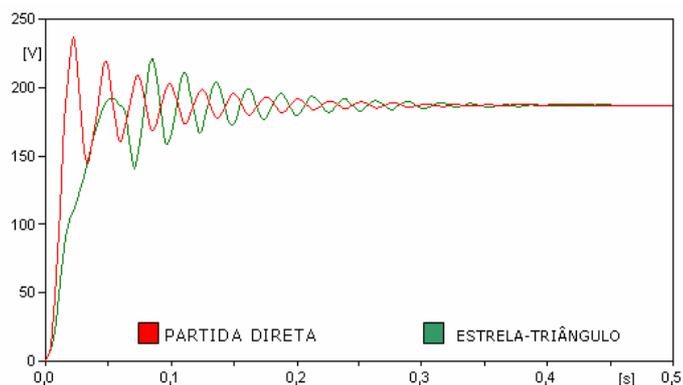


Figura 12 - Velocidade no Rotor (rad/s) - Comparação entre Estrela-Triângulo e Partida Direta

### 2.3. CHAVE COMPENSADORA

A partida compensadora é conseguida com a colocação de um auto-transformador que, no momento da partida no motor, vai diminuir a tensão por um fator determinado, normalmente para 50%, 65% ou 80% da tensão nominal. Conseqüentemente tem-se uma diminuição da corrente de partida.

A figura 13, a seguir, mostra como foi obtido o modelo da chave compensadora no ATPDraw. Como não havia um modelo de auto-transformador que atendesse aos requisitos para realizar a simulação da chave compensadora, utilizou-se o artifício de deixar três auto-transformadores previamente ajustados, um para cada *tap*, e um bloco de controle que vai fechar as chaves de acordo com a escolha do usuário. Quando o tempo de partida, também configurado pelo usuário, for atingido, o bloco de controle vai “by-passar” os auto-transformadores fazendo com que 100% da tensão chegue ao motor.

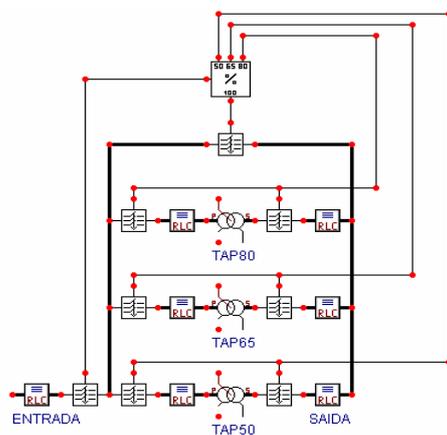


Figura 13 – Chave Compensadora no ATPDraw

Novamente, todo esse circuito fica transparente para o usuário, que poderá utilizar apenas o bloco contraído como mostrado na figura 14.

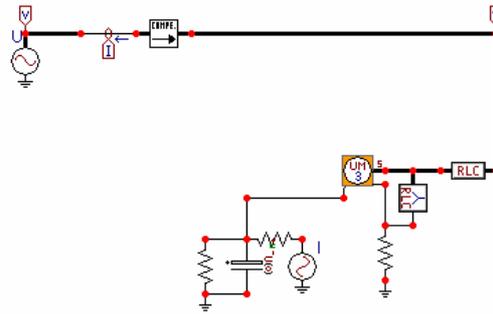


Figura 14 – Simulação Chave Compensadora no ATPDraw

A Figura 15 mostra a onda de tensão aplicada ao motor, para a escolha de um tap de 65%.

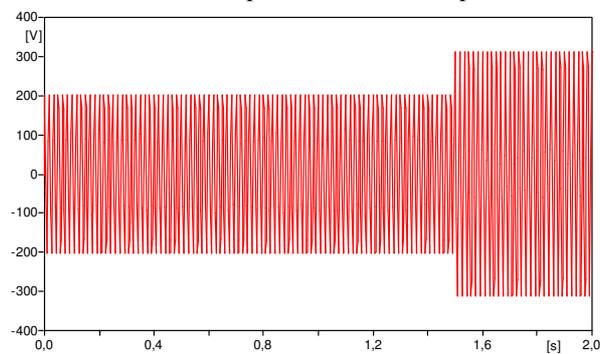


Figura 15 – Tensão aplicada ao motor com chave compensadora em tap de 65%

Em seguida, apresenta-se a comparação entre partida direta e chave compensadora nas figuras 16 e 17.

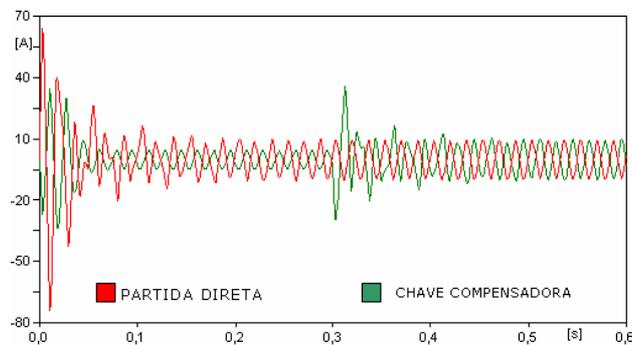


Figura 16 - Corrente no Estator (A) - Comparação entre Chave Compensadora e Partida Direta

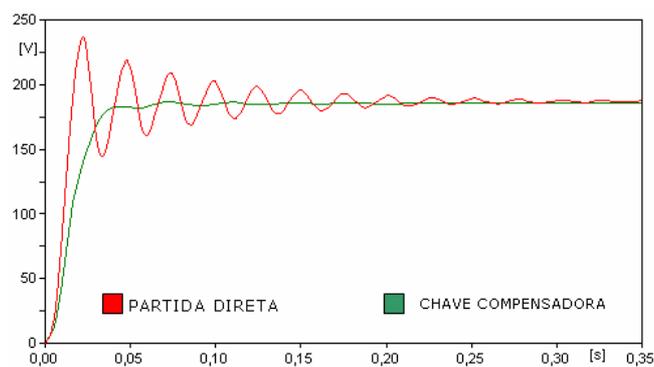


Figura 17 - Velocidade no Rotor (rad/s) - Comparação entre Chave Compensadora e Partida Direta



### 3. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, pôde-se concluir sobre a viabilidade do uso da ferramenta ATPDraw para simulação de partida de motores de indução através de dispositivos como soft starter, chave estrela-triângulo e compensadora, permitindo a visualização do afundamento de tensão que podem ocorrer nesses casos.

A ferramenta demonstrou-se de fácil manipulação. Trabalha-se atualmente em um outro programa para, através dos arquivos gerados pelo atp, realizar um diagnóstico e escrever um relatório sobre a utilização dos métodos e os afundamentos de tensão decorrentes de sua aplicação. Dessa forma, automatiza-se a análise e evita-se a inconveniência da análise gráfica em cada simulação que o usuário decidir gerar, além de tornar os resultados mais precisos.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L Dubé, “Users Guide to MODELS in ATP”. April 1996.
- [2] J. A. Filho e M. P. Pereira, “ATPALTERNATIVE TRANSIENTS PROGRAM – Curso Básico Sobre a Utilização do ATP” – CLAUE, Última revisão: nov/1996
- [3] “Módulo 1 – Comando e Proteção”, WEG Indústrias S.A. – Centro de Treinamento de Clientes.
- [4] Magnus Kjellberg, Sören Kling, “SOFTSTARTER HANDBOOK“, ABB, disponível no site: <http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/>, em 13/05/2007.
- [5] **Siemens AG**. Correntes de Curto-Circuito em Redes Trifásicas. Editora Edgard Blucher LTDA. Tradução 5ª Edição Alemã. Set/1975.