



Etec Jorge Street

Trabalho de Conclusão do Curso Técnico em Eletrotécnica

Carrinho didático com inversor de frequência

**Diego Pegoraro Eleutério
Fabiano Lúcio Cardoso de Souza
Gilvan Veloso Santos
Jaime de Miranda
Joelmir Pereira dos Santos
Igor Henrique da Rocha Ferreira**

**Professor Orientador:
Renato Francisco de Augustinho**

**São Caetano do Sul / SP
2018**

Carrinho didático com inversor de frequência

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito para obtenção do Diploma de Técnico em Eletrotécnica.

Dedicatória

Dedicamos esse trabalho aos profissionais da educação da etec Jorge street, que transformam direito á educação de qualidade, em realidade.

“O que sabemos é uma gota, oque ignoramos é um oceano”
Isaac newton

AGRADECIMENTOS

O grupo agradece primeiramente a Deus, e a todos que acreditaram em nosso potencial, em especial a todos nossos familiares e colegas de sala, e a todos os professores do curso que sempre estiveram dispostos a nos ajudar.

RESUMO

O carrinho didático com inversor de frequência consiste, em um equipamento didático de fácil locomoção, com um motor de indução trifásico, controlado por um inversor de frequência, onde o aluno pode aprender na prática a parametrizar um inversor de frequência, utilizar as saídas e entradas (digitais e analógicas).

Palavras-chave: aprendizado, Praticidade, didático

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – esquema elétrico	pag. 12
Figura 2 – Conexões de entrada	pag. 13
Figura 3 – gráfico de torque constante	pag. 15
Figura 4 – diagrama em blocos de um inversor de frequência	pag. 16
Figura 5 – componentes principais do CFW300	pag. 17
Figura 6 – instalação elétrica do CFW300	pag. 18
Figura 7 – carrinho didático antes da reforma	pag. 19
Figura 8,9,10 – processo de pintura	pag. 20
Figura 11 – banho de bicromatização	pag. 21
Figura 12 – disjuntor motor	pag. 21
Figura 13 – adesivo do painel de controle	pag. 21
Figura 14 – placa de dados do motor	pag. 22
Figura 15,16 – motor trifásico	pag. 22
Figura 17 – carrinho didático com inversor de frequência	pag. 23

Sumário

1 - Introdução.....	8
1.1 Tema e delimitação	
1.2 Justificativa	
1.3 metodologia	
2 – Fundamentação Teórica	8
2.1 – o que é o inversor de frequencia?.....	8
2.2 – O que é o motor de indução trifásico?.....	9
2.3 - A história do motor elétrico que você precisa conhecer.....	9
3 – PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	11
3.1 – Lista de materiais.....	11
3.2 - Esquema elétrico.....	12
3.3 - Conexões de entrada	13
4 – Desenvolvimento do Projeto	14
4.1 - Especificação técnica.....	14
4.2 - Controle V/f ou escalar.....	15
4.3 - Controle vetorial vvw.....	15
4.4 – Diagrama em blocos de um inversor de frequência.....	16
4.5 – Componentes principais do CFW300.....	17
4.6 - Instalação elétrica.....	18
5 – RESULTADOS OBTIDOS.....	23
Conclusão.....	24
Referências.....	25

1 – Introdução

1.1 - Tema e delimitação.

O projeto está relacionado a área de eletrotécnica, pois utilizaremos um motor de indução trifásico, e um inversor de frequência, agregado a um carrinho de fácil locomoção, podendo ser usado para fazer possíveis demonstrações do seu funcionamento em qualquer sala de aula, sendo assim de grande utilidade para alunos e professores.

1.2 – Justificativa

Esse projeto foi analisado pelo grupo como as outras ideias que estavam em aberto, optamos por esse projeto pelo fato de motores de indução trifásicos e inversores de frequência fazerem parte do cotidiano de um eletrotécnico, o projeto foi de grande aprendizado para todos do grupo, especialmente para aqueles que ainda não trabalham na área.

1.3 - Metodologia

Foi realizada uma reunião com nosso grupo para definirmos a construção do projeto, decidimos colocar um inversor de frequência e um motor da marca weg por ter um ótimo custo benefício, a estrutura de ferro foi fornecida pela escola, pois se tratava de um carrinho didático da escola que só tinha o motor e a parte de fechamento de motor, deixamos o motor na escola e modificamos toda a estrutura por isso não chamamos de "reforma" por se tratar de um novo projeto totalmente diferente. todo layout do painel foi pensado nos próximos alunos que irão utilizar o carrinho nas aulas.

2 - Fundamentação teórica

2.1 - O que é o Inversor de Frequência?

O inversor de frequência variável (conhecido como VFD em inglês) é um tipo de controlador que tem a função de acionar um motor elétrico e ao mesmo tempo variar

a frequência e a tensão que é fornecida ao motor com o objetivo de controlar a sua velocidade e potência consumida. Outros nomes para um VFD que podemos encontrar no mercado são: drive de velocidade variável, drive ajustável da velocidade, drive de frequência ajustável, drive CA (corrente alternada), microdrive ou simplesmente inversor.

Quando falamos de motores elétricos de indução ou corrente alternada, a frequência (medida em Hertz) está diretamente relacionada às Rotações Por Minuto (Rpm) de um motor. Em outras palavras, quanto maior a frequência, mais rápido os Rpm ou maior a velocidade de rotação do motor. Como sabemos, no Brasil, as concessionárias de energia elétrica fornecem energia alternada com uma frequência de 60Hz e por outro lado, a maior parte dos motores elétricos encontrados nas indústrias e que consomem esta energia possuem rotação nominal de 3600 RPM.

2.2 - O que é o motor de indução trifásico?

O motor de indução é um tipo de motor elétrico que funciona a partir de dois campos magnéticos girantes. Trata-se de um dispositivo amplamente utilizado em atividades industriais, especialmente as que envolvem a geração de energia elétrica. De estrutura e funcionamento considerados simples, o motor de indução trifásico é composto basicamente por um rotor (parte móvel do motor) e um estator (parte fixa) que funcionam de forma simultânea, além de um espaço entre essas duas estruturas — que recebe o nome de entreferro. Tanto rotor como estator são compostos por finas chapas de aço magnético em forma de anel, que são tratadas de forma a reduzir perdas do campo magnético. O estator se mantém fixo à carcaça do motor, e tem por função conduzir a energia e transformá-la em elétrica. O rotor, por sua vez, é uma estrutura que gira em torno de seu próprio eixo, produzindo movimento de rotação e energia. As estruturas do rotor e do estator são montadas a partir de um eixo em comum, por onde passa um enrolamento trifásico que permite a passagem do fluxo magnético que, por sua vez, forma três circuitos simétricos interligados. O resultado é uma interligação em forma de estrela ou em triângulo.

2.3 - A história do motor elétrico que você precisa conhecer

No mundo atual, repleto de tecnologias e constantes inovações, fica até difícil imaginar a vida longe dos motores elétricos e todas as facilidades que eles trouxeram, do dia a dia doméstico às indústrias. Mas se hoje tudo isso parece tão simples como ter um liquidificador, saiba que atingir esse estágio foi um processo lento e gradativo.

Levou quase três séculos entre os primeiros estudos, pesquisas e invenções até o surgimento dos motores elétricos, propriamente, em 1886. A descoberta é atribuída ao cientista alemão Werner Siemens, inventor do primeiro gerador de corrente contínua auto induzido.

Em 1600 o cientista inglês William Gilbert publicou uma obra descrevendo a força de atração magnética. A primeira máquina eletrostática foi construída em 1663, pelo alemão Otto Guericke, e aperfeiçoada em 1774 pelo suíço Martin Planta.

Já o professor de Medicina italiano Aloiso Galvani notou, em 1786, que ao tocar com o bisturi em coxas de rãs que estavam penduradas numa grade de ferro, estas apresentavam uma contração, a qual chamou “eletricidade animal”. Outro italiano, Alessandro Volta, descobriu que entre dois metais diferentes, imersos em líquido condutor, surgia uma tensão elétrica.

Em 1799 ele desenvolveu uma fonte de energia que chamou de “coluna de Volta”, que podia fornecer corrente elétrica. O físico dinamarquês Hans Christian Oersted, em 1820, verificou por acaso que a agulha magnética de uma bússola era desviada de sua posição norte-sul quando passava perto de um condutor no qual circulava corrente elétrica. Essa observação foi o primeiro passo em direção ao desenvolvimento do motor elétrico.

O físico e matemático André-Marie Ampère, com base nesses e outros estudos e constatações, construiu o primeiro eletroímã. Esse dispositivo foi fundamental para a invenção de vários aparelhos, como o telefone, o microfone, o alto-falante, o telégrafo. Depois, o inglês Michael Faraday descobriu, em 1831, a indução eletromagnética.

Em 1832 o cientista italiano S. Dal Negro construiu a primeira máquina de corrente alternada com movimento de vaivém. No ano seguinte, o inglês W. Ritchie inventou o comutador, construindo um pequeno motor elétrico em que o núcleo de ferro enrolado girava em torno de um ímã permanente. Para dar uma rotação completa, a polaridade do eletroímã era alternada a cada meia volta, através do comutador.

O professor alemão Moritz Hermann von Jacobi, em 1838, desenvolveu um motor elétrico e aplicou-o a uma lancha. A aplicação prática da energia elétrica em trabalho mecânico ficou assim comprovada. Entretanto, toda a energia provinha de baterias, que eram caras e de uso restrito. A preocupação, então, voltou-se à geração de energia elétrica de baixo custo.

Em 1856 o eletrotécnico Werner Siemens relatou o sucesso obtido na construção de um gerador de corrente, magnético, com induzido T duplo. Mas esse aparelho não podia gerar energia suficiente para alimentar indústrias e equipamentos domésticos. Os ímãs permanentes eram de ação restrita.

Somente dez anos depois Siemens construiu um gerador sem ímã permanente, provando que a tensão necessária para o magnetismo podia ser retirada do próprio enrolamento do rotor, isso é, que a máquina podia auto excitar-se. O primeiro dínamo de Werner Siemens possuía uma potência de aproximadamente 30 watts e uma rotação de 1.200 rpm. A máquina também podia funcionar como motor, desde que se aplicasse uma corrente contínua aos seus bornes.

Em 1879 a firma Siemens & Halske apresentou a primeira locomotiva elétrica, com potência de 2 kW. Mas a máquina tinha alto custo e era vulnerável em serviço, exigindo o desenvolvimento de um motor mais barato, robusto e de menor custo de manutenção.

1885: o engenheiro eletricista italiano Galileu Ferraris construiu um motor de corrente alternada de duas fases.

1887: o iugoslavo Nicola Tesla apresentou um pequeno protótipo de motor de indução bifásico com rotor em curto-circuito.

1889: o engenheiro eletricista russo Michael von Dolivo Dobrowolsky, da firma AEG, de Berlim, persistindo na pesquisa do motor de corrente alternada, entrou com pedido de patente de um motor trifásico com rotor de gaiola. Ele era simples, silencioso, tinha menos manutenção e alta segurança em operação.

1891: Dobrowolsky iniciou a fabricação em série de motores assíncronos, nas potências de 0,4 a 7,5 kW.

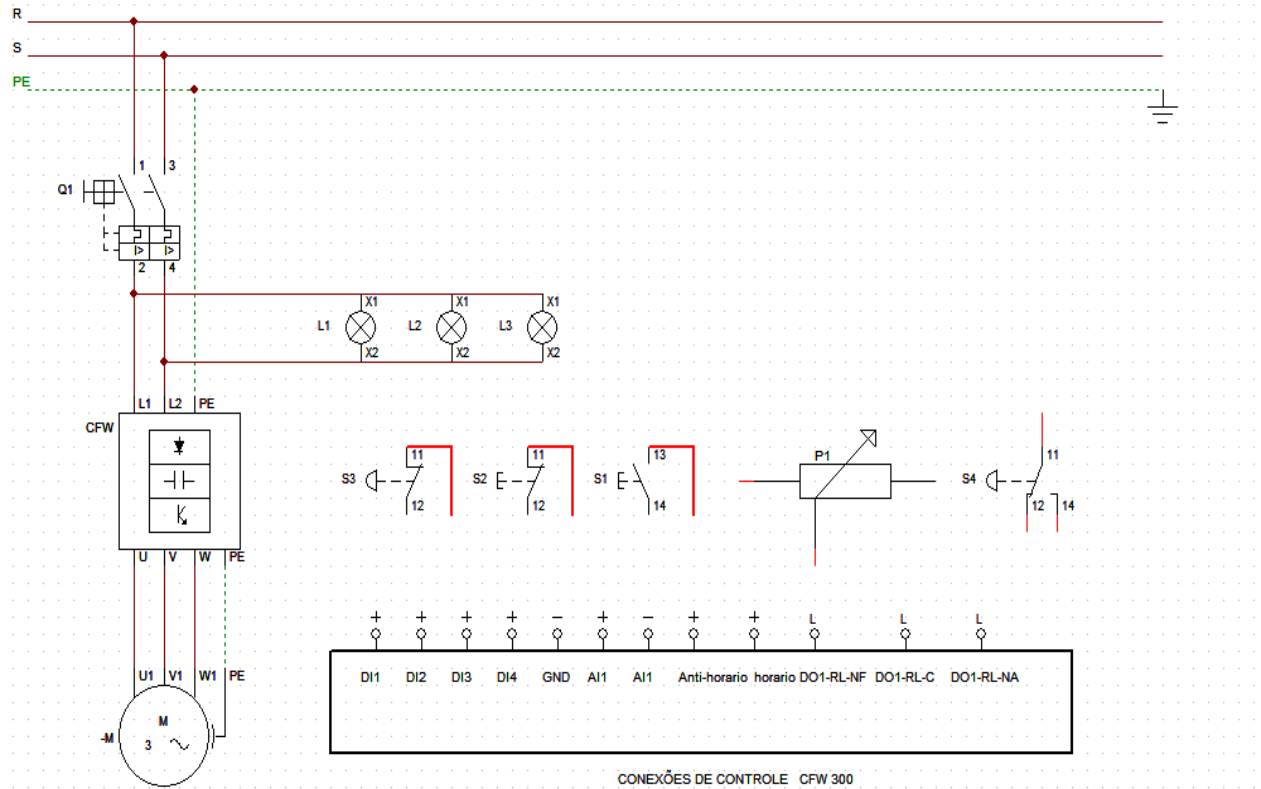
Em resumo, cientistas, físicos e outros profissionais nem sempre ligados à ciência contribuíram para a descoberta do motor elétrico, que acelerou a industrialização mundial e transformou radicalmente o modo de vida das pessoas.

3 – Planejamento do Projeto

3.1 – Lista de materiais

componentes	quantidade	Valor unitário	Valor total
Inversor de frequência CFW 300	1	R\$ 502,00	R\$ 502,00
Conectores banana	32	R\$ 1,00	R\$ 32,00
Adesivo impresso	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Botoeira liga desliga	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Botoeira stop	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00,
sinaleiro	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Motor elétrico	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
5m de Condutores de cobre 1mm	1	R\$ 16,85	R\$ 16,85
Terminais tubulares pct	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
Acrílico transparente 2mm	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Parafusos m8 pct	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Tinta spray laranja	2	R\$ 16,30	R\$ 32,60
Tinta spray cinza	1	R\$ 16,30	R\$ 16,30
tiner	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
estopa	1	R\$ 2,15	R\$ 2,15
lixa	2	R\$ 2,00	R\$ 4,00
Potenciômetro 5k	1	R\$ 1,90	R\$ 1,90
TOTAL			R\$ 944,80

3.2 - Esquema elétrico

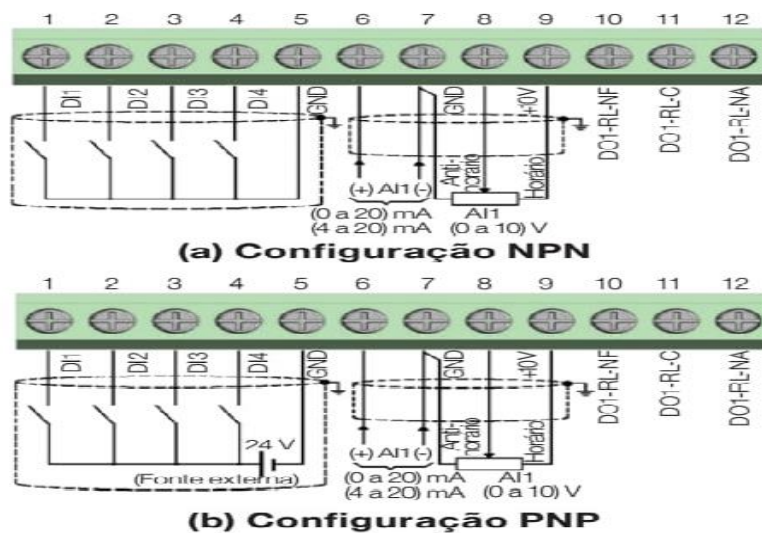


(figura 1)

Fonte; autores

3.3 - Conexões de entrada

Conexões de entrada (figura 2) fonte; manual de instalação CFW300 WEG



	conector	Descrição
1	D1	Entrada digital 1
2	D2	Entrada digital 2
3	D3	Entrada digital 3
4	D4	Entrada digital 4
5	GND	Referência 0v
6	A1	Entrada analógica 1(corrente)
7	GND	Referência 0v
8	A1	Entrada analógica 1(tensão)
9	+10V	Referência+10vcc para potenciômetro
10	DO1-RL-NF	Saída digital 1(contato NF do relé1)
11	DO1-RL-C	Saída digital 1(ponto comum do relé1)
12	DO1-RL-NA	Saída digital 1(contato NA do relé1)

Obs.; os inversores CFW300 são fornecidos com as entradas digitais configuradas como ativo baixo(NPN).

Fonte; manual de instalação CFW300

4 – Desenvolvimento do Projeto

Realizamos diversas reuniões com o grupo para definirmos lista de material, layout do adesivo, marca do inversor de frequência, cor do carrinho (carrinho na cor laranja, a tinta cinza foi utilizada de fundo).

Uma de nossas dificuldades foi encontrar um inversor de frequência, com preço acessível (por isso optamos pelo CFW300 da weg). A potência do motor também foi escolhida pensando no custo benefício pois quanto maior a potência do motor mais caro será o inversor de frequência. (fonte; autores)

4.1 – Especificação técnica

O carrinho didático utiliza um **inversor de frequência CFW300 WEG 0,5cv**.

O inversor de frequência CFW300 é um acionamento de velocidade variável de alta performance para motores de indução trifásicos, ideal para aplicações em máquinas ou equipamentos que necessitam de controle preciso e facilidade de operação. Possui tamanho compacto, instalação elétrica similar a contadores, controle vetorial WEG (VVW) ou escalar (V/F) selecionável, interface de operação (IHM) incorporada, SoftPLC, software de programação WPS gratuito e acessórios tipo plug-in que podem ser incorporados, agregando mais funcionalidades, proporcionando uma solução flexível com excelente custo benefício.

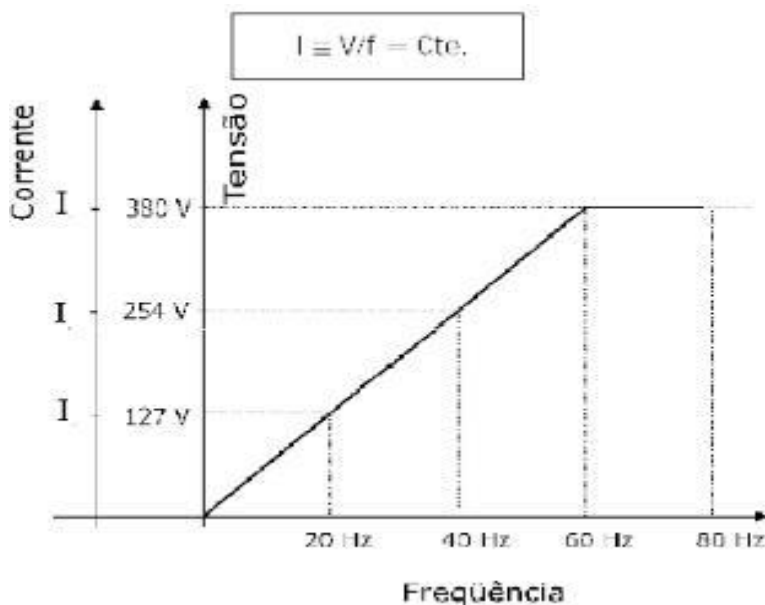
No **modo vetorial** (VVW) a operação é otimizada para o motor em uso, obtendo-se um melhor desempenho em termos de regulação de velocidade. O **modo escalar** (V/f) é recomendado para aplicações mais simples como o acionamento da maioria das bombas e ventiladores. Nestes casos é possível reduzir as perdas no motor e no inversor utilizando a opção "V/f Quadrática", o que resulta em economia de energia.

A vantagem do controle V/f é a sua simplicidade e a necessidade de poucos ajustes. A colocação em funcionamento é rápida e simples e o ajuste padrão de fábrica, em geral, necessita de pouca ou nenhuma modificação. Para casos em que objetiva-se a redução das perdas no motor e inversor pode-se utilizar a opção "V/f quadrático", no qual o fluxo no entreferro do motor é proporcional à frequência de saída até o ponto de enfraquecimento de campo (também definido por P142 e P145). Dessa forma, resulta uma capacidade de torque como uma função quadrática da frequência. A grande vantagem deste tipo de controle é a capacidade de economia de energia no acionamento de cargas de torque resistente variável, devido à redução das perdas do motor (principalmente perdas no ferro deste, perdas magnéticas).

fonte; manual de programação CFW300WEG

4.2 - Controle V/f ou escalar

Este tipo de técnica visa manter a relação tensão/frequência constante durante todas as velocidades que o motor possa operar, ou seja, tem por objetivo manter o torque do motor constante, igual ao torque nominal. A corrente que circulará no estator será diretamente proporcional a tensão aplicada e a impedância das bobinas. A impedância vai depender da frequência a qual as bobinas estão submetidas e da resistência ôhmica do fio. Quanto maior a frequência, maior a impedância. Sendo assim, podemos variar a tensão e a frequência de forma que o torque permaneça constante, conforme vemos no gráfico. Para valores acima de 60Hz, no caso do exemplo mostrado nesta figura, o motor entra numa região dita de enfraquecimento de campo, pois a tensão já atingiu o valor máximo que é o da alimentação da rede. Neste ponto, a corrente e o torque do motor diminuem e o controle escalar não é mais linear. Para resolver tal situação foi desenvolvido outro tipo de controle, o vetorial, que será explanado a seguir.



(figura 3) gráfico de torque constante fonte; manual de programaçãoCFW300WEG

4.3 - CONTROLE VETORIAL VVW

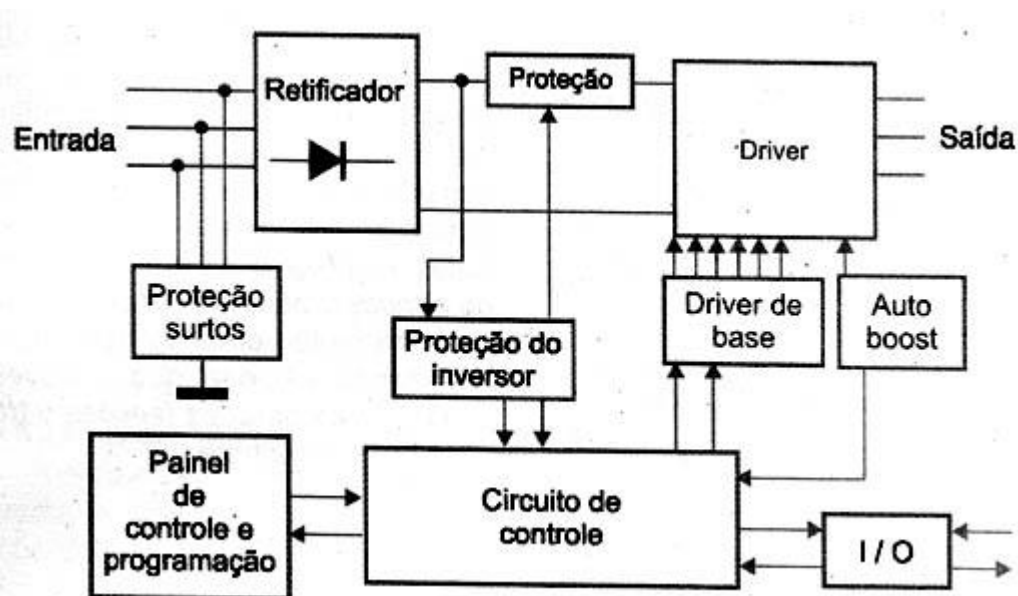
O modo de controle vetorial VVW (Voltage Vector WEG) utiliza um método de controle com performance muito superior ao controle V/f devido à estimação do torque de carga e ao controle do fluxo magnético no entreferro.

Nesta estratégia de controle são consideradas as perdas, o rendimento, o escorregamento nominal e o fator de potência do motor para incrementar a

performance do controle. A principal vantagem em relação ao controle V/f é a melhor regulação de frequência com maior capacidade de torque em baixas rotações (frequências inferiores a 5 Hz), permitindo uma sensível melhora no desempenho do acionamento em regime permanente. Além disso, o controle VVW tem um ajuste simples, rápido e se adapta a maioria das aplicações de média performance no controle do motor de indução trifásico. Através da medição da corrente de saída apenas, o controle VVW obtém instantaneamente o torque e o escorregamento no motor. Com isto, o VVW atua na compensação da tensão de saída e na compensação do escorregamento. Portanto, a ação do controlador VVW substitui as funções do V/f clássico em P137 e P138, porém com um modelo de cálculo muito mais sofisticado e preciso, atendendo as diversas condições de carga ou pontos de operação da aplicação. Para se alcançar uma boa regulação de frequência em regime permanente, o ajuste dos parâmetros na faixa de P399 a P407, bem como a resistência estática em P409 são de fundamental importância para o bom funcionamento do controle VVW. Estes parâmetros podem ser facilmente obtidos através dos dados de placa do motor.

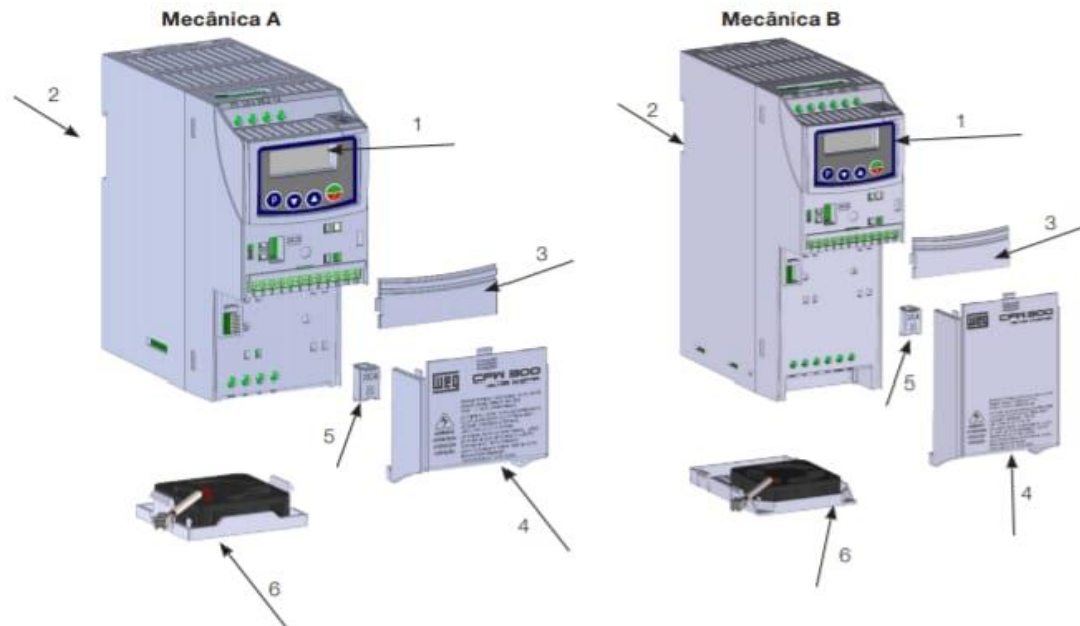
(fonte; manual de programação CFW300WEG)

4.4 – Diagrama em blocos de um inversor de frequência



(figura 4) fonte; instituto newton braga

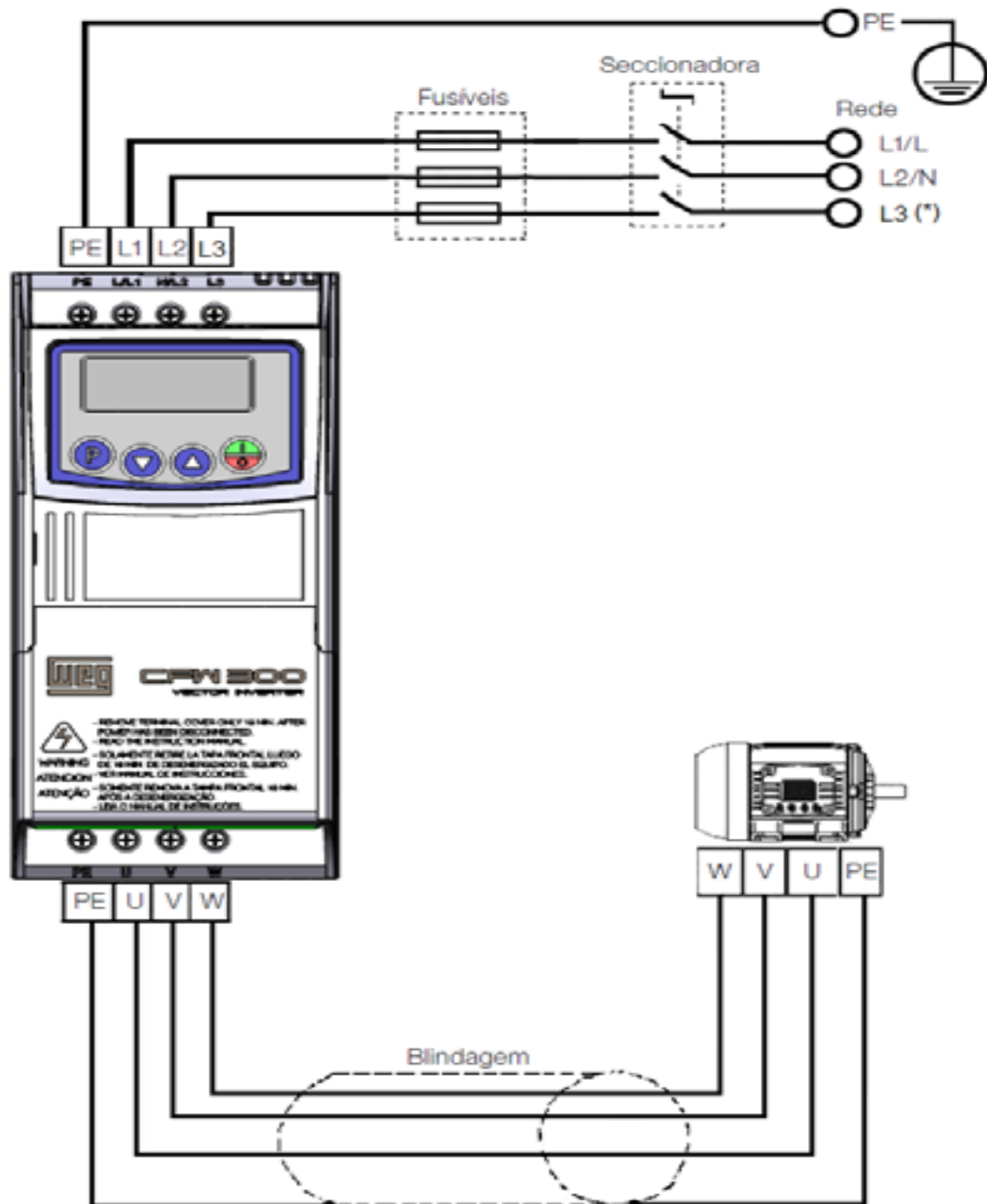
4.5 – Componentes principais do CFW300



- 1 - HMI
- 2 - suporte de fixação (para montagem em trilho DIN)
- 3 - tampa de acessórios de comunicação
- 4 - tampa de acessórios de expansão de IO's
- 5 - tampa de proteção da conexão dos acessórios de expansão de IO's
- 6 - ventilador com suporte de fixação

(figura 5) fonte; manual de programação CFW300 WEG

4.6 - Instalação elétrica do CFW300



) O borne de potência L3 não está disponível nos modelos monofásicos da mecânica A.

(figura 6)

Fonte; manual de instalação CFW300 WEG



(figura 7)

Carrinho didático antes da reforma fonte; autores



(figura 8)



(figura 9)



(figura 10)

Processo de pintura fonte; autores



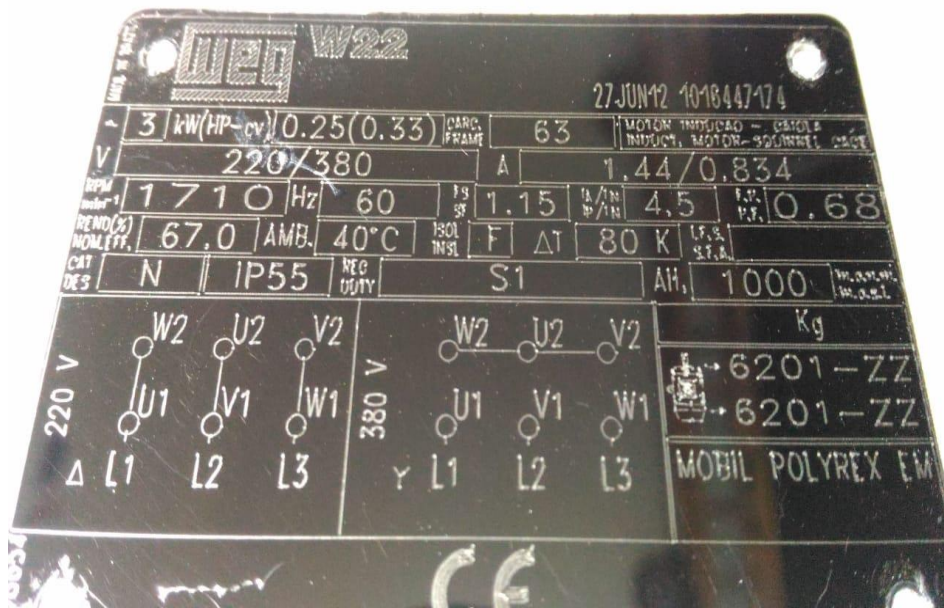
(figura 11) Banho de bicromatização nas partes metálicas moveis do carrinho



(figura 12)
disjuntor motor



(figura 13)
adesivo do painel de controle fonte; autores



(figura 14)

Placa do de dados do motor utilizado no projeto fonte; autores



(figura 15)



(figura 16)

Motor de indução trifásico utilizado no projeto fonte; autores

5 – Resultados Obtidos

Carrinho didático com inversor de frequência



(figura 17)

fonte; autores

Conclusão

Concluiu-se que realmente o carrinho será de grande utilidade para os próximos alunos, durante todo o processo de desenvolvimento do projeto aumentamos nossos conhecimentos sobre motores elétricos e inversores de frequência, pesquisamos diversas marcas e chegamos a conclusão que o inversor WEG é o melhor custo benefício , todo o grupo se empenhou para o desenvolvimento deste projeto, desde a compra de materiais até a execução das tarefas , apesar de o tempo disponível ser muito pouco. Uma de nossas maiores dificuldades foi conciliar o trabalho em grupo devido aos compromissos particulares de cada membro do grupo. Mas todos concordamos que esse projeto foi uma grande experiência pessoal e profissional.

Referências

O que é o inversor de frequência? – www.citisystems.com.br

O que é o motor de indução trifásico? – www.tecnogera.com

A história do motor elétrico que você precisa conhecer – [museu da weg.net](http://museu.da.weg.net)

Configurações e parâmetros do inversor de frequência – manual WEG CFW300

