

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DIEGO LOBÃO RAMOS CORRENTE  
EVAIR MOREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE MÉTODOS DE ACIONAMENTO DE MOTOR DE  
MÉDIA TENSÃO**

**VOLTA REDONDA  
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DE MÉTODOS DE ACIONAMENTO DE MOTOR DE  
MÉDIA TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Volta Redonda, como requisito à obtenção do título de Engenheiros Eletricistas.

Discentes:

Diego Lobão Ramos Corrente

Evair Moreira da Silva

Orientador:

Prof Esp. Aloano Régio de Almeida Pereira

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Discentes:

Diego Lobão Ramos Corrente

Evair Moreira da Silva

Título da Monografia: Estudo de Métodos de Acionamento de Motor  
de Média Tensão

Orientador: Prof. Esp. Aloano Régio de Almeida Pereira

Banca Examinadora

---

Prof. Esp Aloano Régio de Almeida Pereira

---

Prof. Msc. Cláudio Márcio de Freitas da Silva

---

Prof. Msc. Edson de Paula Carvalho

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

## **Agradecimentos**

Agradecemos primeiramente a Deus por nos dar a oportunidade de chegarmos até aqui, e concluirmos o curso.

Agradecemos aos nossos pais e familiares pelo apoio, compreensão e disponibilidade em todos os momentos difíceis e alegres de nossa jornada.

Agradecemos aos professores e a instituição Unifoa por nos proporcionar um ensino de qualidade por todo esse tempo.

Agradecemos ao professor Aloano Régio de Almeida Pereira por se disponibilizar a nos orientar em nosso trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

Este trabalho de Conclusão de curso consiste em uma análise de um sistema de partida, de um motor de média tensão existente em uma Fábrica de Cimento, o qual será feito um estudo de caso para avaliar a viabilidade de implantação de um sistema mais novo, chamado IEC OneGear 7700 criado pela empresa ROCKWELL AUTOMATION em 2019, sendo que o sistema atual utilizado na indústria, para o acionamento do motor é o Reostato de partida ELETELE. O Reostato de partida tem como finalidade somente a partida do motor, portanto será avaliado num contexto geral, sendo que o IEC OneGear 7700 poderá agregar ao sistema, visto que contém uma gama de funcionalidades que podem aumentar a eficiência, não somente na partida, mas como também em análise de falhas e outras variáveis influentes que são ligadas diretamente na proteção do equipamento físico, apresentando ganhos de projeto a linha de produção.

Palavra-chave: Partida, OneGear, Reostato de partida

## **Abstract**

This Course Conclusion Assignment consists of an analysis of a starting system, of an existing medium voltage motor in a Cement Plant, which will be made a case study to evaluate the feasibility of implementing a newer system, called ICE OneGear 7700 created by the company ROCKWELL AUTOMATION in 2019, and the current system used in the industry, to drive the motor is the ELETELE Starting Rheostat. The purpose of the Motor Starter Rheostat is only to start the motor, therefore it will be evaluated in a general context, and IEC OneGear 7700 can add the system, since it contains a range of features that can increase efficiency not only in starting but also in failure analysis and other influential variables that are directly linked in the protection of the physical equipment, presenting design gains to the production line.

Keywords: Match, OneGear, Starting Rheostat

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland

ABB- Asea Brown Boveri

CLP- Controlador Lógico Programável

CV- Cavalo Vapor

DPI- Dots Per Inch

F- Frequência

Fr- Frequência do Rotor

Fe- Frequência do Estator

Fp- Fator de Potência

GFCT- Ground Fault Circuit Interrupter

Hmi- Human-Machine Interface

LCD- Liquid Cristal Display

MAF- Modelo Motor WEG

MTTR- Mean Time to Repair

MTBF- Mean Time Between Failures

n- Velocidade do Rotor

ns- Velocidade

Ns- Número de Rotações por Minuto

NTC- Negative Temperature Coefficient

OEM- Original Equipment Manufacturer

P- Número de Polos

PTC- Positive Temperature Coefficient

PID- Proporcional Integral Derivativo

RTD- Resistance Temperature Detector

s- Escorregamento

SCR- Silicon Controlled Rectifier

T- Tonelada

V- Tensão

W- Watts

## SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1: Moinho vertical.....	20
Figura 2 Fluxograma do processo .....	21
Figura 3: Motor com rotor tipo gaiola de esquilo .....	22
Figura 4 Motor com Rotor bobinado .....	23
Figura 5 Relé de proteção REM 543 .....	25
Figura 6 Disjuntor VD4 ABB .....	28
Figura 7 Ampola do disjuntor .....	29
Figura 8 Tipos de arcos da ampola do disjuntor .....	30
Figura 9 Motor média tensão MAF .....	31
Figura 10 Dados de placa do motor.....	31
Figura 11 Reostato de Variação Contínua .....	33
Figura 12 Reostato de variação descontínua.....	34
Figura 13 Reostato líquido arrancador.....	35
Figura 14 Reostato líquido regulador.....	36
Figura 15 Reostato líquido com escorregamento automático.....	37
Figura 16 Reostato em banho de óleo manual .....	37
Figura 17 Reostato em banho de óleo automático .....	38
Figura 18 Banco de Capacitores .....	40
Figura 19 Soft Start média tensão .....	41
Figura 20 Circuito simples de um Soft Start.....	42
Figura 21 Gráfico de Comparação do Soft Start.....	43
Figura 22 OneGear média tensão .....	44
Figura 24 OneGear média tensão .....	46
Figura 25 Fabricantes Brasileiros de automação.....	52
Figura 26 Diagrama unifilar do Reostato de Partida .....	54
Figura 27 Simbologia do diagrama unifilar do Reostato de Partida .....	54
Figura 28 Diagrama unifilar do OneGear .....	55
Figura 29 Simbologia do diagrama unifilar do OneGear .....	56
Figura 30 IHM da Softstarter.....	57
Figura 31 Controle de torque .....	58

Figura 32 Limite de corrente .....	59
Figura 33 Diagrama de tempo de aceleração de velocidade linear .....	59
Figura 34 Desaceleração de Velocidade Linear .....	60
Figura 35 Kickstart Seleccionável.....	61
Figura 36 Diagrama de tempo de início de rampa dupla .....	61
Figura 37 Início do By-pass de Emergência .....	62
Figura 38 Tempo de inércia para parar.....	62
Figura 39 Diagrama de tempo de parada suave.....	63
Figura 40 Anel Coletor .....	71

## SUMÁRIO DE TABELA

Tabela 1: Classe de isolamento.....	32
Tabela 2: Seção transversal do condutor para o fator de potência.....	39
Tabela 3: Manutenção do Reostato de Partida.....	66
Tabela 4: MTBF (Tempo médio entre falhas) .....	67
Tabela 5: MTTR (Média de tempo de Reparo) .....	68
Tabela 6: Custo de Matéria Prima .....	69
Tabela 7: Média das Margens Bruta .....	70
Tabela 8 Valor de lucro obtido .....	70

## SUMÁRIO DE EQUAÇÕES

Equação 1 Velocidade de rotação .....	23
Equação 2 Escorregamento .....	24
Equação 3 frequência .....	24

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>18</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1 Funcionamento da linha de produção</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2 Conceitos Básicos Motor de indução</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3 Relé de proteção Abb REM 543</b> .....	<b>25</b>
4.3.1 Funções de proteção .....	26
4.3.2 Funções de medição .....	26
4.3.3 Gravador de perturbações .....	26
4.3.4 Funções de controle .....	26
4.3.5 Funções de monitoramento de condições .....	27
4.3.6 Funções gerais .....	27
4.3.7 Funções padrão .....	27
<b>4.4 Disjuntor de média tensão a vácuo VD4 ABB</b> .....	<b>28</b>
4.4.1 Princípio de funcionamento do Disjuntor a vácuo .....	28
4.4.2 Princípio de interrupção .....	29
Segue na figura 8 uma ilustração dos arcos da ampola do disjuntor: .....	30
4.4.3 Normas .....	30
<b>4.5 Motor Média Tensão Modelo MAF</b> .....	<b>30</b>
4.5.1 Localização das Proteções .....	32
<b>4.6 Reostato de Partida</b> .....	<b>33</b>
4.6.1 Variações dos reostatos .....	33
4.6.2 Aplicações e funcionalidades .....	34
4.6.3 Tipos de reostatos de partida .....	35

4.6.4	Funcionamento do Reostato Líquido Regulador.....	38
<b>4.7</b>	<b>Causas e Métodos de Correção do Fator de Potência .....</b>	<b>38</b>
<b>4.8</b>	<b>Soft Starter .....</b>	<b>41</b>
<b>4.9</b>	<b>IEC One Gear Rockwell Automation.....</b>	<b>43</b>
4.9.1	Principais Funções .....	44
4.9.2	Capacitores de proteção do fator de potência .....	45
4.9.3	Estrutura do IEC OneGear 7700.....	46
4.9.4	Funcionamento .....	47
4.9.5	Modulo de controle SMC-50 .....	48
4.9.6	Proteções e diagnósticos.....	49
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Informações Preliminares .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>O porquê do IEC OneGear 7700.....</b>	<b>52</b>
<b>5.3</b>	<b>Comparativos dos diagramas unifilares dos casos estudados.....</b>	<b>53</b>
5.3.1	Reostato de Partida .....	53
5.3.2	OneGear .....	55
<b>5.4</b>	<b>Benefícios técnicos do novo sistema de partida .....</b>	<b>56</b>
5.4.1	Proteção do motor e das Características de partida.....	56
5.4.2	Controle de torque .....	58
5.4.3	Limite de corrente .....	58
5.4.4	Aceleração Linear sem sensor .....	59
5.4.5	Desaceleração de velocidade Linear .....	60
5.4.6	Kickstart Seleccionável.....	60
5.4.7	Rampa de partida dupla.....	61
5.4.8	Execução de by-pass de emergência.....	62
5.4.9	Coast .....	62
5.4.10	Soft Stop (Parada Suave) .....	63
<b>5.5</b>	<b>Benefícios econômicos do novo sistema de partida.....</b>	<b>63</b>

<b>5.6 Qualidade de Energia .....</b>	<b>64</b>
<b>5.7 Comparativos e ganhos do novo sistema implementado .....</b>	<b>65</b>
5.7.1 MTBF Reostato de Partida .....	66
5.7.2 MTTR Reostato de Partida .....	67
5.7.3 Solução e resultados para o problema proposto .....	68
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>74</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS 1 .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação de cimento, também denominado de Cimento Portland, foi patenteado em 1824 por Joseph Aspdin. Esse processo utiliza basicamente como matéria prima o calcário complementado com argila, minério de ferro e gesso. Em 1882 surgiu na Alemanha o primeiro Cimento Portland com escória em caráter comercial. A partir de então, passou-se a reutilizar a escória de alto-forno siderúrgico, até então considerada resíduo, como matéria prima para a fabricação de cimentos compostos. A escória utilizada na composição do cimento é um subproduto da fabricação do ferro gusa, obtido por resfriamento rápido e constituído basicamente por sílico-aluminatos de cálcio e magnésio com propriedades hidráulicas latentes (BATTAGIN, 2001; BATTAGIN, 2009).

Em uma fábrica de cimento de médio porte, ele é produzido utilizando resíduos do alto forno conhecido como escória. E esse processo industrial tem como principal componente na linha de fabricação o moinho bola, que é acionado por um motor de potência excessiva em seu eixo rotor. Este motor é partido através de um reostato líquido, sendo que atualmente existem equipamentos mais eficientes para partir um motor de médio porte, trazendo mais eficiência ao processo.

O intuito principal do trabalho é analisar a viabilidade da troca de um sistema de partida mais antigo para um sistema de partida mais novo e mais abrangente em relação ao controle de partida. O motor da moagem de cimento é um motor de média tensão o qual conta com um tipo de equipamento de partida mais robusto. Hoje para a partida da moagem é utilizado o reostato de partida ELETELE que só tem a finalidade retirar o motor da inércia, ocorrendo assim algumas paradas por potência excessiva, vibrações devido à falta de material na mesa, e em caso de falhas em algum processo no transporte da matéria prima. Portanto com a implantação do sistema IEC OneGear Rockwell Automation pode-se otimizar o processo de forma que seja possível monitorar as condições do próprio equipamento, e através do PID, controlar o processo automaticamente atrelando a mesa com as correias transportadoras. Uma parada neste equipamento por falhas pontuais que não deveriam parar o processo, acaba impactando diretamente na produção pois uma vez o equipamento parado, a retomada do mesmo demora alguns minutos até que toda

secção de interlocks estejam satisfeitas como o banco de capacitores estar carregado, temperatura da mesa está correta etc. Além de otimizar o processo em vista de produção, também reduz o desgaste mecânico do mesmo e aumenta o tempo de depreciação do equipamento.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do trabalho consiste na aplicação de uma tecnologia nova para substituir um sistema antigo, a fim de obter um melhor desempenho no processo aumentando a sua funcionalidade e reduzindo a necessidade de manutenção e/ou falhas do sistema.

Tem-se como prioridade obter uma maior eficiência dos equipamentos, visando principalmente diminuir gastos indevidos e reduzir perdas financeiras.

Principalmente procurando melhorias no desenvolvimento das normas energéticas e estruturais dentro do sistema implementado, visando uma melhor consumação dessa energia de forma satisfatória e gerando o mínimo de impactos na rede.

### **3 Metodologia**

Após ser feito um estudo sobre a metodologia do trabalho, foi feita uma coleta de dados de arquivos existentes, e a escolha dos métodos que atenderão o objetivo do estudo.

Foi feita pesquisas abrangendo todos os fatores influentes diretos relacionados a métodos de partida de motores de média tensão. A metodologia será de natureza quantitativa-descritiva. O qual será feito pesquisas em manuais, artigos, chão de fábrica e monografias. A pesquisa será qualitativa traduzida em conceitos, ideias e resultados.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O projeto consiste em otimizar o método de partida do moinho vertical. Existem atualmente dois tipos de moinho, são eles moinho bola e moinho vertical. Os moinhos verticais possuem algumas vantagens como: é o principal moinho de rolos para moagem final de cimento Portland, escória e cimentos misturados. Com uma redução de 30% a 45% na demanda de energia para moagem de cimento e de 40% a 50% para escória em comparação com as operações tradicionais de moinho bolas, o moinho vertical é capaz de contribuir bastante para a lucratividade e competitividade da empresa. O projeto combina os processos de secagem, moagem e separação em apenas uma unidade, simplificando desta forma o “layout” da planta. O nível de ruído baixo viabiliza a instalação ao ar livre, reduzindo significativamente os custos de construção civil e aprimorando o ambiente de trabalho (FLSMIDTH, 2015).

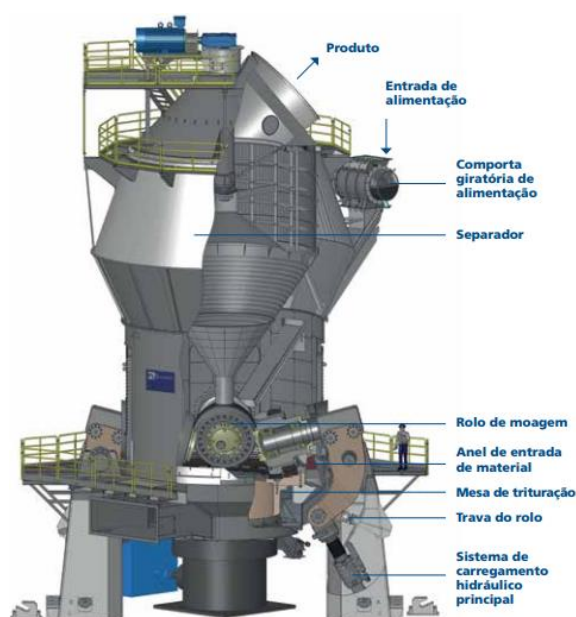


Figura 1: Moinho vertical

Fonte: Manual da FLSMIDTH (2020)

## 4.1 Funcionamento da linha de produção

A produção do cimento na fábrica é composta por 3 principais equipamentos que são essenciais para produzir e que influenciam diretamente na qualidade do mesmo, são eles Moinho, ventilador e separador Rocks.

O moinho tem como finalidade triturar a matéria prima continuamente e em conjunto aos rolos hidráulicos o material é pressionado para ocorrer o processo químico que toma forma ao cimento, e o processo também conta com o calor provindo das fornalhas e a unidade hidráulica que faz a compressão dos rolos para que ocorra processo.

O ventilador tem a finalidade soprar/puxar este material já com a finura desejada, para o filtro manga principal que filtra o cimento no processo e separa o material que ainda não atingiu a finura exigida.

O separador Rocks controla a granulometria do cimento, ou seja, ele devolve ao processo de moagem todo cimento que não atingiu a finura desejada. Ele controla através de sua rotação a finura do cimento.

Sabendo que o processo de fabricação de cimento tem muitas variáveis importantes a serem consideradas, e o trabalho tem como particularidade a partida do motor do moinho, não serão abordados estes outros fatores.

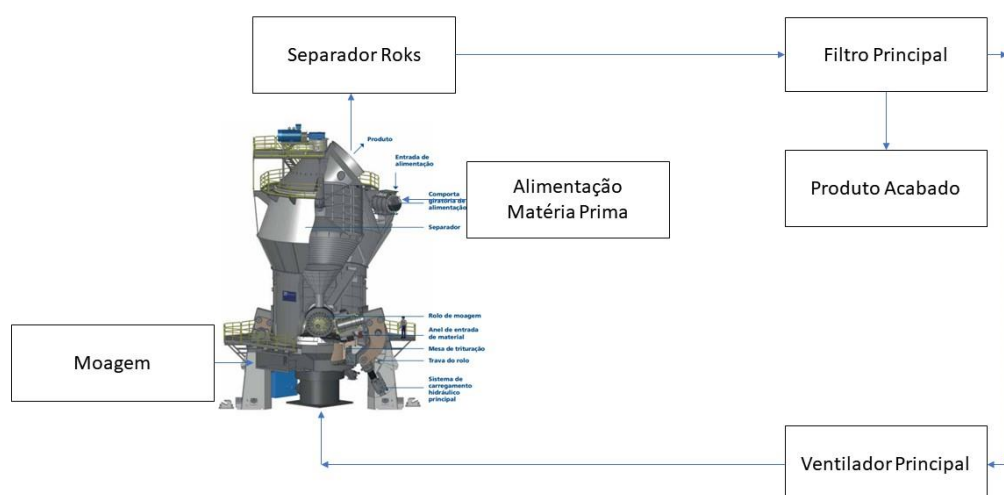


Figura 2 Fluxograma do processo

Fonte: Os autores / FISMIDTH (2020)

## 4.2 Conceitos Básicos Motor de indução

O motor de indução basicamente é constituído por estator e rotor, sendo que o estator possui 3 enrolamentos posicionados  $120^\circ$  um do outro, e para o bom funcionamento do motor as fases da fonte de energia também devem ser defasadas em  $120^\circ$ , o motor pode ser ligado de duas formas basicamente em estrela ou triângulo, sendo que cada modo de ligação tem suas particularidades no que diz respeito a corrente.

O seu funcionamento é simples, o enrolamento do estator é alimentado, produzindo um fluxo magnético que atravessa o entreferro e o rotor, fazendo-o girar com a velocidade da frequência da rede que o alimenta. O campo girante induz tensão no rotor através da indução eletromagnética.

Existem dois tipos de rotor, são eles o rotor bobinado que possui enrolamentos semelhantes ao do estator e rotor gaiola de esquilo que é composto por barras verticais conectadas por dois anéis nas extremidades.

Se o enrolamento do rotor for curto-circuitado, surgem correntes induzidas e em decorrência disso produzem campos magnéticos no rotor em oposição ao campo do estator, resultando em torque e giro no motor a uma certa velocidade.

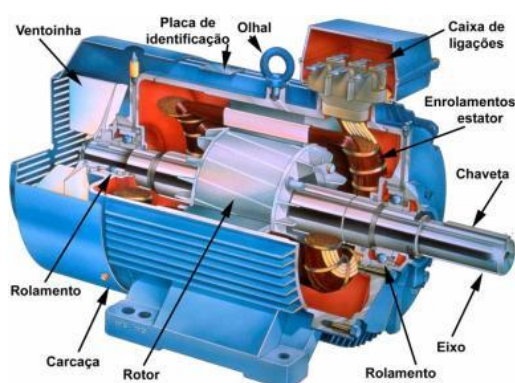


Figura 3: Motor com rotor tipo gaiola de esquilo

Fonte: <https://www.portaleletricista.com.br/motores-de-inducao/> (2020)

MIT com rotor bobinado

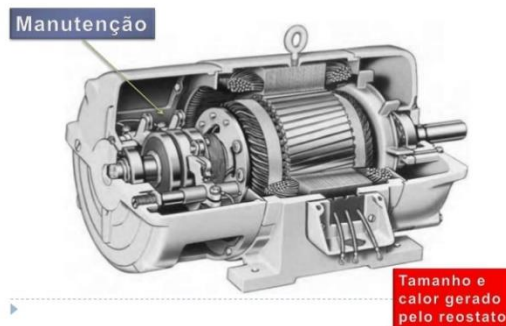


Figura 4 Motor com Rotor bobinado

Fonte: <https://pt.slideshare.net/angeloahafner/induction-motors-casa> (2020)

Os motores de indução são classificados por dois tipos, os síncronos e assíncronos. As máquinas síncronas são as que não possuem perdas em seu campo girante, sua velocidade acompanha a frequência da rede de alimentação, podendo ser utilizadas também para correção de fator de potência.

Logo as máquinas assíncronas possuem perdas e sua rotação não acompanha a frequência fornecida pela rede, ou seja, a velocidade exercida pelo rotor não é igual ao do campo girante devido ao escorregamento.

Para calcular as variáveis do motor de indução segue os pontos relacionados abaixo:

- **Velocidade de rotação**

A velocidade de rotação são giros no eixo do motor durante um período. Normalmente essa variável é expressa em rotações por minuto (RPM).

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

$N_s$  - Número de rotações por minuto

$f$  - Frequência

$p$  - Número de polos

- **Escorregamento**

Consiste na diferença entre a velocidade do rotor e a velocidade síncrona do campo girante. Geralmente é expresso em porcentagem (%).

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (2)$$

s - Escorregamento

$n_s$  - Velocidade síncrona

n - Velocidade do rotor

- **Frequência da corrente induzida no rotor**

A frequência das tensões induzidas no rotor varia inversamente proporcional a velocidade do rotor. Geralmente é expressa em hertz (Hz).

$$f_r = s \cdot f_e \quad (3)$$

$f_r$  - Frequência do rotor

s - Escorregamento

$f_e$  - Frequência do estator

### 4.3 Relé de proteção Abb REM 543

Os relés de proteção do modelo REM 543 e REM 545 são utilizados como os principais sistemas de proteção de unidades geradoras e geradores-transformadores em usinas a diesel de pequeno e médio porte, hidrelétricas e a vapor.

A proteção das máquinas síncronas e assíncronas que são utilizadas em bombas, ventiladores, moinhos e trituradores sendo que durante a partida e a execução normal formam outras áreas de aplicação. Os terminais da máquina REM 543 como pacotes integrados tornam possível a compactação, soluções de ambiente marinho e para proteção de unidades.



Figura 5 Relé de proteção REM 543

Fonte: [www.library.e.abb.com](http://www.library.e.abb.com) (2020)

Além da proteção, medição, controle, monitoramento de condições e de funções, os terminais da máquina são fornecidos com uma grande quantidade de aplicações do CLP, permitindo diversas lógicas de automação e sequência de funções necessárias para a automação da subestação. As propriedades de comunicação de dados incluem barramento SPA, LON comunicação bus ou MODBUS com equipamento de nível superior. Além disso, a comunicação interbay LON, juntamente com as funções do CLP, minimizam a necessidade de cabeamento, entre os terminais da máquina.

### **4.3.1 Funções de proteção**

A proteção é uma das funções mais importantes do terminal da máquina REM 543, os blocos funcionais de proteção são independentes e têm seus próprios grupos de configurações, gravação de dados, etc. Funções típicas de proteção baseadas em corrente (por exemplo, sobrecorrente) pode usar Rogowski que é um dispositivo de medição de bobina ou de transformador de corrente convencional. Correspondentemente, com base em funções (por exemplo, sobretensão), usam tensão divisores ou transformadores de tensão.

### **4.3.2 Funções de medição**

As funções de medição incluem correntes trifásicas, corrente neutra, tensões trifásicas, tensão residual, frequência, potência ativa, potência reativa e fator de potência. Um módulo RTD / analógico opcional que pode ser usado para medir o enrolamento do estator, rolamento e temperatura ambiente.

### **4.3.3 Gravador de perturbações**

O gravador de perturbações transitórias é capaz de registrar 16 formas de onda de corrente ou tensão e 16 sinais digitais lógicos. A frequência de amostragem das entradas analógicas é de 2 kHz na frequência nominal de 50 Hz e 2,4 kHz na frequência nominal de 60 Hz. O usuário pode definir a duração de uma gravação dentro de um intervalo determinado pelo número de entradas analógicas usadas. O número de gravações depende da frequência de amostragem, duração das gravações e número de entradas. As gravações podem ser carregadas com uma DRCollector Tool que converte os dados em um Formato COMTRADE. A ferramenta DR-Collector é suportado nos relés CAP501 e CAP505.

### **4.3.4 Funções de controle**

As funções de controle são utilizadas para indicar o status dos dispositivos de comutação, ou seja, disjuntores e seccionadores, para executar e fechar comandos

dos dispositivos de comutação controláveis do painel. Além disso, funções de controle fornecem comutação on / off para objetos de fins lógicos de controle e objetos diversos para monitoramento de dados, etc.

As funções de controle que são configuradas com as ferramentas de retransmissão devem estar vinculadas a indicadores de status dos objetos, incluídos no Imagem de configuração MIMIC exibida no HMI. Os indicadores de status do objeto são usados para indicar o status dos dispositivos de comutação via a imagem MIMIC e controlá-los localmente.

#### **4.3.5 Funções de monitoramento de condições**

Blocos funcionais de monitoramento de condições como supervisão da corrente de energização, circuito de entrada de tensão, contador de tempo de operação, desgaste elétrico do disjuntor, manutenção programada e supervisão do circuito de trip.

#### **4.3.6 Funções gerais**

Funções adicionais estão disponíveis para diferentes fins gerais, a serem usadas em lógicas como como ativação da luz de fundo da IHM, grupos de comutação, redefinição das indicações de operação, travas de sinais de saída, registros e perturbações no gravador.

#### **4.3.7 Funções padrão**

Funções padrão são usadas para lógicas como bloqueio, alarme e sequenciamento de controle. O uso de funções lógicas não é limitado, e podem ser interconectadas com proteção, controle, medição e condição de monitoramento. Além disso, entradas e saídas digitais podem ser conectadas a funções padrão usando a ferramenta de configuração de relé.

#### 4.4 Disjuntor de média tensão a vácuo VD4 ABB

O disjuntor a vácuo é utilizado para a proteção de circuitos elétricos tendo a função de interromper a corrente elétrica dentro da ampola de vácuo. Essas ampolas são isoladas permitindo que tenha uma alta taxa de vácuo no seu interior.



Figura 6 Disjuntor VD4 ABB

Fonte: Manual da ABB (2020)

##### 4.4.1 Princípio de funcionamento do Disjuntor a vácuo

O disjuntor a vácuo de média tensão VD4 da ABB são compostos de ampolas a vácuo encapsuladas em polos de resina, e o fazem ficar mais robustos e protege a ampola de pancadas, prevenindo umidade e pó. A ampola comporta os contatos e constitui a câmara de interrupção.

Quando ocorre a comutação dos contatos gera-se arco elétrico que é constituído pela fusão e sua vaporização do material dos contatos dele. Na figura 7 pode-se observar a ampola do disjuntor:

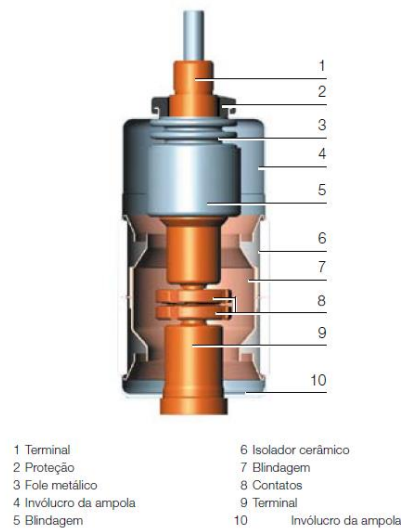


Figura 7 Ampola do disjuntor

Fonte: [www.apsteste.hospedagemdesites.ws](http://www.apsteste.hospedagemdesites.ws) (2020)

Este disjuntor tem uma ampla aplicabilidade como em transformadores, geradores e bancos de capacitores, subestações de transformação, motores, distribuição elétrica para o comando e proteção de cabos, linhas aéreas.

#### 4.4.2 Princípio de interrupção

Após a separação dos contatos formam dois tipos de arco que são denominados difundidos (que se propagam) e os que são contraídos no vácuo. Quando ocorre a separação, ocasiona a formação de pontos individuais de fusão na superfície do cátodo, que forma vapores metálicos que contém o arco. O arco difundido tem como característica a expansão pela superfície do contato e solitação térmica distribuída por igual. Sendo que sempre será do tipo difundido quando a corrente na ampola é nominal. O desgaste é bem pequeno e o número de interrupções é alto. Se a corrente ultrapassar o valor nominal, o arco elétrico tende a ser do tipo contraído devido ao efeito hall.

Provindo do anodo, o arco se contrai tendendo a concentrar-se de acordo com o aumento gradual da corrente, na área de contato ocorre um aumento de temperatura. Para que não ocorra desgaste nos contatos, o arco se mantém em rotação, assim assemelha-se a um condutor móvel o qual é percorrido pela corrente.

Segue na figura 8 uma ilustração dos arcos da ampola do disjuntor:

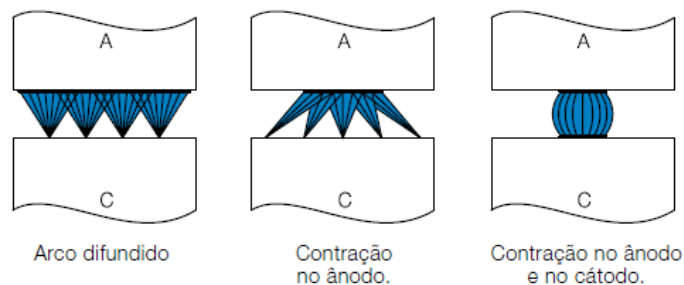


Figura 8 Tipos de arcos da ampola do disjuntor

Fonte: Manual da ABB (2020)

#### 4.4.3 Normas

Este disjuntor VD4 respeita as normas IEC 62271-100, VDE 0671-part. 100, CEI 17-1 fascículo 1375, e estão em conformidade com as normas dos principais países industrializados, visando sempre confiabilidade, segurança do equipamento e de toda instalação correspondente.

#### 4.5 Motor Média Tensão Modelo MAF

É um motor de rotor bobinado 13,8kV da fabricante WEG, modelo MAF. Este motor foi dimensionado para trabalhar com potência em torno de 4000kW, e para proteção dele conta-se com alguns dispositivos para alongar o tempo de depreciação do motor.



Figura 9 Motor média tensão MAF

Fonte: Manual WEG (2020)

Segue na figura 10 os dados de placa do motor que será utilizado na linha de produção:


		<b>WEG INDÚSTRIAS S.A. - MÁQUINAS</b> AVENIDA PREFEITO WALDEMAR GRUBBA , 3000 89256-900 JARAGUÁ DO SUL - SC CNPJ 79.670.501 / 0013-79 INDÚSTRIA BRASILEIRA						9003.7530
		NBR-7094						
<b>MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO</b>				ROTOR <input type="checkbox"/> GAIOLA <input checked="" type="checkbox"/> ANÉIS				
MOD	MAF800	Nr. 161485 / 161486			IP/IN	RUIDO dB(A) Refrig.		
kW	4560	PRIMÁRIO			FS	Mancal L.A. ZFNLE 22-250		
		V	A	LIG	COS $\phi$	Lubrificante OLEO ISO VG-46		
rpm	894	V	A	LIG	AMB	Mancal L.O.A. ZFNLQ 22-250		
Hz	60	V	A	LIG	ALT	Lubrificante OLEO ISO VG-46		
CAT		SECUNDÁRIO			$\Delta T$	Sentido de rotação visto da ponta do eixo		
REG	S1	V	A	LIG	IP	Horário		
ISOL	F	RENDIMENTO %	96.5 %	100%	96.4 %	75%	Anti-Horário	
					MASSA	X		
						Ambos		
		<b>ATENÇÃO</b>						
		ANTES DA INSTALAÇÃO OU OPERAÇÃO, LER ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES DO MANUAL DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO						

Figura 10 Dados de placa do motor

Fonte: weg.com.br

#### 4.5.1 Localização das Proteções

O motor tem sistemas de proteções de temperatura que ficam localizados no estator principal, mancais, acoplamento e demais componentes que necessitam de monitoramento ativo, das condições de temperatura e proteção térmica para evitar problemas maiores. Este sistema de proteção e monitoramento de temperatura deve ser ligado e monitorado por um sistema auxiliar de processo para controlar essas variáveis.

Para monitorar a temperatura são utilizados os Termistores (tipo NTC e PTC), termostato (Bimetálico) e termo resistência (RTD).

##### 4.5.1.1 Limite de temperatura para enrolamentos

O ponto de temperatura mais elevado no enrolamento deve respeitar o limite da classe térmica e ser mantida abaixo. A temperatura total é o equivalente a soma da temperatura real com a temperatura ambiente somado a diferença existente entre a temperatura média do enrolamento e a do ponto mais quente. Segundo a norma o limite proposto para temperatura ambiente é 40°, o que excede a isso considera-se condições especiais de trabalho. Segue abaixo a tabela de temperaturas:

Classe de isolamento		F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40
T = elevação de temperatura (método da resistência)	°C	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a Temperatura média	°C	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	155	180

Tabela 1: Classe de isolamento

Fonte: Os autores (2020)

## 4.6 Reostato de Partida

Tendo conhecimento que o componente apresenta a função de regulação de tensão, e limita a corrente que passa sobre ele variando conforme o seu valor, havendo a intensão de regular essa limitação da corrente e criando o que se chama de reostato, baseado no princípio de um resistor regulável, podendo variar seu valor conforme o processo.

### 4.6.1 Variações dos reostatos

**Varição contínua:** Como o próprio nome diz, ele tem a capacidade de variar a resistência elétrica de um valor a outro pré-estabelecido de forma contínua, ou seja, variando sempre em valores de mesma intensidade. É feito de um material condutor com um comprimento determinado, sendo enrolado diversas vezes e seu comprimento tem influência direta na sua resistência elétrica, já a regulação é feita através de um cursor que é movimentado manualmente sobre o condutor, obtendo uma variação da resistência do componente, feita pelas partes do condutor que não são isoladas, garante esse cursor entra com diferentes contatos e diferentes valores de resistência. Existem diversos tipos de reostatos, dos menos potentes como volume de rádio, intensidade de luz, até os mais potentes que são de regulação de corrente de campo de um motor.



Figura 11 Reostato de Variação Contínua

Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-reostato/> (2020)

**Reostato descontinuo:** Este é formado por um bando de resistores de valores determinados, permitindo a associação de resistores em serie ou paralelo, sendo em serie para aumentar a resistência do componente e em paralelo para diminuir a mesma. Nesse caso a mudança de resistência no processo não apresenta a mesma intensidade, portanto pode mudar de resistência de uma forma mais brusca ou mais branda, dependendo do processo e de sua regularização.



Figura 12 Reostato de variação descontinua

Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-reostato/> (2020)

#### 4.6.2 Aplicações e funcionalidades

Este é um componente bastante comum e utilizado em diversos equipamentos eletrônicos, sendo alguns deles no rádio com a função de variar o volume, quando estiver aumentando o volume de um rádio, significa que diminui a resistência do reostato ou vice-versa.

Os dimmers também apresentam sua aplicação, sendo possível aumentar ou diminuir a intensidade de lâmpadas, podendo ser usadas para regular fluxo de água entre outras aplicações.

Estas aplicações listadas acima são de certa maneira mais simples, demandando de um reostato com uma potência (resistência) consideravelmente baixa, porém pode-se contar com os de potência mais altas que servem para processos como partida de motor, o qual será abordado.

Quando se trata de motores de corrente contínua, sabe que sua corrente de pico é bastante elevada, por isso é utilizado o reostato que tem a função de diminuir a corrente de pico na partida do motor, resultando numa ligação gradativa. O reostato é ligado com sua resistência máxima e vai diminuindo conforme o processo, contudo o motor também irá partir com uma velocidade mais lenta devido à alta resistência gerada pelo reostato, e conforme ela for diminuindo a velocidade do motor irá aumentar.

#### **4.6.3 Tipos de reostatos de partida**

Existem alguns tipos de reostatos, sendo que uma de suas funções é o acionamento de um motor, dentre estes pode se destacar alguns:

##### **4.6.3.1 Reostatos líquidos (arranadores)**

Sua principal característica é o elemento resistivo que ao invés de ser metálico, o próprio líquido faz essa função. Sendo aplicado principalmente em motores de alta potência de 100 a 15000 CV.



Figura 13 Reostato líquido arrancador

Fonte: <http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> (2020)

#### 4.6.3.2 Reostatos líquidos (reguladores)

Os reostatos líquidos reguladores, partem o motor, controlando seu número de rotação dentro de uma faixa de 50 a 100%. Eles contêm um trocador de calor que tem a função de manter a temperatura do líquido dentro dos valores projetados.



Figura 14 Reostato líquido regulador

Fonte: <http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> (2020)

#### 4.6.3.3 Reostatos líquidos (com escorregamento automático)

Os reostatos líquidos com escorregamento são utilizados em trituradores (Shredder) ou laminadores, com a função de diminuir os picos de corrente desses motores, que são provocados pela variação da carga, fazendo com que essa variação também na resistência mantem a corrente que é pré-estabelecida no processo.



Figura 15 Reostato líquido com escoamento automático

Fonte: <http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> (2020)

#### 4.6.3.4 Reostato em banho de óleo

São feitos de resistências metálicas envoltos de um óleo isolante, sendo fornecido de acionamento automático ou manual.

Sendo do manual o operador comuta a resistência através de um volante, sendo observado as correntes de partida.



Figura 16 Reostato em banho de óleo manual

Fonte: <http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> (2020)

No automático há um escalonamento da resistência feita pelo reostato em tempos diferentes entre os pontos, sempre mantendo a corrente conforme desejado. Caso o motor seja desligado o reostato já se dirige a posição de partida.



Figura 17 Reostato em banho de óleo automático

Fonte: <http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> (2020)

#### 4.6.4 Funcionamento do Reostato Líquido Regulador

O reostato líquido suaviza a partida do motor através de eletrodos que funcionam como resistências variáveis, que em contato com a solução de água e carbonato de soda, conforme as bombas laterais enchem o reservatório superior e submerge os eletrodos, e as resistências das bobinas diminuem de acordo com que sobe o nível da solução fazendo com que a corrente no motor aumente, criando uma aceleração gradual.

O reostato líquido deve ficar próximo ao motor, porque a corrente direcionada as resistências é alta e isso cria um campo elétrico em torno dos cabos, e poderá interferir em outros equipamentos do processo ou até mesmo causar perturbações neste sistema, e caso seja instalado longe do motor a resistência ôhmica do cabo poderá vir a causar alterações na resistência dos eletrodos e causar oscilações na curva de aceleração do motor.

#### 4.7 Causas e Métodos de Correção do Fator de Potência

Existem diversos fatores que podem interferir no fator de potência, sendo alguns motores indutivos operando a vazio ou superdimensionados, grande quantidade de motores indutivos de pequeno porte, transformadores operando a vazio ou com pequenas cargas, lâmpadas de descargas com reatores de baixo FP, nível de tensão acima do normal, máquinas de solda a arco, fornos e arcos de indução

eletromagnética, retificadores, inversores, fontes chaveadas e outros equipamentos eletrônicos.

Seção Relativa	Fator de Potência
1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
4,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

Tabela 2: Seção transversal do condutor para o fator de potência

Fonte: <https://biblioteca.univap.br/dados/000015/00001531.pdf> (2020)

Portando para reduzir os custos e ter uma melhor eficiência em suas instalações, os consumidores comerciais e industriais estão procurando cada vez mais aumentar o fator de potência, por meio de compensação de energia reativa, sendo que o mínimo estabelecido seria de  $FP = 0,92$  sendo que abaixo disso é passível a multa. Existe três métodos conhecidos que elevam o fator de potência, são eles: o aumento do consumo de energia ativa, a utilização de máquinas síncronas superexcitadas e a utilização de capacitores.

O primeiro caso apesar de válido não é muito utilizado na prática, que tem como finalidade adicionar uma carga com energia ativa, e com ausência de energia reativa ou com menores proporções, fazendo assim com que a relação entre a diferença entre elas diminua. Porém como desvantagem aumenta a tensão geral recebida pelo sistema para suprir esta carga.

O segundo caso já se torna um pouco mais interessante, sendo que em tensões elevadas ele consegue cumprir bem com seu papel, compensando a energia reativa gasta através de um gerador de reativos que supri o fator de potência indutivo, porém não é muito utilizada pelo seu alto custo e suas dificuldades operacionais.

Por fim a utilização de capacitores, acaba sendo o meio mais viável de aumentar o fator de potência, já que seu custo-benefício é o melhor dentre os três apresentados, sem contar sua maior flexibilidade na aplicação, por serem bastante acessíveis e de fácil instalação.

Eles operam permutando a energia reativa, acumulando das cargas indutivas presentes, parte da energia reativa ou toda ela, que antes era fornecida pela concessionária, passa a ser fornecida pelos bancos de capacitores.

O princípio do funcionamento se dá através da defasagem da corrente em relação a tensão aplicada. As cargas indutivas absorvem potências reativas, e as consomem. Já o capacitor absorve as cargas reativas negativas fornecendo assim energia reativa positiva a qual se anula essas cargas, diminuindo a necessidade de produção destas energias pela concessionária.

Sendo-se que o sinal de potência do indutor é o oposto do capacitor, sabe-se que as potências e correntes absorvidas por estes são defasadas em  $180^\circ$ , sendo as indutivas  $90^\circ$  atrasados em relação a tensão e as capacitivas  $90^\circ$  adiantados em relação a tensão, fazendo assim com que este atraso entre as cargas diminua e melhore o fator de potência.

Considerando que até certo valor, o FP pode ser melhorado corrigindo-se os pontos propícios a alterar o fator de potência, acarretando uma necessidade de adicionar uma potência reativa menor, ou seja, capacitores de menor potência.

Importante dizer que cada caso é bastante específico, portanto, não existe uma fórmula ou um padrão a se seguir, com isto o estudo e a aplicação na correção do fator de potência tem que ser feito por profissionais capacitados.

O agrupamento de células capacitivas (dois eletrodos separados por um dielétrico) operando em um mesmo conjunto constitui um banco de capacitores, sendo na maioria das vezes trifásico viabilizando obter em tensões elevadas uma maior flexibilidade na instalação industrial e nas suas manutenções.



Figura 18 Banco de Capacitores

Fonte: eletrolico.com.br (2020)

## 4.8 Soft Starter

É um método de partida de motor que funciona em corrente contínua e alternada, permitindo que estes tenham uma aceleração e desaceleração progressiva permitindo uma adaptação na velocidade diante as condições de operação.



Figura 19 Soft Start média tensão

Fonte: [www.weg.net/catalog/weg/BR](http://www.weg.net/catalog/weg/BR) (2020)

Sabe-se que a sua principal função é diminuir a corrente de pico ( $I_p$ ) do motor na hora de sua partida e suavizando o processo, tornando-o muito atrativo graças a suas funções e praticidades.

Seu funcionamento, é dado através de ponte tiristorizada, que são componentes semicondutores, o qual fazem um chaveamento de tensão para que a mesma possa ser disponibilizada para o motor de forma crescente, fazendo que aumente gradativamente, dessa forma garante uma suavidade na partida e contém a corrente de pico. Seu chaveamento é controlado por um sistema de disparo que funciona como um modulo onde é capaz de realizar programações desejadas através de parâmetros, os quais são identificados um a um pelo fabricante e são apresentadas no manual.

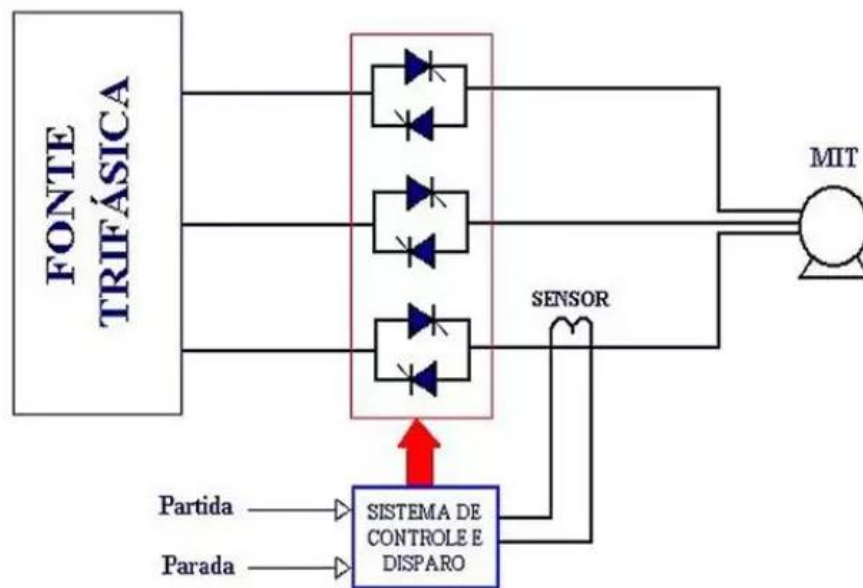


Figura 20 Circuito simples de um Soft Start

Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-soft-starter/> (2020)

Outras características importantes desse sistema para um motor trifásico, são:

- O processo de desligamento também pode ser feito de forma decrescente.
- Detecção de falta de fase do motor, e funcionamento com apenas duas fases.
- Conjugado de partida;
- Parada por corrente contínua;
- Proteção contra sobrecarga;
- Contenção do nível de corrente.
- Economia de energia.
- Proteção contra sobreaquecimento;

Esse sistema é bastante comercializado entre as empresas exatamente por essas características, conseguindo obter uma economia de energia já que a maioria dos equipamentos possuem um circuito, que consegue diminuir a tensão dos processos em que se utilizar apenas 50% da potência do motor, diminuindo a perda de energia por calor e utilizando apenas a energia necessária para sua atividade.

O Soft Start é um sistema que cresceu bastante nos últimos anos, devido a ele se sobressair sobre os outros sistemas, e com isso consegue-se perceber a diferença de uma partida de soft starter e analisar o quanto ela é favorável. Esse sistema ainda consegue aumentar a vida útil de equipamentos porque diminui os desgastes dos mesmos e principalmente do motor que é um componente chave para a linha de produção, e tem um alto custo operacional.

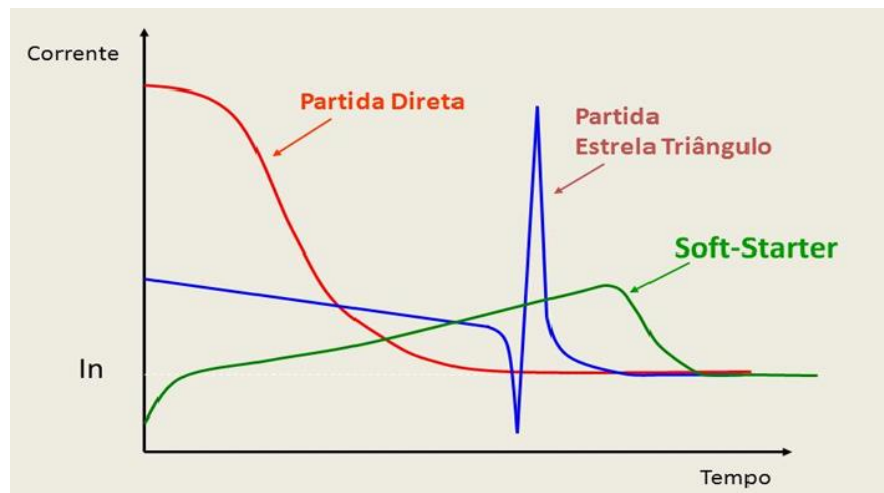


Figura 21 Gráfico de Comparação do Soft Start

Fonte: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/softstarter.pdf> (2020)

Em questão de custos, seu preço é bastante variado, por se trata de um sistema bastante amplo, ele varia muito dependendo tanto da marca quanto do processo, sendo que as principais marcas para esse sistema são a Siemens, Danfoss, WEG, Schneider e RockWell.

#### 4.9 IEC One Gear Rockwell Automation

Este é um produto novo no mercado que tem a função de partida de motores, especialmente de média potência, fornecendo um maior controle sobre o motor ou mesmo sobre sua alimentação, em condições de tensões totais ou reduzidas e compreendendo numa compatibilidade com a maioria das indústrias.

Suas principais descrições e destaques são as de que seus produtos contém uma maior segurança, uma taxa de manutenção reduzida, uma maior vida útil e confiabilidade sobre os equipamentos controlados.



Figura 22 OneGear média tensão

Fonte: Manual da RockWell (2020)

#### 4.9.1 Principais Funções

O OneGear também apresenta funções no controle do motor, porque além da partida ele consegue beneficiar outros aspectos, alguns citados abaixo:

- Soft start com Kickstarter selecionável
- Soft stop (parada suave)
- Iniciar ou parar o controle da bomba
- Controle de torque
- Iniciar o limite de corrente com kickstart selecionável
- Aceleração linear sem sensor com kickstart selecionável
- Desaceleração linear sem sensor
- Rampa dupla com Kickstart selecionável
- Operação de emergência (tensão total)

Mais detalhes podem ser verificados no anexo 1.

Além das principais funções o OneGear apresenta outras características adicionais como:

- Proteção de motor de estado sólido

- Medição
- Comunicação DPI (Interface de Programação do Inversor)
- Tela de LCD
- Programação de Teclado
- Controle por fibra óptica de SCRs de média tensão (para isolamentos)
- Placas de drives de loop gate atual
- Conjuntos removíveis de PowerBrick SCR assemblies
- Construção compartimentalizada
- Barramento de força (opcional)
- Diagnostico avançado

Esse controlador de estado sólido foi projetado para ser montado em uma estrutura OEM e funcionar com controladores existentes fornecidos pelo OEM ou pelo cliente. Isto é composto por vários componentes modulares, incluindo:

- Conjuntos SCR PowerBrick™ incluindo placas de acionamento de portão
- Interface solta e placas de detecção de tensão
- Cabos de fibra óptica para disparo de SCR
- Módulo de controle baseado em microprocessador
- Placa de interface de fibra óptica

#### **4.9.2 Capacitores de proteção do fator de potência**

Os SMCs OneGear podem ser instalados em um sistema com correção do fator de potência capacitivo. Esses capacitores devem ser instalados no lado da linha do Power Converter para evitar danos ao controlador SMC-50 controlado por retificadores de silício (SCR). Um contator ou disjuntor de comutação separado é necessário para os capacitores de correção do fator de potência. Este dispositivo de comutação fecha somente após o contator de by-pass ser acionado. Os capacitores de correção do fator de potência também devem ser abertos antes que o contator de by-pass seja aberto para executar uma função de parada.

### 4.9.3 Estrutura do IEC OneGear 7700

O OneGear consiste em estruturas de aço verticais independentes de frente morta, sendo que cada estrutura é adequada para expansões futuras em cada extremidade. Estas estruturas são fornecidas com meios de elevações removíveis, facilitando o manuseio e a instalação, sendo de design modular para facilitar e agilizar a manutenção.

O controlador completo é dividido em compartimentos isolados, tendo como o compartimento principal o barramento de força, o compartimento da célula de potência, compartimento de terminação de cabos e o compartimento de baixa tensão.

O sistema é fornecido com barreiras de metal aterradas entre os compartimentos de baixa tensão, célula de energia, compartimento principal e no compartimento de terminação de cabos. O acesso ao compartimento de baixa tensão será feito pelo controlador energizado, evitando ser exposto a nenhuma tensão média.



Figura 23 OneGear média tensão

Fonte: Manual RockWell (2020)

A sua estrutura terá os itens listados a seguir:

- Controlador de Retrofit (sem contato ou disjuntor principal de isolamento)
- Disjuntor a vácuo by-pass
- Conjuntos removíveis do PowerBrick SCR assemblies
- Placa de detecção de tensão

- Conexão de fibra ótica de modo de controle SMC-50 às placas de drive do PowerBrick
- Barramento de força de cobre horizontal isolado em estanho
- Um barramento contínuo de cobre nu
- Painel de controle LV com modulo de controle SMC-50 e placa de interface e terminações associadas.
- Provisões para linhas de alimentação inferior e conexões de cargas
- Chave de aterramento (opcional)

Mais detalhes se encontram no anexo 2.

#### **4.9.4 Funcionamento**

O modulo do processador do OneGear conhecido como SMC-50, fornece um controle sobre microprocessadores de ciclo digital fechado, supervisionando todos os controles de processamento incluindo o de disparo de SCR.

O início ou parada padrão pode ser programado entre 0 a 30 segundos sendo que o Kickstart selecionável funciona através de um soft start que limita a corrente e a aceleração linear do motor, fornecendo um pulso de corrente ajustável antes mesmo do seu início.

Sua corrente pode ser controlada para fornecer entre 0 a 90% do torque de rotor bloqueado por um período entre 0 a 2 segundos, sendo este recurso totalmente importante em campo.

O controle de bomba pode ser implementado para fornecer um controle de circuito fechado o qual atende os seus requisitos para o torque do motor funcionando tanto para partida quanto para a parada. Este recurso ajuda a evitar fenômenos como o “golpe de arfete”.

Os monitoramentos desse modulo de controle são bastante amplos, e são apresentados na tela LCD do equipamento, alguns deles são os de frequência de linha medindo e fornecendo acesso ao usuário, de potência exibindo a potência real,

potência reativa e a aparente sendo calculadas por fase e por linha, também é fornecido a demanda total de energia e sua demanda máxima, o fator de potência também é apresentado para cada fase e para a linha, corrente de pico sendo armazenada do motor consumida pelos últimos cinco ciclos, a distorção harmônica (THD) fornecendo o cálculo para as três tensões de linha e as três correntes do motor e o valor médio de cada, desequilíbrio de tensão, desequilíbrio atual de tensão, torque do motor, velocidade do motor sendo a velocidade total, velocidade de aceleração linear e de parada do motor, tempo decorrido do motor, que funciona para contabilizar o total de horas que o motor está operando, tempo de operação que é o tempo o qual o motor está operando a partir do momento de partida até sua parada, hora real de início que contabiliza o tempo total que o motor necessita para concluir um ciclo de partida até que o motor esteja em alta velocidade e por último o total de partida, que é contabilizado a cada partida bem sucedida .

#### **4.9.5 Modulo de controle SMC-50**

O módulo de controle SMC-50 oferece uma gama completa de modos de partida e parada como padrão:

- Soft Start com Kickstart Seleccionável
- Soft Stop
- Limite de corrente inicial com Kickstart seleccionável
- Aceleração linear sem sensor
- Desaceleração linear sem sensor
- Controle da bomba (modos de controle de partida e parada)
- Início do controle de torque
- Partida de rampa dupla
- Partida com tensão total (operação de emergência)

No modulo há outros recursos que oferecem mais benefícios ao usuário que incluem:

- Proteção extensiva e recursos de diagnóstico

- Medição
- Capacidade de comunicação
- I / O

#### **4.9.6 Proteções e diagnósticos**

Como dito anteriormente o sistema é bem sofisticado tanto em desenvolvimento quanto em proteção, apresentando alguns diagnósticos fornecido pelo modulo de controle:

- Perda de energia (com indicação de fase e pré-partida)
- Falha na linha (com indicação de fase e pré-partida)
  - SCR em curto
  - Falta de conexão de carga
- Aviso de falha de linha (proteção de operação)
  - Perda de energia
  - SCR em curto
  - Falta de conexão de carga
- Desequilíbrio de tensão
- Reversão de fase
- Subtensão
- Sobretenção
- Tenda
- Atolamento
- Sobrecarga
- Subcarga
- Partida ou horas excessivas
- Portão aberto (com indicação de fase)
- Sobreaquecimento (pilha de energia, com indicação de fase)
- Perda de comunicação
- Temperatura do motor (via entrada PTC)
- Aterramento (GFCT)

### **Proteção de sobrecarga:**

- Detecção da corrente trifásica utilizada
- Classes de disparo de sobrecarga são programáveis pelo usuário
- Memória térmica fornecida para proteção aprimorada do motor
- Proteção disponível através do controlador enquanto estiver na configuração de desvio

### **Proteção para arco de tensão:**

- Estrutura reforçada para conter material de arco elétrico
- Respiradouro de arco para esgotar o material do flash
- Pleno ou chaminé para redirecionar o material do arco elétrico
- Painel de baixa tensão reforçado, são o vedados para impedir a entrada de matérias de arco elétrico

Seu acabamento por padrão, deve conter todas as portas exteriores e placas finas de formação, pintadas com acabamento textura do RAL 7035 e todas as placas de metal pintadas de branco brilhante para melhor visualização e a estrutura do gabinete interna de metal estrutural é de aço galvanizado revestido de zinco.

## 5 DESENVOLVIMENTO

### 5.1 Informações Preliminares

O trabalho proposto, foi originado de um problema real de uma fábrica de cimento, no qual o motor principal de moagem é acionado através de um reostato de partida. Diante das falhas recorrentes deste sistema, foi feita uma pré-pesquisa com intuito de se encontrar um dispositivo de partida que favoreça a área, pensando na redução de falhas e otimização do processo.

Nesta análise primária, foi levantado todos os pontos não favoráveis para a operação do equipamento e feito um estudo das falhas recorrentes apresentadas pelo mesmo, foi notado que como se trata de um motor de médio porte de produção em massa de cimento, esse processo acompanha alguns problemas como vibração, poeira e temperatura. Como o Reostato de partida líquido tem que estar na área próximo ao motor, estará sujeito a todas as adversidades citadas, aumentando a necessidade de uma manutenção periódica mais intensiva.

Como se trata do motor principal de moagem, necessita de um sistema que ofereça o melhor desempenho, com mínimo de falhas possíveis do dispositivo. Como o sistema já operante possui um histórico de paradas recorrente, ele interrompe todo o processo de produção, acarretando perdas de produção e consequentemente financeira.

Além dos pontos avaliados acima, foi notado que em relação ao consumo energético é possível reduzi-lo. Como trata-se de um dispositivo que funciona como uma resistência variável, durante o processo de partida ele dissipa parte desta energia criando um desperdício desnecessário de energia e impactando diretamente na qualidade de energia da rede e podendo interferir nos processos da fábrica causando oscilações indesejadas na rede de alimentação.

A ideia principal do projeto é efetuar o estudo comparativo entre este sistema apresentado e um novo sistema, no qual suas particularidades apresentam mais recursos para eliminar falhas e paradas indesejadas.

## 5.2 O porquê do IEC OneGear 7700

A linha de produtos IEC OneGear 7700 é a próxima geração de controle de motor de média tensão especificamente projetada para atender a vários padrões globais. Os produtos IEC OneGear 7700 fornecem mais opções de centro de controle de motores e centro de controle de alimentação para aplicações de tensão total, e tensões reduzidas de estado sólido ao mesmo tempo em que fornecem suporte a tensões de operação de até 15 kV.

O controlador IEC OneGear 7700 SMC Flex apresenta construção compacta e compartimentada com base no inovador PowerBrick tecnologia para reduzir a contagem de componentes e facilitar a manutenção. Construído para minimizar a exposição a riscos elétricos, este controlador inclui chaves de intertravamento de segurança Guardmaster, que evite que o pessoal abra a porta do gabinete quando a fonte de alimentação for ativada. O gabinete é resistente a arco voltaico, ArcShield oferecendo proteção contra arco voltaico de acordo com o padrão IEC 62271-200.

Ao escolher o controlador OneGear SMC Flex, você tem a garantia de uma solução flexível construída de acordo com os padrões globais e apoiado pela experiência, serviços e suporte da Rockwell Automation, líder da indústria em média tensão Controle motor.

Segundo pesquisas da empresa murrelektronik, datada em 14 de março de 2018, as empresas líderes no mercado de equipamentos de automação mais ligados a indústria, são Siemens com 44% e Rockwell com 21%. Segue abaixo os maiores fabricantes do mercado brasileiro:

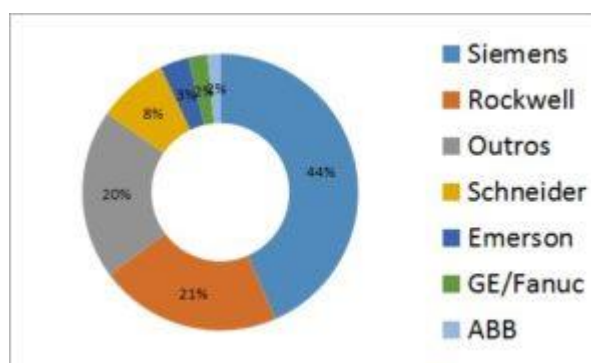


Figura 24 Fabricantes Brasileiros de automação

Com estes dados citados acima, foi pesquisado por equipamentos de partida das empresas que melhor atende a indústria no que desrespeito a automatização, com intuito de criar uma harmonização no sistema de moagem apresentado.

Conforme as pesquisas, não foi encontrado através da empresa Siemens um sistema de partida para atender os parâmetros do motor de moagem de média tensão.

Dada as circunstâncias, através das pesquisas foi encontrado um sistema que se compatibilizava com o motor proposto, sendo ele IEC OneGear 7700 da empresa Rockwell Automation. Foi aberto uma pesquisa sobre a empresa.

Foi avaliado o serviço prestado pela empresa no quesito de qualidade, confiabilidade, inovação, atendimento, assistência técnica, e a empresa se destaca positivamente em todos estes requisitos, além de ser líder no mercado da tecnologia.

Portanto, conforme os dados coletados, a melhor opção de escolha que se obteve, foi a Rockwell.

### **5.3 Comparativos dos diagramas unifilares dos casos estudados**

Com a mudança do método de partida, ocorre algumas alterações no diagrama de potência, como o Onegear 7700 é um equipamento já completo composto com disjuntores a vácuo, soft starter e outros componentes. Sendo assim, implica na substituição do conjunto antigo que são compostos por disjuntor a vácuo, relé de proteção e multimedidor, que não é necessário no novo sistema que será implementado.

#### **5.3.1 Reostato de Partida**

O reostato de partida não possui sistema de proteção, e necessita do auxílio do relé REM 543 para sua proteção, controle, medição e supervisão do motor de moagem.

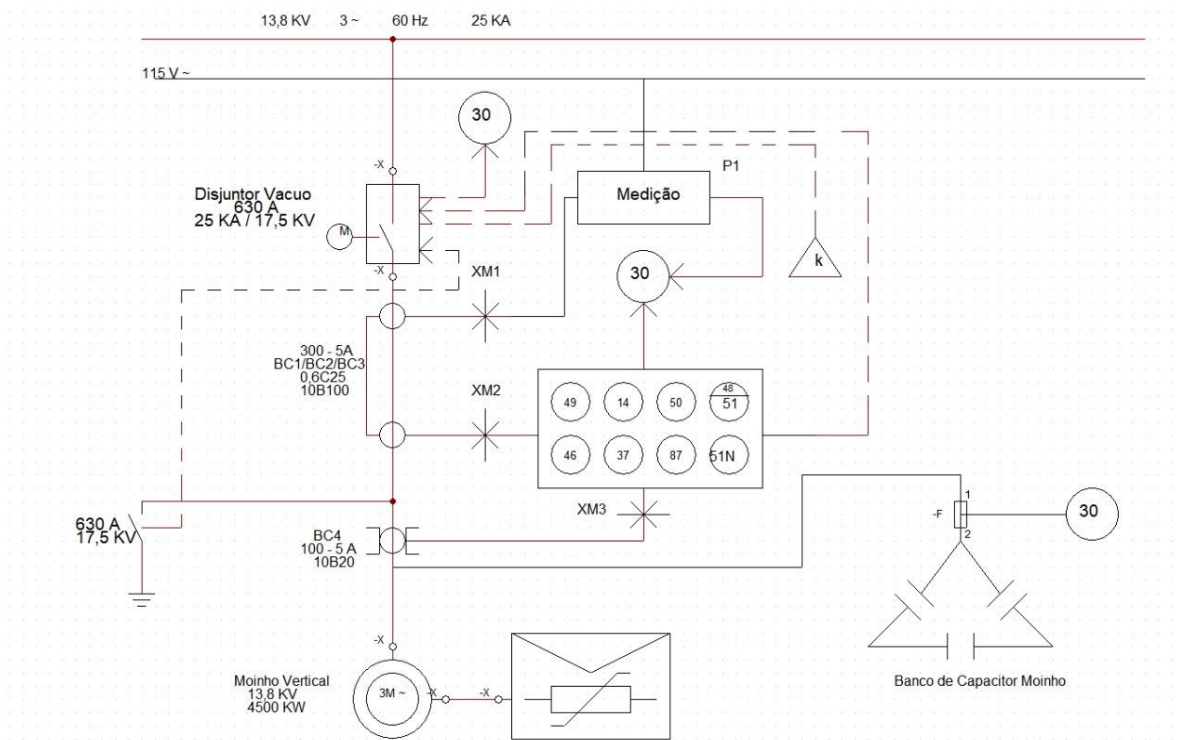


Figura 25 Diagrama unifilar do Reostato de Partida

Fonte: Os autores (2020)

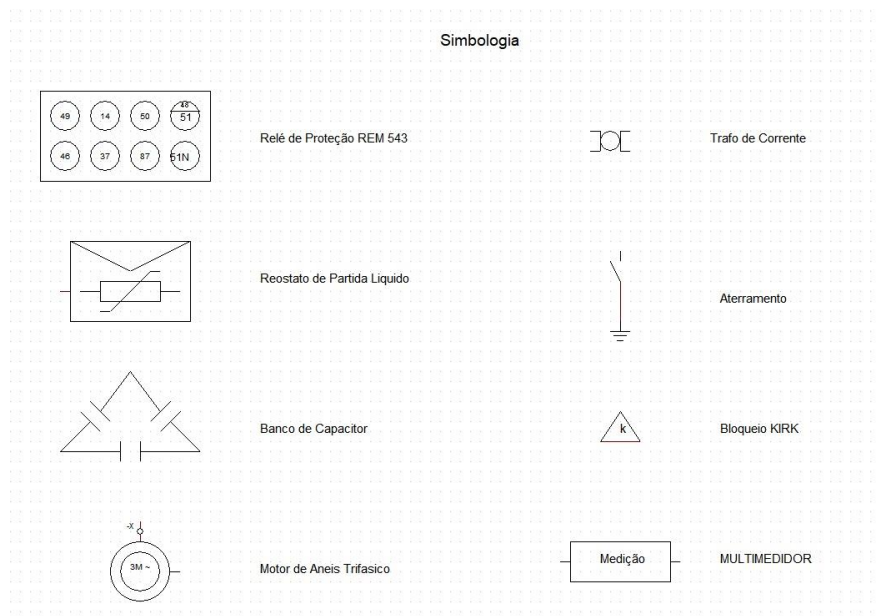


Figura 26 Simbologia do diagrama unifilar do Reostato de Partida

Fonte: Os autores (2020)

### 5.3.2 OneGear

Esse diagrama é mais otimizado, esse sistema consegue realizar a função que o reostato e o relé fazem juntos, seu próprio sistema já avalia e protege o motor quanto a linha de produção.

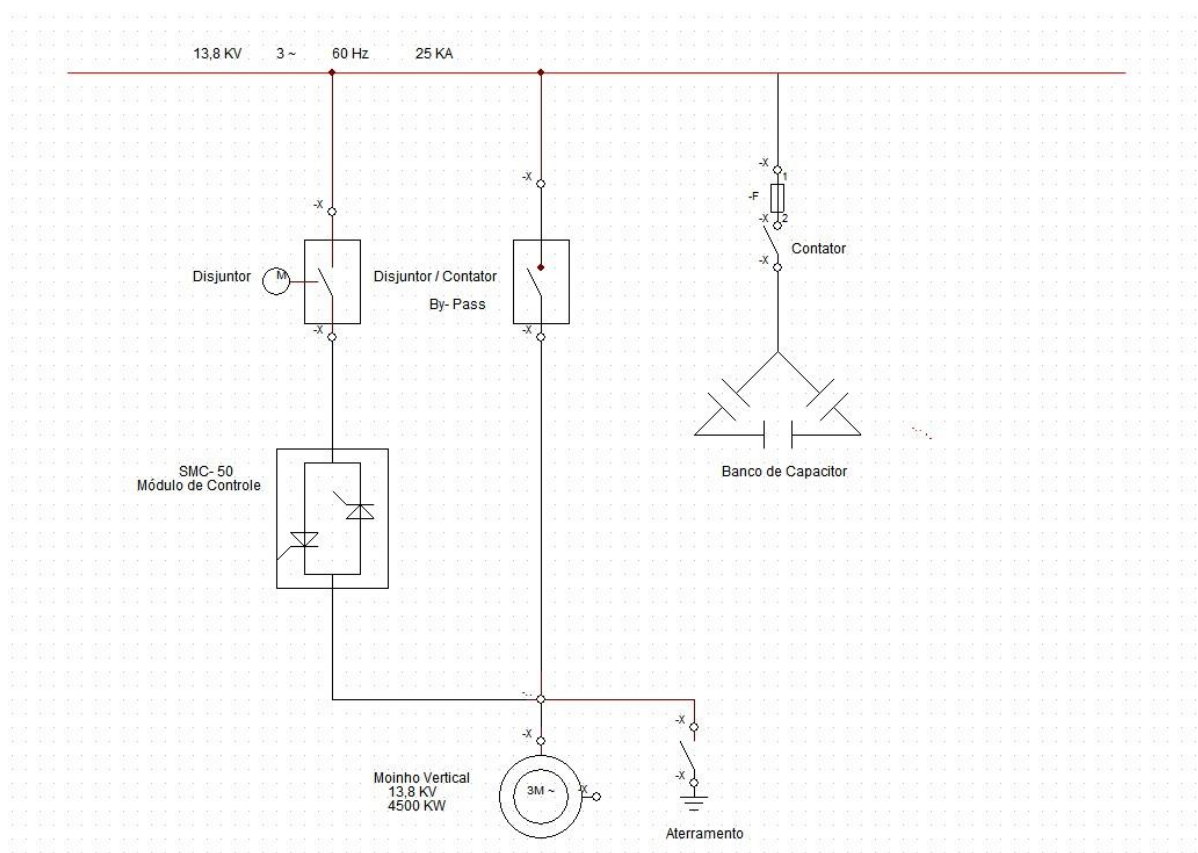


Figura 27 Diagrama unifilar do OneGear

Fonte: Os autores (2020)

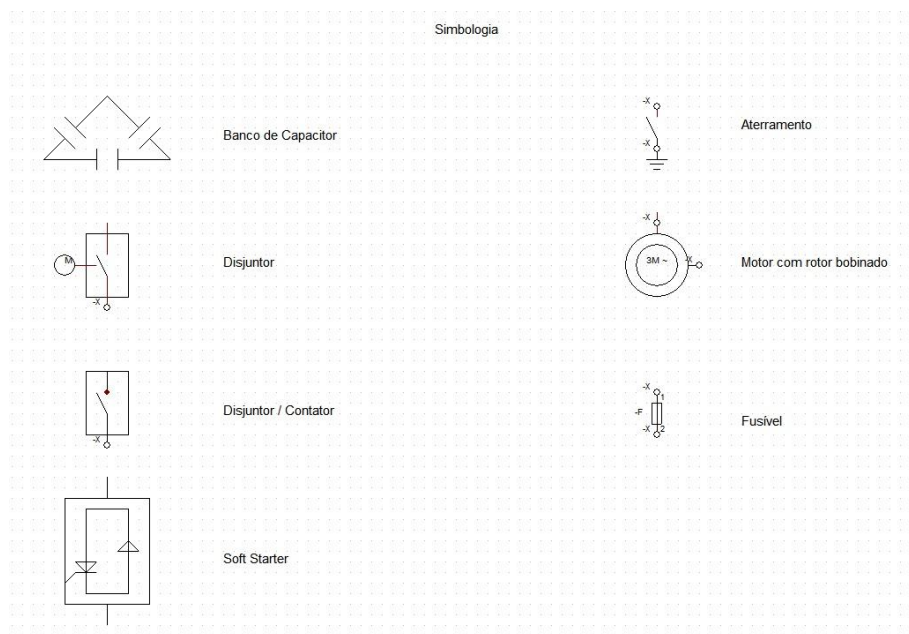


Figura 28 Simbologia do diagrama unifilar do OneGear

Fonte: Os autores (2020)

## 5.4 Benefícios técnicos do novo sistema de partida

O sistema escolhido para substituir o antigo foi considerado alguns pré-requisitos como: confiabilidade, reconhecimento de mercado, qualidade do produto, assistência técnica, disponibilidade de recursos, inovação, dentre outros. Além de todos esses benefícios citados, os equipamentos de controle da fabricação de cimento são da ROCKWELL AUTOMATION, que conseqüentemente nos oferece uma harmonização na implementação do novo sistema.

Após analisados os dados chegam-se à conclusão de que o IEC OneGear 7700 seria o sistema que melhor atenderia a otimização do processo. Sua ampla funcionalidade foi uns dos fatores primordiais para sua escolha, porque através dele é possível utilizar suas funções para aprimorar a sua partida, visando um melhor desempenho e maior vida útil do motor.

### 5.4.1 Proteção do motor e das Características de partida

O módulo de controle SMC-50 fornece alarmes e falhas do motor. Uma condição de alarme tem como objetivo fornecer um alerta de que há um possível

problema do sistema, ou haja falha pendente para permitir que tenha uma ação corretiva. Uma falha tem como objetivo proteger o equipamento de danos por ser desligado e / ou removido. O módulo SMC-50 permite você habilitar ou desabilitar o motor individualmente e os alarmes de partida de falhas por seleção de bit (On / Off). Além disso, o sistema fornece através de alarmes as falhas que são configuradas pelo usuário como o tempo de falha, parâmetro para limitar sobrecargas e desligamentos indesejáveis. O módulo SMC-50 tem um buffer de falha e um buffer de alarme separados para manter um Histórico de falhas / alarmes. O código e a descrição da falha / alarme, ele apresenta o horário e a data carimbados que é fornecido pelo Real Time Clock (RTC) do controlador SMC-50. O buffer de falha contém as últimas cinco falhas fornecendo a hora e data, já o Buffer de alarme mantém os últimos 100 eventos que detalham a hora, data, alteração de parâmetro, partida, parada, parada por inércia, operação, alarme, falha e reset de falha.

Como padrão, o módulo SMC-50 permite o reset manual de uma falha do Botão PUSH-TO-RESET / HOLD-TO-TEST, localizado ao lado do LED Indicador de status. A indicação de falha e a reinicialização também podem ser realizadas a partir de uma IHM de montagem em painel como apresentado na figura 30 ou de um software de PC (como os componentes conectados Software Workbench ).



Figura 29 IHM da Softstarter

Fonte: Manual Rockwell

### 5.4.2 Controle de torque

Este método possibilita o usuário ajustar o torque inicial de partida até o torque máximo. O modo de controle de torque oferece uma partida mais linear do que uma partida suave, resultando positivamente sobre os componentes mecânicos e maior tempo de rampa controlada.

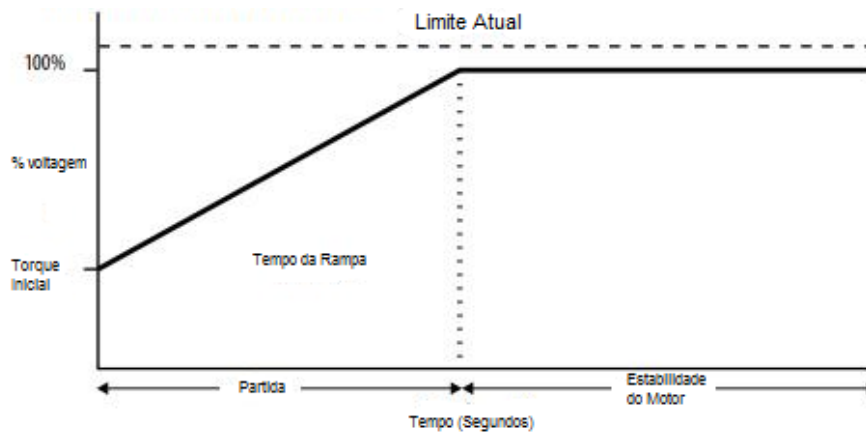


Figura 30 Controle de torque

Fonte: Manual da RockWell (2020)

### 5.4.3 Limite de corrente

Esta função é utilizada quando é necessário limitar a corrente inicial, e pode ser limitado pelo usuário a corrente de partida e o tempo de rampa de partida do limite da corrente. A partida suave também pode ser utilizada em conjunto limite de corrente, promovendo um maior controle de torque e partidas de aceleração de velocidade linear.

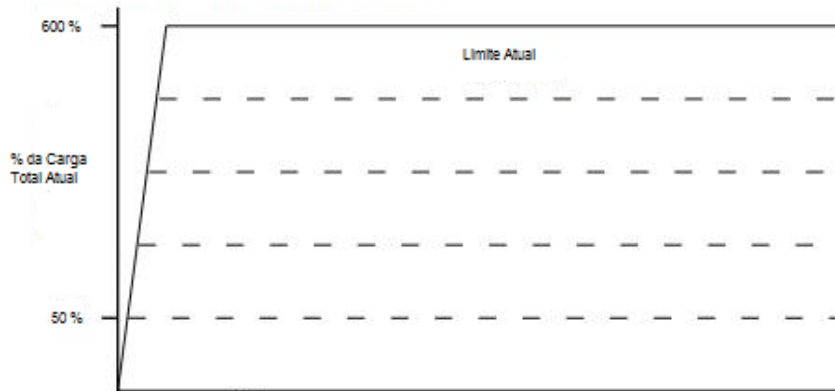


Figura 31 Limite de corrente

Fonte: Manual da RockWell (2020)

#### 5.4.4 Aceleração Linear sem sensor

Com esse modo de partida, a aceleração do motor é constante. O controlador acelera o motor de forma linear desde o início (velocidade 0) para condição de velocidade total no tempo configurado na rampa, que é definida pelo Tempo. Isso é feito usando um algoritmo de feedback de velocidade do motor proprietário para detectar sua velocidade.

Um valor de torque inicial é configurado para definir a partida do motor, sendo que o valor limite de corrente também está disponível para limitar a corrente inicial ao longo da manobra do início de aceleração linear.

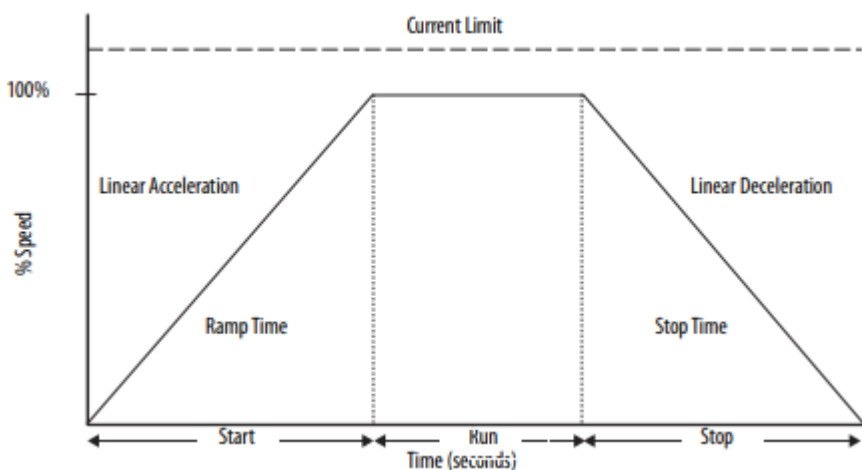


Figura 32 Diagrama de tempo de aceleração de velocidade linear

Fonte: Manual da RockWell (2020)

### 5.4.5 Desaceleração de velocidade Linear

A função de desaceleração permite ao usuário configurar, com base no tempo a rampa de desaceleração do motor até que o motor pare. Para isto, basta configurar o modo de parada do motor para o modo de desaceleração de velocidade linear. Um valor limite atual também é disponível para limitar a corrente de parada em toda a desaceleração de velocidade linear.

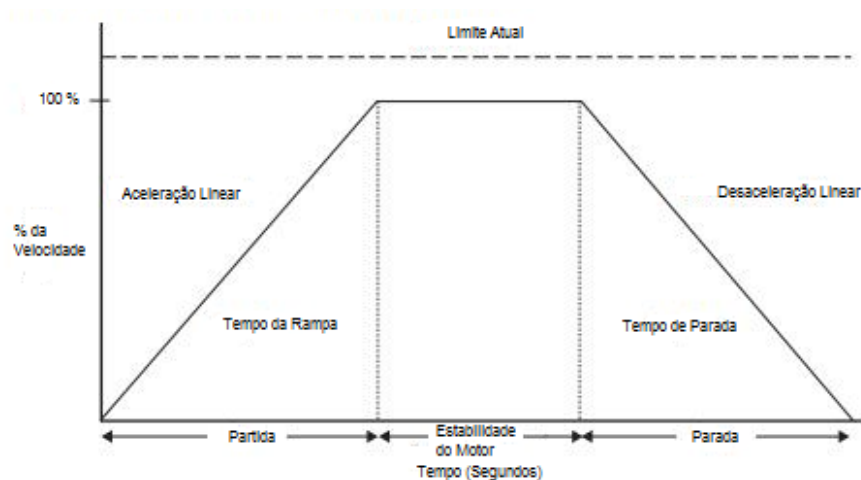


Figura 33 Desaceleração de Velocidade Linear

Fonte: Manual da RockWell (2020)

### 5.4.6 Kickstart Selecionável

Esse sistema fornece uma potencialização inicial, sendo ajustável a partir do usuário dentre 0 a 90% do valor do torque de rotor travado. Essas potências adicionais ajuda o motor a quebrar as resistências mecânicas, causada pela inércia do motor, podendo ser alteradas entre 0,0 a 2,0 segundos.

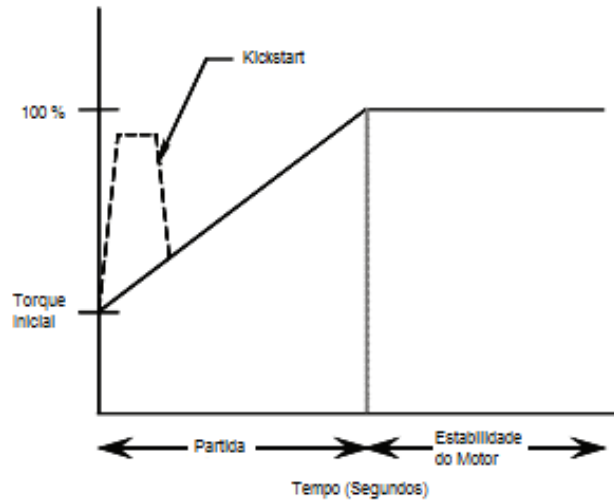


Figura 34 Kickstart Selecionável

Fonte: Manual da RockWell (2020)

#### 5.4.7 Rampa de partida dupla

Este método é útil em aplicações com cargas variadas, torque inicial e requisitos de tempo de início. A partida de rampa dupla oferece a capacidade de selecionar entre dois perfis de partida separados por meio de qualquer entrada auxiliar programável. Cada perfil pode usar qualquer um dos modos de inicialização disponível.

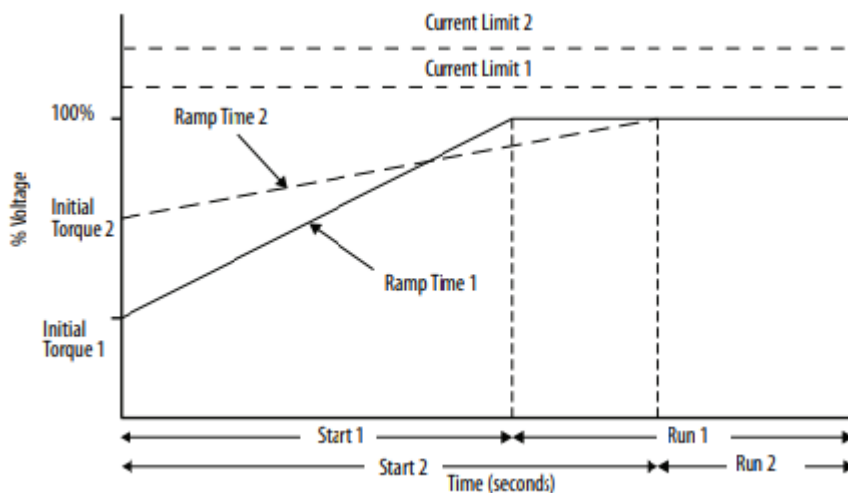


Figura 35 Diagrama de tempo de início de rampa dupla

Fonte: Manual da Rockwell

#### 5.4.8 Execução de by-pass de emergência

Este modo de partida é usado para fornecer 'Operação de By-pass de Emergência' quando os dispositivos de comutação estão com falha (por exemplo, SCRs em curto) e qualquer um dos modos de inicialização não pode ser utilizado. Quando programado para By-pass de Emergência Run, um comando 'Start' irá primeiro fechar o contator de by-pass, então a linha do contator para uma partida através da linha (tensão plena) do motor. Após a parada o comando abrirá o contator de linha primeiro e permitirá que o motor pare, independentemente do modo de parada programado.

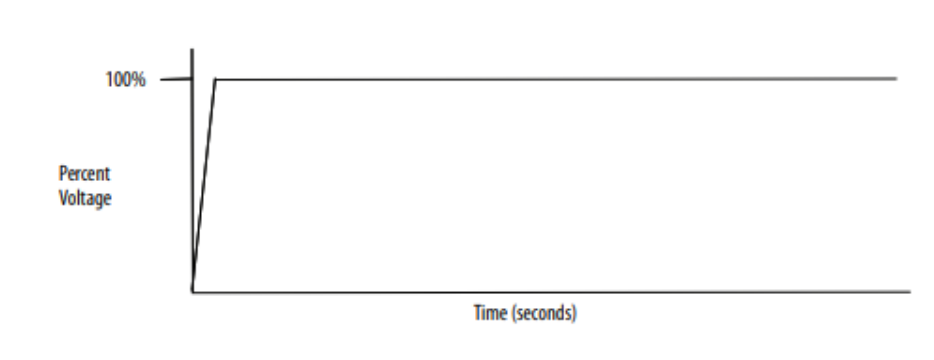


Figura 36 Início do By-pass de Emergência

Fonte: Manual da Rockwell

#### 5.4.9 Coast

Esse método resulta na parada do motor através de uma manobra inercial com uma velocidade ampliada.

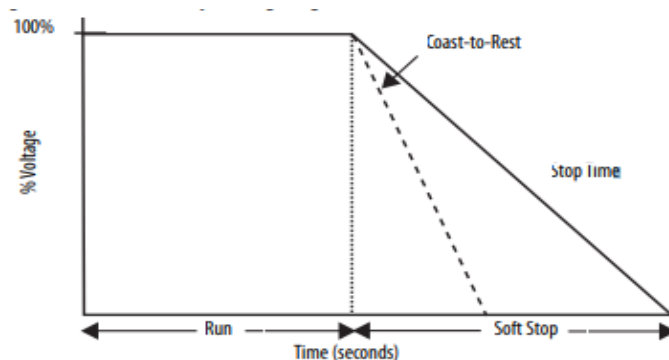


Figura 37 Tempo de inércia para parar

Fonte: Manual da Rockwell (2020)

#### 5.4.10 Soft Stop (Parada Suave)

O Soft stop que significa parada suave, pode ser usado em aplicações que requerem um tempo de parada prolongado. O tempo de desaceleração da tensão é ajustável pelo usuário de 0 a 999 segundos. Esta carga para, quando o tempo de parada programado tiver decorrido, ou a rampa de tensão cair para um ponto onde o torque da carga é maior que o torque do motor.

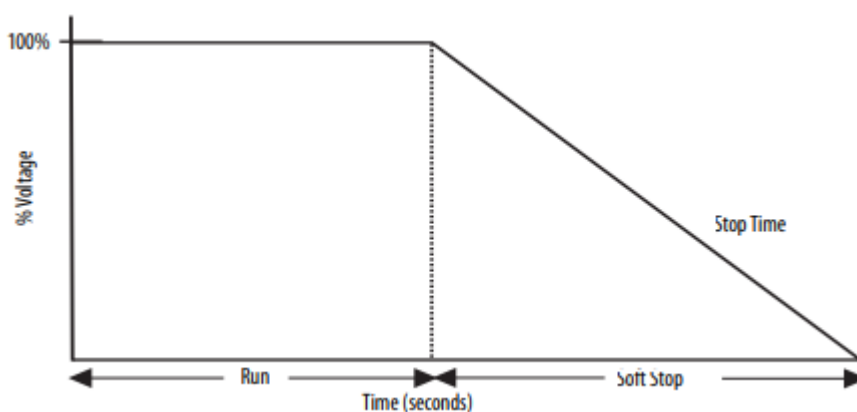


Figura 38 Diagrama de tempo de parada suave

Fonte: Manual da Rockwell (2020)

### 5.5 Benefícios econômicos do novo sistema de partida

O sistema apresentado dispõe de um recurso que aplica algumas vantagens em relação do anterior, uma delas é a de que ele não apresenta um pico de corrente na partida do motor, evitando assim um desgaste desnecessário para ele, afundamento de tensão, desbalanceamento de fases, comprometimento dos componentes entre outros.

Outro fator bastante ascendente é o de número de paradas ou de manutenção, este sistema de partida apresenta um menor número de falhas e contém a capacidade de trabalhar um maior número de tempo, sem precisar de ajustes, acarretando um número maior de toneladas/hora de cimentos fabricados e menor gasto em peças ou componentes.

O valor energético gasto pelo IEC OneGear 7700 na partida do motor, é consideravelmente menor do que o reostato, porque esse sistema antigo funciona como um resistor, limitando a corrente que vai para o motor, porém a energia não é aproveitada, sendo dissipada e perdida em calor e ruídos.

Sua aplicabilidade na área é mais eficaz, porque ele não precisa estar próximo ao motor fisicamente, assim evitando desgastes desnecessários como tremores, ruídos, poeiras aumentando assim sua vida útil e seu desempenho, facilitando também para os técnicos na hora de uma parada.

## **5.6 Qualidade de Energia**

Em termos gerais, entende-se por problemas na qualidade de energia, aqueles manifestados na tensão, corrente ou frequência que resultam na falha ou no funcionamento incorreto de algum equipamento (DUGAN, et al., 2002).

Os afundamentos de tensão, por sua vez, são usualmente associados à falhas no sistema de energia elétrica, no entanto, podem ser causados pela elevada corrente de partida de motores de indução que podem levar o sistema a perda de informações (quando ocorre, por exemplo, o desligamento de sistemas eletrônicos), funcionamentos incorretos, disparos indesejados, entre outros (LLERENA, 2006).

A qualidade de energia é um fator que exige uma atenção especial, pois além de ter que respeitar limites impostos pelo fornecedor de perturbações geradas na rede, também pode vir a trazer problemas no processo ocasionando falhas indesejadas. Se tratando de motor de potência elevada deve-se ter um cuidado maior para que não impacte nos outros equipamentos do processo. A implementação do IEC OneGear 7700 para a partida do motor do modelo MAF da WAG, contribui para a redução de corrente de partida, diminuindo a possibilidade de distúrbios na rede.

Sabe-se que o sistema de partida feito pelo Reostato, desperdiça muita energia de forma não sustentável, sendo que ele consome uma enorme energia, para sua função (partida do motor) e utiliza de forma eficaz apenas uma pequena parcela dela, sendo que a maior parte é dissipada em calor e ruídos constituindo em um sistema pouco vantajoso em qualidade.

O reostato líquido é composto por um conjunto de eletrodos que formam a resistência do reostato líquido para a partida do motor. Quando as resistências

trifásicas são inseridas adequadamente no rotor, obtém-se um maior conjugado de partida, menor corrente de partida e possibilita o controle da curva de aceleração, porém contém desperdício de energia. Este desperdício de energia é devido ao efeito Joule sobre as resistências, que dissipam esta corrente em forma de calor.

O IEC OneGear 7700 tem algumas vantagens sobre o anterior, sendo uma delas a de que sua partida consumir uma quantidade energética menor e com uma eficácia superior. Uma função a qual o torna ainda mais funcional é de sua partida suave (soft start), que compromete de uma forma branda os equipamentos e impactando de uma forma menos prejudicial à rede de energia de forma geral.

Sabendo que a qualidade na hora da partida de um motor é um fator bastante relevante, tem que se levar em consideração como ela é feita, tentando melhorá-la da melhor forma possível, conseguindo unir uma redução na energia total, com uma partida menos agressiva e promovendo um maior controle de sua partida.

## **5.7 Comparativos e ganhos do novo sistema implementado**

O novo sistema implementado garante ganhos econômicos, operacionais e necessita de uma menor frequência de manutenção preventiva. Com a retirada do reostato de partida, e implantação do IEC OneGear 7700 na subestação que fica cerca de uns 30m do motor, já que não é preciso está ao seu lado para travá-lo, aumenta as horas de trabalho sem paradas, causadas por intemperes gerados pela área de aplicação. Com isso é possível obter ganhos reais em produção.

O Reostato de partida tem um cronograma de revisão a ser cumprido, porém ainda assim tem muitas reincidências de falhas do Reostato líquido que fazem parar a produção. Tendo como desvantagem também, toda vez que a linha parar por um período mais extenso de tempo, deve ser feito teste no reostato antes de partir da linha. Segue a tabela 3 o plano de manutenção:

## **CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PARA REOSTATOS LÍQUIDOS**

**SP0559-TEC08 REV 0**

	Semanal	Mensal	A cada 3 meses	A cada 6 meses	Anual	A cada 3 anos	A cada 5 anos	Observação
<b>REOSTATO LÍQUIDO</b>								
Solução eletrolítica				X		Ver obs		Medir a concentração
Eletrodos							X	Limpeza ou substituição do pacote se necessário
Chaves de nível						X		Simular atuação
Painel de controle					X			Verificar comando
Instrumentos, partes e componentes					X			Verificar funcional
Motobomba						X		Verificar operação
Nível do eletrólito	X							Verificar a diminuição do nível
Inspeção visual					X			-
<b>DISPOSITIVO DE CURTO CIRCUITO</b>								
Limpeza no interior do painel no painel de comando				X				Limpeza com jato de ar
"Dedos" de contato do dispositivo de curto-circuito				X				Verificar área de contato e substituir quando necessário
Bobina de abertura do dispositivo de curto-circuito				X				Verificar e substituir quando necessário
Bobina de fechamento do dispositivo de curto-circuito					X			Verificar e substituir quando necessário
Contatos auxiliares do dispositivo de curto-circuito				X				Verificar contatos e substituir quando necessário
<b>BARRAMENTOS</b>								
Reapertar parafusos					X			-

Tabela 3: Manutenção do Reostato de Partida

Fonte: Manual da Eletele (2020)

### 5.7.1 MTBF Reostato de Partida

MTBF é a sigla de Mean Time Between Failures, que em tradução livre é Tempo Médio entre falhas. Ou seja, MTBF pode ser definido com o tempo decorrido entre as falhas de um determinado sistema durante a operação.

Número de Falhas	Somatório de horas em bom funcionamento
1	80
1	60
1	120
1	25
1	48
1	77
1	24
1	65
1	100
1	115
10	714
<b>MTBF = 71,4 Horas</b>	

Tabela 4: MTBF (Tempo médio entre falhas)

Fonte: Os autores (2020)

A partir desse levantamento de falhas durante um período de 1 mês trabalhados, desconsiderando preventivas e reparos, foi avaliada interrupções que retardam a retomada da produção. Após ser avaliada as falhas, pode-se afirmar que são causadas pelo próprio equipamento devido a exposição a vibrações e poeiras que estão presentes no local da linha de produção.

### 5.7.2 MTTR Reostato de Partida

MTTR é a sigla de Mean Time to Repair, que em tradução livre é Tempo Médio para reparo. Ou seja, MTTR é utilizado como um indicador para reparo de algum equipamento ou máquina.

Número de Reparos	Tempo para reparo (hrs)
1	1:15
1	3:00
1	1:45
1	1:05
1	1:25
1	2:30
1	0:40
1	1:55
1	2:10
1	1:20
10	17:05
<b>MTTR = 1 hora e 43 minutos</b>	

Tabela 5: MTTR (Média de tempo de Reparo)

Fonte: Os autores (2020)

Foi considerado o período de 1 mês para cálculo do tempo médio de reparo do equipamento utilizando o indicador MTTR, obteve-se um tempo médio de 1 hora e 43 minutos por reparo.

E a partir destes valores de MTBF e MTTR pode-se calcular os ganhos de produção com a implementação do projeto.

### 5.7.3 Solução e resultados para o problema proposto

Considerando os fatores citados, foram pesquisados métodos que possam retirar a necessidade do reostato de partida, com o intuito de obter um ganho na produção devido a suas paradas. O IEC OneGear 7700 tem como benefício não ficar na área, sendo assim protegido da agressividade do ambiente, eliminado 90% das falhas que vinha do sistema antigo.

A produção média por hora da linha de moagem é de 150 t, tomando como base o período de 1 mês de acordo com o MTBF apresentado anteriormente, a implementação do OneGear eliminaria cerca de 17 horas/mês, já que o sistema apresenta cerca de 10 paradas ao mês, com duração em média de 1 hora e 43 min

para regularizar a linha de produção. Sendo assim, estaria ganhando cerca de 2550 t a mais dentro deste período.

O valor estimado por saco de cimento correspondente a 50kg é de R\$18,00, e sabe-se que 2550 t é igual à 51mil sacos de cimento, portanto o reostato de partida deixaria de produzir um valor bruto aproximado de R\$ 918.000,00.

Para produção do cimento Portland é utilizado 4 matérias primas, segue abaixo uma tabela de especificação de valor e porcentagem de utilização a cada 1 tonelada:

<b>Matéria Prima</b>	<b>Preço Tonelada</b>	<b>Receita</b>	<b>Valor a cada tonelada</b>
Clinker	R\$ 213,07	32%	R\$ 68,18
Escória AF	R\$ 20,98	64,1%	R\$ 13,02
Gesso	R\$ 196,00	1,90%	R\$ 3,724
Calcário	R\$ 79,48	2,0%	R\$ 1,58
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>R\$ 86,50</b>

Tabela 6: Custo de Matéria Prima

Fonte: Os autores (2020)

Obs.: Estes valores de receita são para produção de cimento CP III de acordo com a Normativa ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

Com esses valores chega-se a um custo médio de matéria prima de R\$ 86,50 por tonelada sendo que uma tonelada equivale a 20 sacos de cimento, logo o preço aproximado para produção de 1 saco de cimento é de R\$ 4,40, desconsiderando algumas variáveis como gastos de energia, embalagem, mão de obra, impostos, transporte, reposição de equipamentos etc.

Levando em consideração que a fábrica trabalha com uma margem bruta de 41,72%, então, o lucro obtido sobre a venda de cada saco é de R\$7,51. Para obter estes valores foi pesquisado a margem bruta de cinco grandes empresas brasileiras de seguimentos diferentes e foi feito uma média entre elas:

<b>Empresas</b>	<b>Margem Bruta (%)</b>
Vale	46,7
Suzano	32,6
Petrobras	44,1
WEG	30,5
Ambev	54,7
<b>Média da Margem Bruta</b>	<b>41,72</b>

Tabela 7: Média das Margens Bruta

Fonte: [www.fundamentus.com.br](http://www.fundamentus.com.br) (2020)

Considerando que a margem bruta é igual ao lucro bruto dividido pela receita líquida e indica a porcentagem a cada R\$1,00 em venda o que sobrou após o custo do produto / serviço vendido.

Considerando estes fatores, com a implementação do sistema IEC OneGear 7700 terá um lucro bruto de R\$459.000,00/mês.

Obs.: Este valor desconsidera custos operacionais e custos administrativos.

Após levantamentos obteve-se os valores apresentados na tabela 8.

<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
IEC One Gear	R\$ 500.000,00
Custo por Tonelada de cimento	R\$ 86,50
Preço de venda do saco de cimento	R\$ 18,00
Lucro bruto por saco	R\$ 7,51
<b>Lucro Bruto Total mês</b>	<b>R\$ 459.000,00</b>

Tabela 8 Valor de lucro obtido

Fonte: Os autores

Com base nessas informações foi melhorado consideravelmente a economia gerada através das diminuições de paradas indesejadas, também sendo importante dizer que o novo método de partida não requer a utilização do anel coletor devido a presença do soft starter, fazendo que não seja necessário a utilização da

extensão para acoplamento de resistências, eliminando assim a necessidade de manutenção e deterioração do mesmo, deixando de gastar com escovas e até mesmo de troca em casos de problemas no anel coletor.

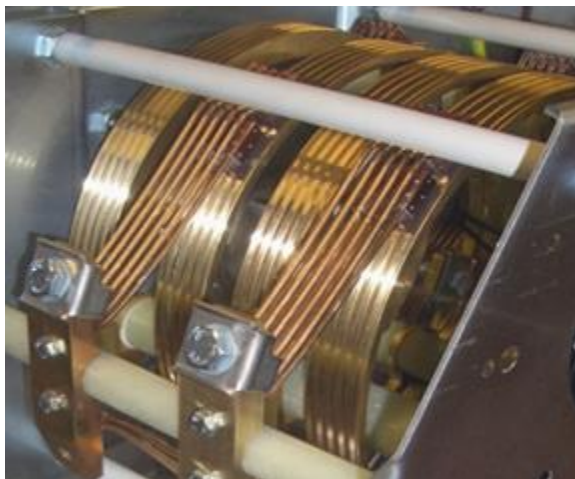


Figura 39 Anel Coletor

Fonte: [www.elmec.com.br/site](http://www.elmec.com.br/site) (2020)

## 6 CONCLUSÃO

Com a constante evolução no setor tecnológico, todos os anos surgem novas ideias de inovação, tornando o ambiente industrial cada vez mais eficaz, produtivo e seguro. A Engenharia Elétrica tem uma grande importância no que diz respeito ao desenvolvimento nos processos de evolução da tecnologia industrial.

No que se refere a processos industriais, sendo dever do engenheiro, desenvolver sistemas que potencializam a produção, prevendo futuros danos aos equipamentos e paradas para manutenções indesejadas, sempre pensando na segurança e danos ambientais sendo diretos e/ou indiretos.

O projeto proposto, visa melhorar o desenvolvimento técnico e financeiro do método utilizado para partida do motor de média tensão de moagem, podendo também se estender a outros tipos de aplicações, quando se utiliza um motor de média tensão com rotor bobinado.

A intenção principal do projeto é substituir o sistema de partida de Reostato líquido pelo sistema IEC OneGear 7700 desenvolvido pela empresa Rockwell, com intuito de otimizar a produção, evitando paradas para manutenção e visando a qualidade da energia para que a linha de produção tenha um menor desperdício energético.

A implementação do IEC OneGear 7700 elimina paradas indesejadas devido a agressão da linha de moagem, aumentando significativamente a produção mensal com essa implementação, e eliminando a necessidade de um intenso acompanhamento no local de produção, não sendo necessário trocas ou medições de escovas devido ao curto-circuito, obtendo um ganho considerável em qualidade de energia devido a sua partida suave ser feita pelo soft starter.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feito um monitoramento da média entre falhas do Reostato de partida líquido MTBF, e pensando em obter uma melhor produtividade tanto tecnológica como em eficiência, foram feitas pesquisas para encontrar um método que traga evoluções financeiras e econômicas a empresa.

Com os dados obtidos na pesquisa de campo, onde foi buscado informações de alguns revendedores de cimento com o interesse de obter um preço final de venda dos fornecedores de cimento, chegou-se a um valor médio de R\$18,00

por saco, através das mesmas pesquisas chega-se a um valor médio do gasto com matéria prima de aproximadamente R\$ 4,40 por saco.

Sendo uma empresa fictícia todos os dados de custos fixos que são fornecidos através do estudo de casos, são valores aproximados através de pesquisas realizadas em empresas renomadas no mercado. Foi contactado uma empresa que fornece equipamentos da marca Rockwell (EDGE GLOBAL SUPPLY), e foi nos fornecido dados bases para o equipamento e um valor aproximado.

Considerando essa variação no preço, estima-se que o projeto se pagaria em um período de 2 meses, somente com o lucro bruto das horas que serão ganhas em produção, fora todos os outros recursos que estariam sendo implementados, que foram citados no projeto com o IEC OneGear 7700. Logo, o projeto foi considerado em base nas pesquisas e cálculos, viável.

## BIBLIOGRAFIA

FLSMIDTH (FLSmidth Inc., USA, Bethlehem), dimensões e características de equipamentos: manual de orientação. Bethlehem, 2015. 8 p (Série Manuais)

BATTAGIN, A. F. Cimento Portland de Alto Forno CPIII. ABCP – Agosto 2009

BATTAGIN, A. F. O uso das escórias siderúrgicas na construção civil. Um panorama atual. AFB - Setembro 2001

WEG (WEG Equipamentos Elétricos S.A., Brasil, São Paulo), Manual de instalação, operação e manutenção motores de anéis: manual de orientação. São Paulo SP, 2009. 79 p (Série Manuais)

ABB (ABB Distribution Automation, Finlândia, Vaasa), estruturas e dimensionamentos do relé 543 e 545: manual de orientação. Vaasa, 70 p (Série Manuais)

ABB (ABB S.p.A. Power Products Division, Itália, Via Friuli), Instrução para a instalação e funcionamento do disjuntor: manual de orientação. Via Friuli, 2012. 98 p (Série Manuais)

Rockwell Automation (Allen-Bradley, USA, Milwaukee), descrição, função e apresentação do OneGear: manual de orientação. Milwaukee, 2019. 214 p (Série Manuais)

Eletele (RINA, Brasil, São Paulo), cronograma de manutenção para reostatos líquidos: manual de orientação. São Paulo SP, 1 p (Série Manuais)

PORTAL ELETRICISTA. **Estudando o funcionamento dos motores de indução trifásicos**. 2014. Disponível em:

<https://www.portaleletricista.com.br/motores-de-inducao/> . Acesso em: 15/08/2020

SLIDE SHARE. **Slide sobre motor de rotor bobinado MIT**. 2013. Disponível em:

<https://pt.slideshare.net/angeloahafner/induction-motors-casa>. Acesso em: 20/08/2020

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é um reostato ?**. 2020. Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-reostato/>. Acesso em: 12/09/2020

ELETELE. **Reostatos**. 2009. Disponível em:

<http://www.eletele.com.br/Reostatos.htm> . Acesso em: 12/09/2020

UNIVAP. **Banco de capacitores para correção do fator de potência.** 2015. Trabalho de conclusão de curso, autores: Júlio Cesar Silva dos Reis e George Tsuruji KiKuchi. Disponível em:

<https://biblioteca.univap.br/dados/000015/00001531.pdf> . Acesso: 15/09/2020

ELETROLICO. **Banco de capacitores.** 2014. Disponível em:

<https://www.eletrolico.com.br/banco-de-capacitores-trifasico-380v-com-protecao-fusivel-bcwp-weg-p1250> . Acesso em: 16/09/2020

WEG. **Soft starter de média tensão.** 2019. Disponível em:

[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/Soft-Starters/Montadas-em-Pain%C3%A9is/Soft-starter-de-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-SSW7000/Soft-starter-de-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-SSW7000/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_MEDIUM\\_VOLTAGE\\_SOFT-STARTER\\_SSW7000](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/Soft-Starters/Montadas-em-Pain%C3%A9is/Soft-starter-de-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-SSW7000/Soft-starter-de-M%C3%A9dia-Tens%C3%A3o-SSW7000/p/MKT_WDC_BRAZIL_MEDIUM_VOLTAGE_SOFT-STARTER_SSW7000) . Acesso em: 20/09/2020

MUNDO DA ELÉTRICA. **O que é um soft starter ?.** 2020. Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-soft-starter/>. Acesso em: 22/09/2020

UNESP. **Soft starter.** Disponível em:

<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/softstarter.pdf> . Acesso em: 03/10/2020

DUGAN, Roger C., et al. 2002. Electrical Power Systems Quality. 2. s.l. : McGrawHill, 2002.

LLERENA, Maria Tereza Mendoza. 2006. Estimativa do Comportamento de Máquinas Assíncronas Sujeitas a Afundamentos de Tensão. Porto Alegre : UFRGS, 2006.

BLOG. **Comparativo de empresas brasileiras no ramo de automação.** 2018. Disponível em:

blog.murrelektronik.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Fabricantes-de-controladores.jpg . Acesso em: 15/10/2020

ELMEC. **Anéis coletores.** 2020. Disponível em:

<https://elmec.com.br/site/index.php?pag=parceriaCavotec/produtos/produtosCavotec.php&produto=aneiscoletores> . Acesso em : 30/10/2020

FUNDAMENTOS. **Informações financeiras de empresas.** 2020. Disponível em:

<http://www.fundamentus.com.br/> . Acesso em 15/11/2020

# LISTA DE ANEXOS

## ANEXOS 1

Medium Voltage SMC OEM Components – 10...15 kV Specifications

### SMC-50 Control Module

The SMC-50 control module provides microprocessor controlled starting for standard 3-phase, squirrel-cage induction motors.

The SMC-50 control module provides the following modes of operation as standard:

- Soft start with selectable kick-start
- Soft stop
- Pump control start/stop
- Torque control
- Current limit start with selectable kick-start
- Sensorless linear acceleration with selectable kick-start
- Sensorless linear deceleration
- Dual ramp with selectable kick-start
- Emergency run (full-voltage)



### Product Selection

The SMC-50 control module provides motor protection, including overload, underload, stall, jam, and so on during starting and while the bypass contactor is energized.

Table 6 - SMC-50 Control Module Options and Catalog Number

Control Module	Cat. No.
Standard SMC-50 control module	7703E-FS1FX
Communication Modules	Cat. No.
DeviceNet	(20COMM-D)
ControlNet	(20COMM-C)
EtherNet/IP	(20COMM-E)
PROFIBUS DP	(20COMM-P)
Remote I/O	(20COMM-R)
RS-485 (DFI)	(20COMM-S)
RS-485 HVAC (Modbus RTU/Metasys N2/Siemens P1)	(20COMM-H)
Modbus/TCP	(20COMM-M)

## ANEXO 2

### 7760F – Retrofit Controller

A solid-state controller that is designed to work with an existing customer-supplied start controller. It includes:

- Tin-plated, insulated copper, horizontal power bus (optional)
- A continuous, bare copper ground bus (8 x 50 mm [0.3 x 2.0 in.])
- Removable PowerBrick™ SCR assemblies
- Drawout bypass vacuum contactor/breaker
- Voltage sensing board
- A low voltage control panel complete with microprocessor-based control module
- Fiber-optic connection from SMC-50 control module to gate driver board on PowerBrick
- Provision for bottom fed line and load connections
- Earthing switch (optional)

Figure 1 - Typical OneGear Single-Line Diagram, Bulletin 7760F (10...14.4 kV) (Vacuum Breaker)

