

SOFTSTARTER – POSSIBILIDADE DE MELHORIA NA EFICIÊNCIA DO ACIONAMENTO DE MOTORES E BOMBAS HIDRAULICAS

Marco Damasceno de Sousa *

RESUMO

Todos os processos, sejam eles industriais ou não, visam a melhor eficiência em sua execução, e com isso, obtém-se conseqüentemente maior rendimento e maior competitividade. Pensando nessa ideia, esse artigo tem como objetivo revisar os principais métodos de partida de motores e bombas hidráulicas, fazendo assim uma revisão de suas principais características e particularidades. Veremos as principais características das chaves de partida direta, partida estrela-triângulo e *softstarter*. Porém, será dada maior ênfase a utilização da chave estática *softstarter* para acionamento de bombas hidráulicas, pois utilizando esse equipamento para o acionamento de bombas, podemos evitar o fenômeno conhecido como golpe de aríete, que é muito prejudicial ao sistema hidráulico onde a bomba está inserida. Veremos também que com a utilização da *softstarter*, temos a possibilidade de fazer o acionamento de vários motores utilizando apenas uma chave, barateando assim o sistema.

Palavras-chaves : Bombas hidráulicas, Golpe de aríete, *Softstarter*.

*Graduado em tecnologia em mecatrônica industrial pelo instituto federal do ceará (IFCE), pós-graduando em automação industrial pela faculdade AVM, atualmente é professor substituto do IFCE e leciona disciplinas como instalações elétricas, comandos elétricos e eletrônica digital.

1 INTRODUÇÃO

O momento mais crítico na partida de máquinas elétricas é justamente no início do acionamento da máquina, pois é nesse instante que a máquina demanda mais corrente do sistema elétrico, devido a mudança de um estado de inércia. No momento da partida, essa corrente costuma atingir valores da ordem de seis a oito vezes o valor da corrente nominal, esse pico de corrente nós chamamos de corrente de pico (FRANCHI, pag. 154). A amplitude e o tempo da corrente de pico depende das condições de partida, se o motor estiver sobre carga, a corrente de pico será maior, assim como o tempo necessário para o motor estabilizar na sua corrente nominal, se o motor estiver a vazio, no momento da partida, a corrente de pico será menor, assim como o tempo para o mesmo se estabilizar na sua corrente de regime (FRANCHI, pag. 155).

Muitos métodos são utilizados para se fazer o acionamento de máquinas de indução, os mais conhecidos são os tradicionais métodos de partida direta e partida estrela-triângulo. Porém, com o avanço dos componentes de estado sólido, estão sendo difundidos as partidas estáticas, que são equipamentos eletrônicos destinados especificamente para tal função (acionamento de máquinas de indução), essas chaves estáticas são conhecidas como *softstarter* ou chave de partida suave ou até mesmo chaves de partida eletrônica.

Podemos dizer que o “cavalo de troia” da indústria mundial é a máquina de indução trifásica, para se ter uma ideia estudos apontam que, nas indústrias, os motores elétricos são responsáveis por 49% de toda energia elétrica consumida dentro de seus processos (ELETROBRAS, 2002). Portanto, aprimorar a eficiência energética e a redução dos custos de manutenção são medidas relevantes para todas as indústrias que querem ser competitivas no mercado.

2 PRINCIPAIS MÉTODOS DE PARTIDA DE MÁQUINAS ELÉTRICAS.

Os métodos mais tradicionais para acionamento de máquinas de indução trifásica são, partida direta e estrela-triângulo, porém, com a tecnologia dos componentes de estado sólido em evolução, novas propostas vêm aparecendo no mercado como é o caso das chaves *softstarter* e inversores de frequência.

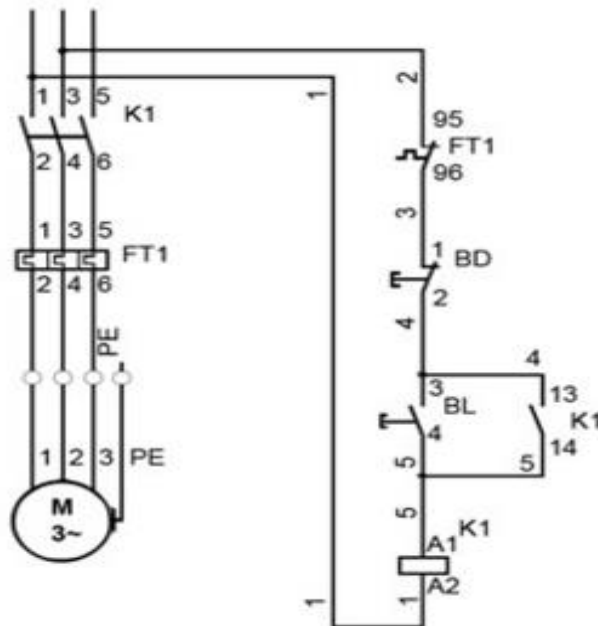
2.1 Partida direta.

A partida direta é a forma mais simples de partir um motor elétrico, na qual as três fases são ligadas diretamente ao motor, ocorrendo um pico de corrente. Por imposição das concessionárias, só devem ser acionados motores abaixo de 5CV no ambiente comercial e rural e abaixo de 10CV no contexto industrial (FRANCHI, pag. 154).

No momento do acionamento de motores por meio de partida direta, a corrente de pico pode atingir de 6 a 8 vezes a corrente nominal do motor, essa elevada corrente no momento da partida pode ocasionar alguns problemas no sistema elétrico de alimentação, como por exemplo, quedas de tensão e mau funcionamento de outros equipamentos ligados nessa mesma rede. Por esse motivo, as concessionárias recomendam acionamento de máquinas por meio de partida direta, em motores de até 10CV nas indústrias.

A tradicional partida direta de motores elétricos trifásicos pode ser considerada como recurso ideal quando deseja-se usufruir do desempenho máximo nominais de um motor elétrico trifásico, como por exemplo o torque de partida (MORAIS, 2012). Na partida direta, o motor atinge sua velocidade nominal em poucos segundo.

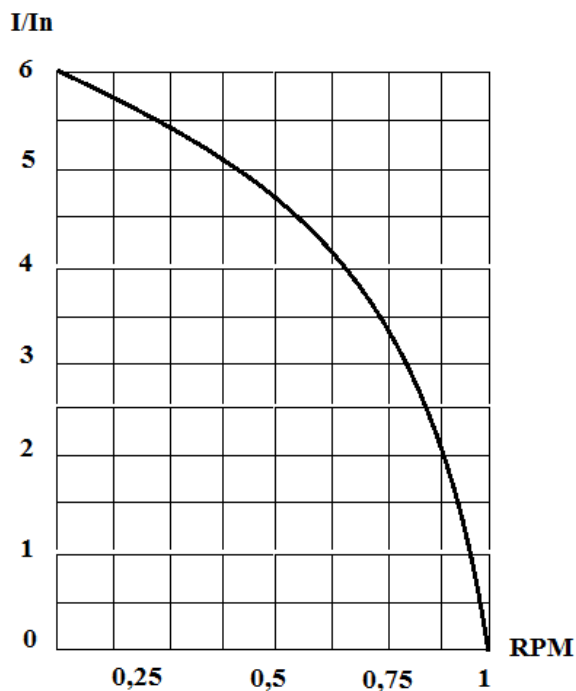
Figura 01: esquema elétrico do método de partida direta.



Fonte: Minulight, eletrotécnica. (<http://www.minulight.com.br/>)

A ligação da rede elétrica para o motor é feita de maneira direta passando apenas por meio de uma contatora chamada K1. Essa contatora é responsável por ligar a rede de alimentação ao motor. O método de partida direta é normalmente utilizado em máquinas que precisam de um elevado conjugado de partida. Abaixo podemos visualizar o comportamento da corrente de pico no momento da partida do motor. Podemos notar que a corrente de pico é de 6 vezes o valor da corrente nominal, e a medida que o motor vai ganhando velocidade, a corrente diminui até atingir seu valor de regime.

Figura 02: Comportamento da corrente na partida direta.



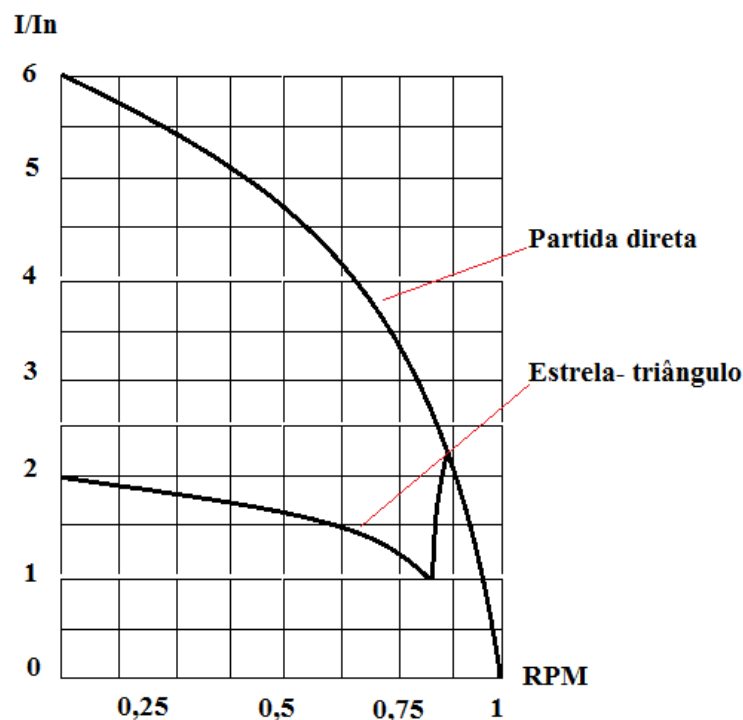
Fonte: Minulight, eletrotécnica.(<http://www.minulight.com.br/>)

2.2 Estrela-triângulo

A partida estrela-triângulo consiste na ligação do motor em configuração estrela, e depois de ter decorrido um certo tempo, que é programado por um temporizador, o motor é automaticamente ligado em triângulo. O motor parte em estrela, isto é, com 58% da tensão nominal nas bobinas e depois é ligado com tensão nominal. Esse método de partida proporciona uma diminuição da corrente de partida em aproximadamente 33% de seu valor nominal. (FRENCHI, 2008).

Esse método de partida deve ser usado em aplicações onde o conjugado resistente da carga é menor ou igual ao conjugado do motor quando este é ligado em estrela. Entretanto, a partida estrela-triângulo é usada quase que exclusivamente para partida de máquinas a vazio, pois já que a corrente de partida é reduzida no momento da partida, o conjugado do motor também é reduzido na mesma proporção, perdendo assim parte de seu conjugado (FRANCHI, 2008). Nesse método de partida, o motor atinge sua velocidade nominal em poucos segundos assim como na partida direta, isso quando o conjugado do motor é bem maior do que o conjugado resistente da carga. Na figura abaixo, podemos visualizar o comportamento da corrente de partida do motor utilizando o método de partida estrela-triângulo.

Figura 03: Comportamento da corrente no método estrela-triângulo.

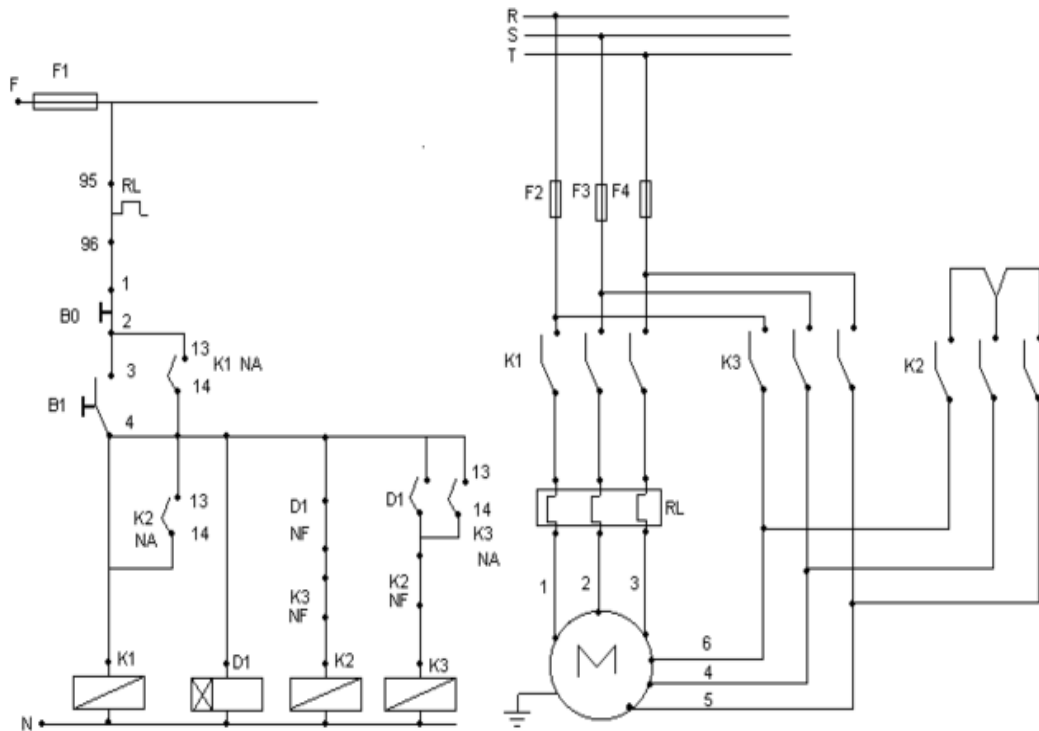


Fonte: Minulight, eletrotécnica.
(<http://www.minulight.com.br/>)

Podemos notar também que, existe um segundo pico quando o motor atinge mais ou menos 85% de sua rotação nominal. Esse segundo pico é referente a passagem do motor da ligação estrela para a ligação em triângulo, porém, podemos notamos que o segundo pico é ainda bem menor do que no método de partida direta. A medida que o motor ganha velocidade (RPM), a corrente diminui até atingir a corrente de regime

imposta pela carga. Na figura abaixo, podemos visualizar o esquema elétrico da partida estrela-triângulo.

Figura 04: esquema de comando da partida estrela-triângulo.



Fonte: Mega service serviços elétricos. (<http://www.eletricista-evandro.blogspot.com.br/011/07/desenho-eletrico-partida-estrela.html>)

2.3 Softstarter

As chaves de partida *softstarter* são equipamentos que fazem uso da eletrônica de potência para o acionamento suave de máquinas de indução, o próprio nome sugere isso, *softstarter* vem do inglês que significa partida suave ou partida macia. A partida suave com as *softstarters* é possível devido à redução da tensão na partida de motores de indução em corrente alternada (FRENCHI, 2008). As *softstarters* empregam componentes de estado sólido para controlar o fluxo de corrente e, conseqüentemente, a tensão aplicada no motor de indução. (MECATRÔNICA. A, 2013). As chaves *Softstarters* são chaves de partida estática, projetadas para a aceleração, desaceleração e proteção de motores elétricos de indução trifásicos, através do controle da tensão aplicada ao motor.

Na figura abaixo, vemos alguns exemplares da marca WEG , entretanto, existem diferentes modelos e diferentes fabricantes como Siemens, Toshiba etc.

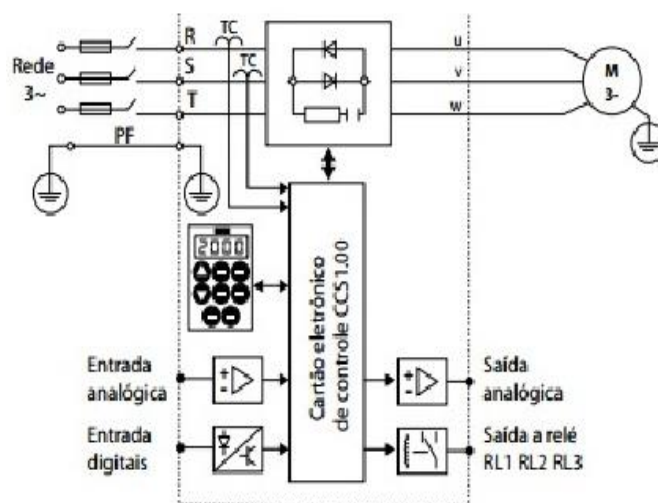
Figura 05 : Softstarter SSW06 WEG



Fonte: Empresa WEG, catálogos de produtos WEG. (www.weg.net)

O princípio de funcionamento das chaves *softstarter* está baseado no controle do ângulo de disparo de uma ponte tiristorizada que tem tiristores ligados dois a dois em cada fase. Controlando o ângulo de disparo desses tiristores, a *softstarter* controla o fluxo de potência entregue ao motor. Abaixo, na figura 06 podemos visualizar o diagrama em blocos desse equipamento. O microprocessador, além de controlar todo o sistema de controle do equipamento, é também o responsável por controlar o ângulo de disparo dos tiristores.

Figura 06: Diagrama em blocos da *softstarter*.



Fonte: Portal eletricitista.com.br (<http://www.portaleletricitista.com.br/chave-soft-starter/>)

Basicamente a principal função das chaves *softstarter* é criar uma rampa de aceleração da tensão nos terminais do motor, com isso, obtém-se inúmeros benefícios com por exemplo o aumento da vida útil do conjunto mecânico do motor, já que agora o mesmo irá partir progressivamente, ou seja, sem golpes (ELETRICISTA, P, 2014). Acelerando o motor de forma progressiva, obtém-se uma acentuada diminuição na corrente de partida do motor, neste caso a corrente cresce acompanhando a tensão, ou seja, cresce também em formato de rampa e cai até o valor de regime a medida que o motor ganha velocidade.

Alguns benefícios relevantes das chaves *softstarter* são:

Diagnósticos de falha com salvamento de tensão, corrente e estado da *soft-starter* na atuação do erro, proteção eletrônica integral do motor, relé térmico eletrônico incorporado, função *kickstart* para partida de cargas com elevado atrito estático, *bypass* incorporado à *soft-starter* (10 a 820 A), entrada para PTC do motor, eliminação de choques mecânicos, redução acentuada dos esforços sobre os acoplamentos e dispositivos de transmissão (redutores, polias, engrenagens, correias, entre outros), aumento da vida útil do motor e equipamentos, facilidade de operação, programação e manutenção via interface homem-máquina, troca do sentido de giro, operação em ambientes de até 55 °C (com redução de corrente para modelos de 10 A a 820 A), (WEG, 2014, pag. 2).

Um dos grandes benefícios da partida de motores por meio das chaves *softstarter* , é o considerável aumento da vida útil dos motores, e quando usado para acionar bombas, obtém-se o aumento da vida útil da tubulação hidráulica onde as bombas estão inseridas, pois ao acionar bombas hidráulicas progressivamente por meio de *softstarter* , evita-se o fenômeno conhecido como golpe de aríete, que é o aumento brusco da pressão na tubulação, muito prejudicial ao circuito hidráulico.

3 MAIS ALGUMAS FUNÇÃO DA SOFTSTARTER.

Existe uma IHM (interface homem máquina) na *softstarter* onde por meio dela o usuário interage com o equipamento por meio de carregamento de parâmetros. Esses parâmetros podem ser parâmetros de leitura, que são aqueles parâmetros que podem ser visualizados por meio do display de LCD (display de cristal líquido) da IHM (interface homem máquina), tais como: porcentagem da tensão, porcentagem da corrente, potência ativa, potência aparente e reativa etc. Também temos os parâmetros de regulação, que são aqueles parâmetros que tem os valores ajustáveis através da IHM (Interface Homem Máquina), tais como: tensão inicial, tempo de aceleração, tempo de

desaceleração entre outros. E também temos os parâmetros de configuração e parâmetros do motor, os parâmetros do motor podem ser por exemplo, tensão nominal do motor, corrente nominal do motor, potência do motor, fator de potência, fator de serviço, escorregamento, número de polos, frequência da rede de alimentação, entre outros parâmetros.

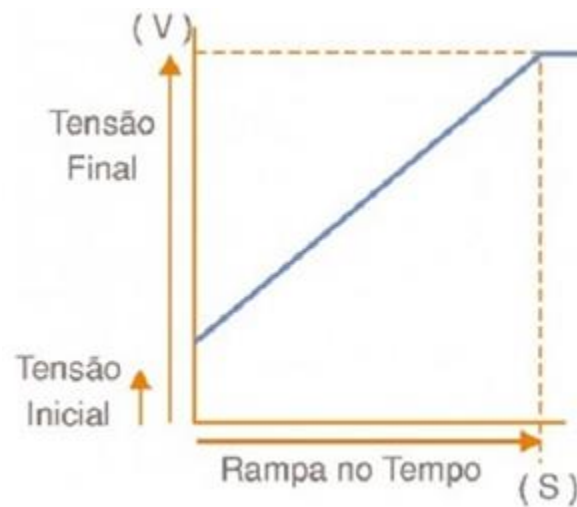
3.1 Rampa de aceleração

As chaves de partida estáticas podem ajustar a tensão que será entregue ao motor por meio da rampa de aceleração, para isso é ajustado a tensão inicial, que é a tensão a partir da qual o motor irá acelerar progressivamente até uma tensão final, tensão de alimentação da rede trifásica (ROCKWELL, 2015). Essa mesma função também pode ser configurada para o momento de desligamento do motor, rampa de desaceleração (ROCKWELL, 2015). Na rampa de aceleração, é necessário passar para o equipamento através da IHM (interface homem máquina) o tempo de aceleração do motor, que é um parâmetro dado em segundos, esse tempo pode variar de acordo com a aplicação que a *softstarter* está inserida.

Na figura abaixo 07, podemos visualizar por meio de um gráfico os parâmetros que precisam ser ajustados para se fazer a rampa de aceleração no momento da partida do motor. Podemos notar que, agora o motor recebe a alimentação da rede de forma gradativa, ou seja, progressivamente em forma de rampa. Isso é possível graças ao controle do ângulo de disparo dos tiristores que estão inseridos dois a dois em cada fase. Lembrado que essa mesma função de acelerar o motor progressivamente, também pode ser utilizada no desligamento do motor, ou seja, desaceleração progressiva.

Acelerando o motor de forma progressiva, temos uma considerável redução na corrente de partida, pois agora a alimentação da rede será entregue ao motor por meio do controle de potência, e esse disponibiliza a tensão para o motor de forma gradativa, ou seja, progressiva (FRENCHI, 2008). Dessa forma, conseguimos evitar os problemas causados na rede de alimentação por causa de correntes de pico elevadas, como quedas de tensão, aquecimento dos cabos de alimentação, mau funcionamento de outros equipamentos ligados a rede, faiscamento de lâmpadas de mercúrio e de vapor entre outros (PAZZINI, 2010) .

Figura 07: Rampa de aceleração da tensão.

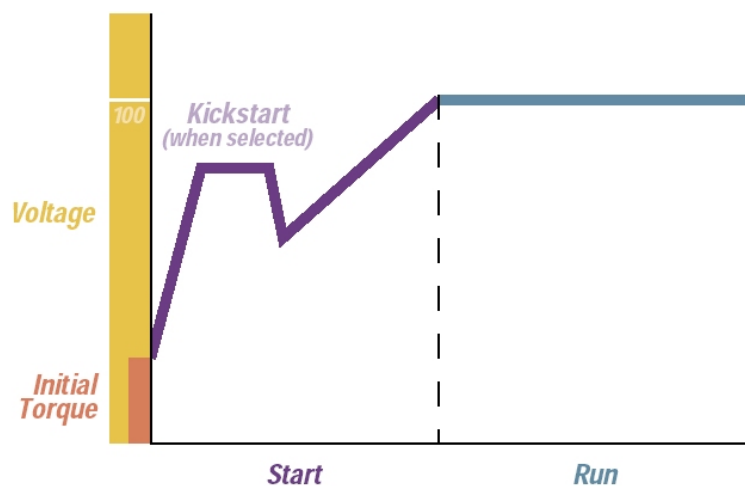


Fonte: Portal da elétrica (<http://www.portaleletricista.com.br/chave-soft-starter/>)

3.2 Função kickstart

Também temos a possibilidade de utilizar a função *kickstart*, que é uma função normalmente utilizada para cargas com alta inércia de partida. A função *kickstart* é um valor de tensão ajustado que, no momento da partida, a *softstarter* atinge esse valor num curto período de tempo, normalmente na casa dos milissegundo (ROCKWELL, 2015). Essa tensão inicial servirá para tirar a carga da inércia no momento da partida, e a partir daí cria-se a rampa de aceleração.

Figura 08: gráfico do comportamento da tensão na função *kickstart*



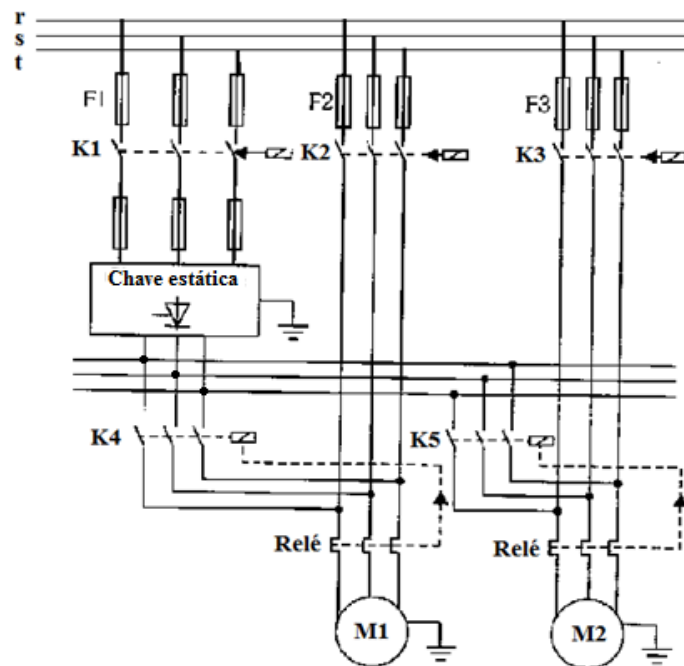
Fonte: Rockwell automation (http://www.ab.com/industrialcontrols/products/solid-state_motor_control/soft_starters/start-stop.html)

3.3 Ligação da softstarter por By-pass

Essa forma de ligação ao motor, é uma forma para evitar perdas no equipamento quando o motor está em regime de trabalho, pois após o acionamento da máquina não há necessidade da *softstarter* fica ligada ao motor, pois existem perdas nos tiristores. Para isso, é utilizado uma contatora em paralelo com a *softstarter* e quando o motor já está em pleno funcionamento, a contatora é acionada e a *softstarter* é retirada do processo, ficando assim livre para acionar outras máquinas (FRANCHI, 2008, pag. 192 a 193).

Uma grande vantagem desse sistema é a possibilidade de uma única *softstarter* ser utilizada para acionar vários motores de forma sequencial, reduzindo assim o custo das partidas. Para partida sequencial, é aconselhável que se faça em motores de mesma potencia, pois dessa forma, utiliza-se o mesmo ajuste para todos os motores (FRANCHI, 2008). Na figura abaixo, podemos ver esse sistema.

Figura 11: Ligação sequencial de motores por meio de by-pass



Fonte: FRANCHI, acionamentos elétricos.

Ao ativar K1 e K4 a *softstarter* é acionada e essa liga de forma progressiva o motor M1, depois que M1 estiver em regime, pode-se tirar a chave estática do processo por meio da desenergização de K4 e fechamento de K2, nesse instante, o motor M1 fica

ligado diretamente a rede trifásica, e a softstarter fica livre para partir o motor M2 por meio da operação correta dos contatores restantes

3.4 CLP integrado - SoftPLC.

Algumas empresas que fabricam *softstarters* disponibilizam incorporado no equipamento um CLP para melhor flexibilização da aplicação. Como exemplo, a empresa WEG disponibiliza no modelo SSW06 um CLP incorporado ao equipamento. A função SoftPLC é um recurso que incorpora as funcionalidade de um CLP, agregando flexibilidade ao usuário e ao sistema de automação que o equipamento está inserido (WEG, 2014).

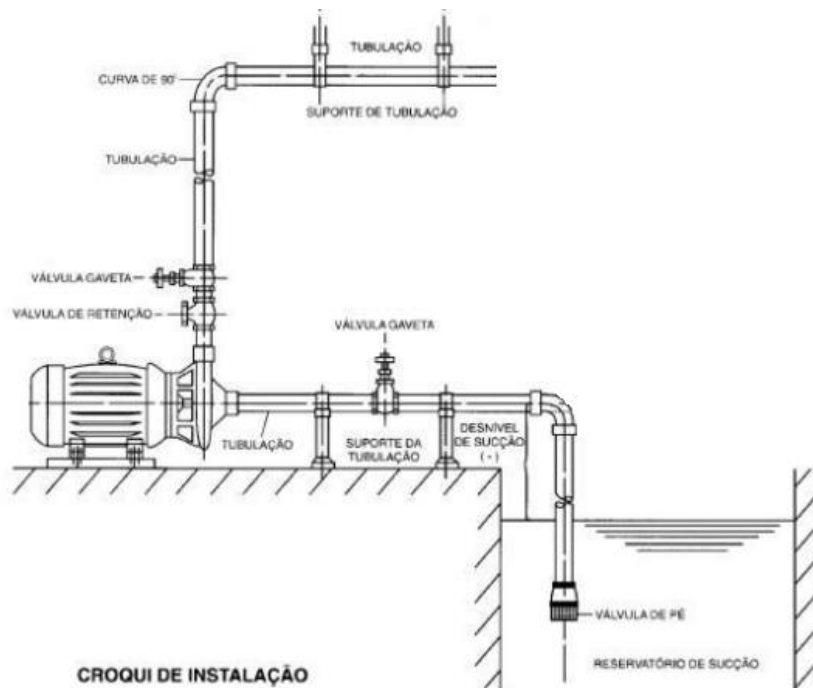
4 UTILIZANDO SOFTSTARTER NO ACIONAMENTO DE BOMBAS HIDRAULICAS.

As bombas hidráulicas são máquinas rotativas que são acopladas ao eixo de motores elétricos, essas máquinas servem para converter energia mecânica em energia hidráulica (vazão) pressurizada, essas bombas tem como o objetivo efetuar ou manter o deslocamento de um líquido por escoamento em uma tubulação hidráulicas (CIMM, 2015).

A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, permitindo que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a escoar. A bomba, por sua vez, passará o fluido para a abertura de saída, forçando-o sob pressão através do sistema hidráulico. Em um projeto de uma bomba hidráulica, deve-se sempre considerar o volume de descarga e a pressão (CIMM, 2015, pag. 01).

Assim como existem variados tipos e modelos de bombas hidráulicas, existem também diferentes aplicações para essas máquinas, as bombas hidráulicas têm grande participação nos processos industriais. Atualmente suas aplicações são inúmeras, como por exemplo, abastecimento de água, sistemas de refrigeração de trocadores de calor, deslocamento de produtos químicos, serviços em embarcações e demais processos .

industrias. Figura 09: Esquema de instalação de bombas hidráulicas.



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABM6UAF/sistema-bombeamento-agua#>

4.1 Golpe de aríete.

O golpe de aríete, também conhecido por muitos como “martelo de água” é caracterizado como a diminuição ou aumento brusco da pressão em tubulações hidráulicas.

Por golpe de aríete comumente se denominam as variações de pressão, resultantes da variação da vazão, causadas por alguma perturbação, voluntária ou involuntária, que se impõe ao fluxo de líquidos no interior de condutos, tais como abertura ou fechamento de válvulas, falhas mecânicas de dispositivos de proteção ou controle, paradas de bombas causadas por interrupção da energia elétrica fornecida ao motor, embora há outros tipos de causa. (CAMARGO, 1989. Pag. 03)

Esse fenômeno pode causar inúmeros prejuízos na tubulação hidráulica, como por exemplo, afrouxamento de conexões ou até mesmo a quebra de partes da tubulação, causando assim vazamentos na mesma, problemas nos sensores usados nos sistemas de automação industrial como, pressostatos¹, fluxostatos², e também problemas no selo

Pressostato¹ – É um tipo de sensor de pressão. Fluxostato² – É um tipo de sensor de vazão.

mecânico da bomba. Mesmo quando não causa danos imediatos, o golpe de aríete, repetido muitas vezes, pode trazer problemas a médio ou longo prazo pelo fenômeno de fadiga de material.

Figura 10: exemplo do efeito do golpe de aríete em tubulações.



Fonte: TLV empresa especializada em vapor. (<http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory/what-is-waterhammer.html>)

O golpe de aríete acontece no momento em que se liga a bomba e também no momento em que se desliga a bomba, causando assim a mudança brusca da pressão no fluido (água , elemento químico etc).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos tradicionais de partida de motores elétricos como, partida direta e partida estrela triângulo, proporcionam no momento da partida uma aceleração muito rápida de máquinas elétricas, ao contrario do que muitos pensam, a partida estrela triângulo não diminuiu a rotação do motor no momento da partida, e sim diminui a corrente de partida. Quando esses métodos de partida são utilizados para acionamento de bombas hidráulicas, por eles acelerarem o motor muito rapidamente, acontece o fenômeno conhecido como golpe de aríete, que é o aumento brusco da pressão na tubulação hidráulica, bastante prejudicial ao sistema hidráulico.

O fenômeno de golpe de aríete, com suas oscilações fortes e cíclicas de pressão, pode causar danos aos componentes de sistemas hidráulicos entre os quais estão incluídos os sensores de pressão, vazão, a tubulação hidráulica e a própria bomba hidráulica. Uma excelente alternativa para minimizar ou até mesmo eliminar o golpe de aríete é por meio do acionamento de bombas através de chaves estáticas do tipo *softstarter*, estas por sua vez, podem minimizar ou eliminar o golpe de aríete tanto no acionamento da bomba, quanto no desligamento da mesma, já que a *softstarter* tem a opção de acelerar e desacelerar progressivamente o motor. Sendo assim, a pressão na tubulação hidráulica também irá aumentar progressivamente, ou seja, sem golpes.

Além dos benefícios que a *softstarter* trás para os motores e bombas hidráulicas, ela também tem a opção de ser utilizada com o recurso de by-pass. Com o by-pass temos a possibilidade de acionar várias bombas com o mesmo equipamento, barateando consideravelmente o sistema. Um outro benefício relevante que a *softstarter* nos trás é sobre o pico de corrente, já que essa faz a partida do motor de forma progressiva, a corrente de partida é consideravelmente reduzida, evitando assim os problemas que podem aparecer no sistema de alimentação. As *softstarters* também podem vir com a opção de um CLP incorporado ao equipamento, e esse recurso podemos por exemplo automatizar um sistema de acionamento de várias bombas por meio do by-pass, ou seja, podemos controlar os contadores com uma lógica coerente a fim de acionar várias bombas de forma sequencial com a mesma *softstarter*.

Temos também os benefícios relacionados a manutenção do sistema de acionamento, com o passar do tempo, contadoras vão gradativamente oxidando seus contatos por causa da umidade, poeira entre outros. Já as chaves estáticas não sofrem esse tipo de problema. Porém, ao se implantar um sistema de acionamento de bombas hidráulicas por meio de *softstarter*, devemos fazer um estudo do dimensionamento do sistema de maneira correta, para não sobre dimensionar o sistema e assim encarece-lo, pois as chaves estáticas são ligeiramente mais caras do que as partidas convencionais.

REFERÊNCIAS

AUTOMATION, R. **Soft starters starting and stopping options**. Acesso em 20 de outubro de 2015, disponível em: http://www.ab.com/industrialcontrols/products/solid-state_motor_control/soft_starters/start-stop.html

CAMARGO, L. A. **O golpe de aríete em tubulações de recalque**. Joinville/SC, 1989, trabalho apresentado no XV encontro de engenheiros de assistência técnica.

CIMM, GRUPO. **O que é bombas hidráulicas**. Acesso em 18 de outubro de 2015, disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/625-bombas-hidraulicas>

ELETROBRAS; PROCEL; CEPEL. **Guia técnico, motor de auto rendimento**. 2002.

FRANCHI, C. M. **Acionamento Elétricos**, 3º ed. Editora Érica. São Paulo, 2008.

MORAIS, E. **Parida direta de motores trifásicos**. Acesso em 16 de outubro de 2015, disponível em: <http://www.saladaeletrica.com.br/partida-direta-de-motor-trifasico/>

MECATRÔNICA, A. **Softstarter – Partida Suave para Motores de Indução**. Acesso em 16 de outubro de 2015, disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1131-soft-starters-partida-suave-para-motores-de-induo>

PAZZINI, L. H. **Partida e aceleração de motores**. Acesso em 14 de outubro de 2015, disponível em: http://www.engonline.fisp.br/3ano/acionamentos_eletricos/Acionamentos_2002_6.pdf

ELETRICA, P. **Chave softstarter: Partida suave de motores em corrente alternada.**
Acesso em 19 de outubro de 2015, disponível em:
<http://www.portaleletricista.com.br/chave-soft-starter/>

WEG, U. A. **Softstarter SSW06.** Jaraguá do sul- SC Brasil, Acesso em 25 de outubro de 2015. disponível em: www.weg.net