

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO - DPET
CURSO EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO - CEP**



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**FUNCIONAMENTO ELÉTRICO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO
(PROTÓTIPO UB CA3R)**

Rômulo Adriano Gonçalves Evaristo

Orientadora: Prof. Dra. Carla Wilza Souza de Paula Maitelli

NATAL/RN
DEZEMBRO/ 2015

**FUNCIONAMENTO ELÉTRICO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO
(PROTÓTIPO UB CA3R)**

Rômulo Adriano Gonçalves Evaristo

**NATAL/RN
DEZEMBRO/2015**

Rômulo Adriano Gonçalves Evaristo

**FUNCIONAMENTO ELÉTRICO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO
(PROTÓTIPO)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do Grau em Engenharia de Petróleo
pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Aprovado em ____ de _____ de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Carla Wilza Souza de Paula Maitelli
Orientadora - UFRN

Prof. Dr. Rutácio de Oliveira Costa
Membro Examinador – UFRN

Eng^a. Hannah Lícia Cruz Galvão – UFRN
Membro Externo - UFRN

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe,
Telma Mota Gonçalves, que é a
pessoa mais importante da minha
vida.

AGRADECIMENTOS

Tenho que agradecer a muitas pessoas, mas primeiramente, a Deus que está acima de tudo e por sempre estar orando por mim.

Aos meus pais Rômulo Augusto Evaristo e Telma Mota Gonçalves, por todo suporte, além de financeiro e emocional, também pela paciência e por sempre me deixarem focado nos estudos.

A minha orientadora, Prof. Dra. Carla Maitelli, por sempre estar disposta a me ajudar, aprendi muito com você.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Petróleo pelas orientações, dedicação e ensinamentos que vou levar por toda vida.

Aos meus colegas de sala de aula e do LAUT que, de forma direta ou indireta, fizeram parte dessa jornada. Muito obrigada pelo companheirismo e as noites sem dormir nesses anos de formação acadêmica.

Aos funcionários da UFRN, João Paulo Ferreira Cândido e Arivaldo Alves Delio, por toda ajuda e suporte na montagem elétrica e mecânica do protótipo.

A Fundação Norte-Rio-Grandense de Pesquisa e Cultura, FUNPEC, pelo apoio e investimento na construção da unidade de bombeio.

Evaristo, Rômulo Adriano Gonçalves. - FUNCIONAMENTO ELÉTRICO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO (PROTÓTIPO UB CA3R). Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia de Petróleo, Laboratório de Automação em Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, Brasil.

Orientadora: Prof. Dra. Carla Wilza Souza de Paula Maitelli

RESUMO

Ao longo do tempo, os poços de petróleo necessitam de uma energia extra para escoar os fluidos existentes no interior da jazida para a superfície, artifício conhecido como elevação artificial. O bombeio mecânico é o mais empregado método de elevação artificial para retirada de fluido do fundo do poço, onde somente a unidade de bombeio mecânico é instalada próximo à cabeça do poço (superfície), para transformar o movimento rotativo de um motor em movimento alternativo. Este movimento alternativo é transmitido por meio de uma coluna de hastes, colocada dentro da coluna de produção. No fundo do poço há uma bomba que transmite energia mecânica ao fluido, fazendo com que se desloque até a superfície. Este trabalho tem como objetivo dimensionar e executar um protótipo para o sistema elétrico de uma unidade de bombeio mecânico (UB). Foram utilizados inversores de frequência e partida direta, instalados componentes elétricos para o ligamento do motor WEG usado no protótipo e movimentação dos contrapesos. Assim, sendo possível simular o comportamento real dos componentes elétricos de uma unidade de bombeio.

Palavras-chave: Bombeio Mecânico, Motor Elétrico, Inversor de Frequência.

Evaristo, Rômulo Adriano Gonçalves. - FUNCIONAMENTO ELÉTRICO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO (PROTÓTIPO UB CA3R). Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia de Petróleo, Laboratório de Automação em Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN, Brasil.

Orientadora: Prof. Dra. Carla Wilza Souza de Paula Maitelli

ABSTRACT

Throughout the time, oil reservoirs need some extra energy to overcome loss in the bottom hole, so then the fluids can flow to the surface. This type of production is known as artificial lift. Among the artificial-lift techniques, the sucker-rod pumping is the most applied so far. Only the pump is placed near the surface in order to transform rotation movement into alternative movement. The alternative movement is transmitted by the sucker rods, placed inside the tubing. In the bottom-hole the pump transmits mechanical energy to the fluid, causing it to move to the surface. This project aims to dimension a prototype to the electric system of a pumping unit. Frequency and startup drives have been used. Electric components have been installed in order to turn the WEG engine used in the prototype and to move counterweight. So then, it is possible to simulate real electric components behavior in a pumping unit.

Key-words: Sucker-rod pump, Electric engines, Frequency inverter.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1. Objetivos | 14 |
| 1.2. Objetivos específicos..... | 14 |
| 2. ASPECTOS TEÓRICOS | 16 |
| 2.1. Máquinas elétricas | 16 |
| 2.2. Motores trifásicos | 17 |
| 2.3. Inversor de Frequência | 18 |
| 3. METODOLOGIA | 21 |
| 3.1. Componentes elétricos | 21 |
| 3.2. Motor | 22 |
| 3.3. Contrapesos | 25 |
| 3.4. Polias | 27 |
| 3.5. Inversor de Frequência | 29 |
| 3.6. Hastes e seu Movimento | 31 |
| 3.7. Acionamento do motor | 32 |
| 4. RESULTADOS | 35 |
| 5. CONCLUSÕES | 37 |
| REFERÊNCIAS | 39 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Poço canhoneado e amortecido e poço equipado para surgência | 11 |
| Figura 2 - Distribuição da utilização dos sistemas de elevação artificial | 12 |
| Figura 3 - Poço equipado com bombeio mecânico | 13 |
| Figura 4 - Gerador | 16 |
| Figura 5 - Motor | 17 |
| Figura 6 – Motor Trifásico | 18 |
| Figura 7 – Esquema de um inversor (Monofásico) de frequência | 19 |
| Figura 8 - Motor, polias e contrapesos | 21 |
| Figura 9 - Relação entre polias | 22 |
| Figura 10 - Motor elétrico trifásico WEG W-22 PLUS | 23 |
| Figura 11 - Configurações do motor | 24 |
| Figura 12 – Explicando as Configurações do motor | 25 |
| Figura 13 – Modelo 3D dos contrapesos e da manivela | 26 |
| Figura 14 – Contrapeso da UB CA3R | 27 |
| Figura 15 – Polias | 29 |
| Figura 16 - Inversor CFW100 | 30 |
| Figura 17 – Ligação da rede elétrica, inversor e motor | 32 |
| Figura 18 - UB CA3R pronta | 35 |

Capítulo 1
Introdução

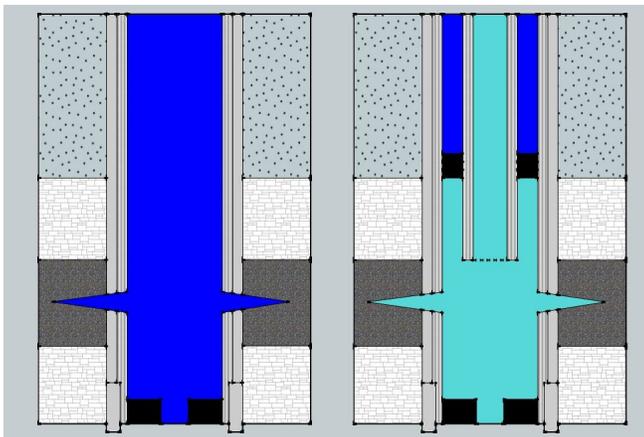
1. INTRODUÇÃO

A descoberta de uma nova reserva com potencial presença de hidrocarbonetos, ocorre primeiramente, através de estudos geológicos/sísmicos e da análise econômica da produção neste campo. Posteriormente temos a etapa da perfuração, que é a construção de poços com a finalidade de atravessar uma ou mais zonas portadoras de hidrocarboneto. Após a perfuração, o poço deve ser revestido e cimentado, garantido a integridade e o isolamento entre poço e formação.

Uma vez o poço devidamente completado e amortecido, realiza-se a operação de canhoneio, que consiste no uso de uma carga explosiva que atravessa o revestimento, cimento e formação, formando um meio comunicador entre formação e poço.

Testes de formação e simulação numérica irão definir a viabilidade da elevação natural do petróleo, situação na qual o reservatório possui energia (na forma de pressão) suficiente para elevar o fluido até a superfície. Os poços que produzem desta forma são denominados de poços surgentes, ilustrado na Figura 1.

Figura 4 - poço canhoneado e amortecido e poço equipado para surgência.



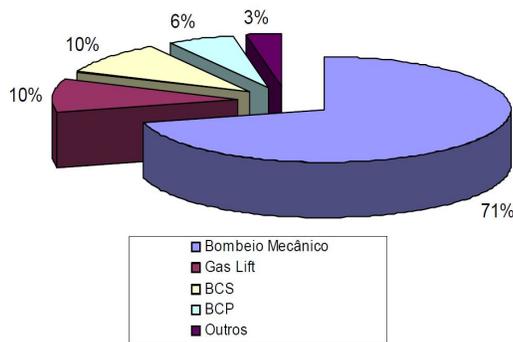
Fonte: I relatório AUTLEV, 2015.

Porém nem sempre o reservatório possui energia suficiente para a elevação natural, sendo exigida, frequentemente, a complementação energética para o sistema através da elevação artificial de petróleo. Usam-se equipamentos específicos para reduzir a pressão de fluxo no fundo do poço, ocasionando em um aumento de vazão (THOMAS, 2004).

Os métodos mais comuns e mais empregados são: bombeamento mecânico (BM), o bombeamento de cavidades progressivas (BCP), o bombeamento centrífugo submerso (BCS) e o *gas lift* (COSTA, 2008).

Dentre estes métodos listados acima, o mais empregado é o bombeio mecânico. Em torno de 94 % de todos os poços de petróleo do mundo são equipados para utilização de algum método de elevação artificial. Destes, 71 % são equipados com bombeio mecânico (Figura 2). Na Petrobras, cerca de 70 % dos poços produtores são equipados com bombeamento mecânico alternativo (COSTA, 2008).

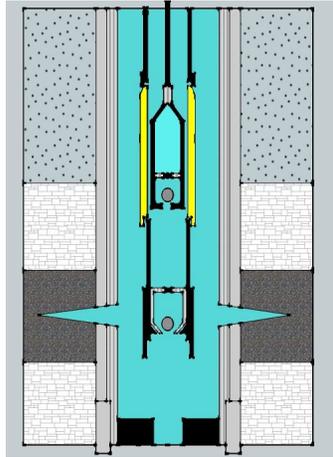
Figura 5 - Distribuição da utilização dos sistemas de elevação artificial.



Fonte: COSTA 2008.

O método de bombeio mecânico consiste em um movimento alternativo da coluna de haste que aciona uma bomba de fundo. O movimento do pistão no interior da camisa e juntamente com a abertura e o fechamento sucessivo e alternado entre as válvulas de pé e passeio, possibilitam a transmissão da energia mecânica necessária (Figura 3).

Figura 6 - Poço equipado com bombeio mecânico.



Fonte: I relatório AUTLEV, 2015.

Sua popularidade e grande utilização são devido ao baixo custo, fácil manutenção, flexibilidade de projeto, alta eficiência energética. Porém é limitado a poços terrestres e de baixa a média profundidade.

Nesse trabalho foi desenvolvido um projeto de acionamento elétrico e estrutura mecânica para um protótipo de unidade de bombeio mecânico e todos os seus parâmetros, no intuito de simular o comportamento real dos componentes elétricos de uma UB.

Este estudo está dividido em 5 capítulos, o primeiro referente a introdução e objetivos, o segundo aborda os aspectos teóricos fundamentais para a realização do trabalho. Posteriormente, é apresentada a metodologia e o desenvolvimento do protótipo UB, seguido dos resultados e discussões e, por fim, as referências bibliográficas.

1.1. OBJETIVOS

Nesse trabalho vai ser enfatizado o acionamento elétrico do protótipo da UB. Protótipo cujo objetivo é converter o movimento rotativo do motor em movimento alternativo requerido pela haste polida, reduzindo a velocidade do motor (inversor) para um desejado bombeio, imprescindível para que a produção ocorra.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolvimento de uma modelagem para dimensionar quais equipamentos utilizar;
- b) Realização de testes para análise do funcionamento da UB;
- c) Instalação dos equipamentos e construção do painel de controle.

Capítulo 2
Aspectos Teóricos

2. ASPECTOS TEÓRICOS

Nesta seção será abordado o aporte teórico indispensável para o entendimento e o desenvolvimento dos procedimentos realizados para evolução e efetivação do trabalho.

2.1. Máquinas elétricas

Máquinas elétricas são equipamentos que convertem energética mecânica em energia elétrica ou vice-versa. As fontes entregam energia à máquina, para que a mesma seja transformada em energia elétrica ou mecânica pela máquina.

A compreensão do funcionamento das máquinas elétricas se dá pelo conhecimento de geradores (Figura 4) e motores elétricos (Figura 5). Os geradores elétricos convertem energia mecânica em energia elétrica e os motores elétricos, ao contrário, convertem energia elétrica em energia mecânica. Tanto os motores quanto os geradores caracterizam-se pela ocorrência de movimento em seu funcionamento. Tal movimento pode ser rotativo ou linear. Os transformadores elétricos, apesar de não terem movimento no seu funcionamento, também são considerados como máquinas elétricas por fazerem uso do fenômeno da indução eletromagnética.

Todas as máquinas modernas estão baseadas na Lei da indução de Faraday e utilizam o fato que um campo magnético variável produz força eletromotriz, ou seja, tensão elétrica.

Figura 4 – Gerador.



Fonte: Geradores Elétricos, Disponível em: <<http://www.nowak.com.br/geradores>>, Acesso em 3 de Novembro de 2015.

Figura 5 – Motor.

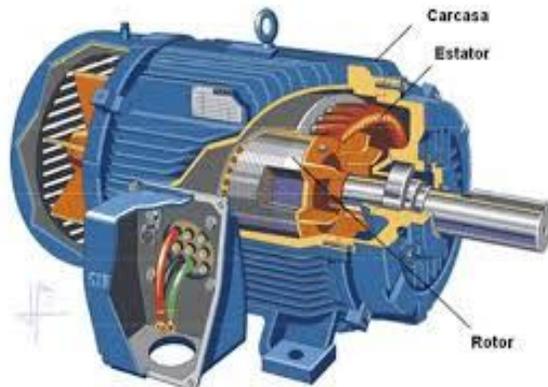


Fonte: Motor Elétrico WEG, Disponível em: <<http://www.weg.net/>>, Acesso em 3 de Novembro de 2015.

2.2. Motores trifásicos

Motores trifásicos são motores elétricos que possuem três fases para alimentação do motor e três pontos de ligação (3 fases e o terra). Seu funcionamento se baseia no estator (composto de chapas finas de aço magnéticas tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas), que é a parte estática da máquina, e o rotor, parte mecânica girante. Ao se ligar um motor elétrico trifásico na rede elétrica, o estator começa a se alimentar das cargas geradas nos terminais do motor, induzindo a corrente elétrica vinda da rede elétrica gerando um campo magnético. O rotor gira acompanhando o campo magnético, produzindo uma rotação proporcional ao campo. Para inverter o sentido de giro, deve-se trocar as fases do motor no momento de realizar a alimentação. Ilustração de um motor trifásico na Figura 6.

Figura 6 – Motor Trifásico



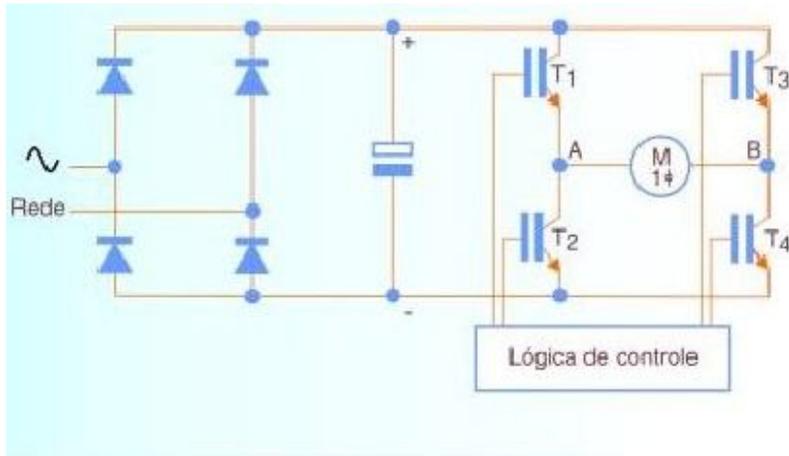
Fonte: WEG, Disponível em: < www.weg.net >, Acesso em 3 de Novembro de 2015

2.3. Inversor de Frequência

Inversor de frequência é um dispositivo eletrônico muito utilizado na indústria para acionamento e controle de velocidade de motores, que converte uma tensão contínua em alternada. Tem como função alterar frequência e módulo da tensão da rede para o acionamento apropriado de motores CA, fazendo controle de sua velocidade e torque.

Em um inversor de frequência monofásico, a primeira etapa do circuito é à entrada da rede elétrica (trifásica) por uma ponte retificadora e dois capacitores de filtro. Esse circuito forma uma fonte DC simétrica, pois há um ponto de terra como referência. Temos então uma tensão contínua $+V/2$ (positiva) e uma $-V/2$ (negativa) em relação ao terra, formando o que chamamos de “barramento DC”. O barramento DC alimenta a segunda etapa, constituída de 4 transistores e que, através de uma lógica de controle (terceira etapa), “liga e desliga” os transistores de modo a alternarem o sentido de corrente que circula pelo motor, gerando uma tensão alternada com um módulo e frequência controlados. Esquema de um inversor monofásico ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Esquema de um inversor (Monofásico) de frequência



**Fonte: Inversor de Frequência, Disponível em: <
<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1003-inversores-de-freqncia>>, Acesso em
4 de Novembro de 2015.**

Capítulo 3
Metodología

3. METODOLOGIA

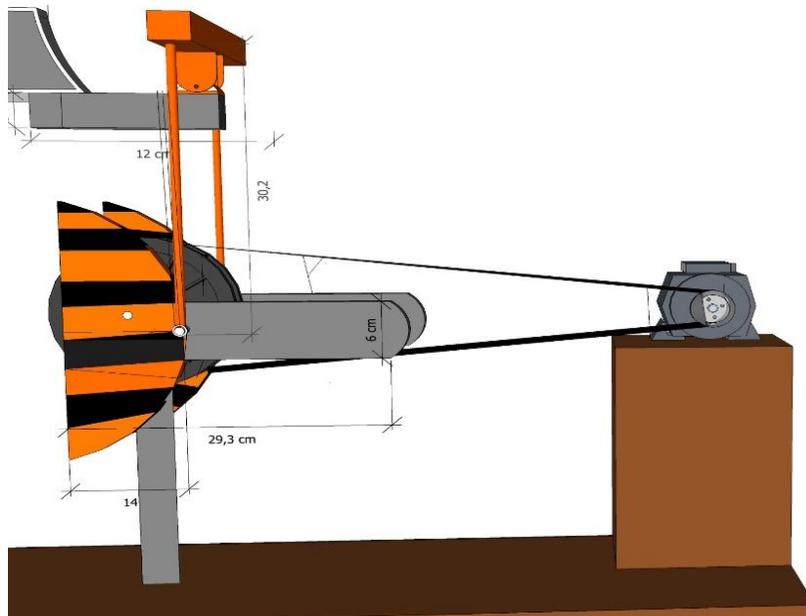
Neste capítulo será mencionado e explicado os componentes elétricos utilizados na UB CA3R, suas funcionalidades e o porquê de suas escolhas.

3.1. Componentes elétricos

Os componentes elétricos são uma parte integrante do bombeio mecânico muito importante, sendo ele o responsável pelo fornecimento do movimento rotativo que é convertido pela unidade de bombeio em movimento alternativo para a coluna de hastes. Deve ser acoplado à unidade de bombeio um sistema de balanceamento das cargas do poço, tal balanceamento de cargas é feito pelos contrapesos, de modo a reduzir o esforço sobre o motor e as polias.

Na Figura 8 foi desenvolvido um esboço simplificado com as principais partes que constituem a unidade de bombeio mecânico, tais como: motor, polias e contrapesos, utilizando uma ferramenta de projeto e gratuita na internet o SketchUp.

Figura 8 - Motor, polias e contrapesos.



Fonte: SketchUp.

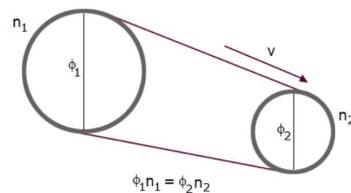
3.2. Motor

“Os motores utilizados para acionar as unidades de bombeio geralmente são do tipo a diesel ou elétrico, sendo este último o tipo mais comum, devido a grandes vantagens como menor custo operacional, menor ruído, maior eficiência energética, maior durabilidade, controle mais fácil, etc.” (COSTA, 2008).

A partir da série de vantagens apresentadas acima na utilização do motor elétrico foram iniciadas as buscas por um motor elétrico adequado às nossas necessidades. Inicialmente, seguimos as condições de máxima frequência de bombeio presente na norma API 11E, especificação que fornece os requisitos e orientações para a concepção e avaliação de unidades de bombeamento para uso na indústria de petróleo e gás natural, no valor de 20 rpm. Depois foi necessário escolher uma frequência de bombeio que seria utilizada e o valor escolhido foi 15 rpm, pois, atendia a norma e não seria uma rotação de difícil controle.

Além da frequência de bombeio, foi percebido que na unidade de bombeio real de onde foram adquiridos os dados, as polias apresentavam uma relação de diâmetros de 1/4. Usando a relação entre as polias expressa na Figura 9 abaixo, calculamos a rotação do motor desejável, utilizando n_1 e n_2 para as rotações das polias (maior e menor, respectivamente) e Θ_1 e Θ_2 para os diâmetros.

Figura 9 - Relação entre polias.



Fonte: Luis Fábio S. Pucci, Especial para a Página 3 Pedagogia & Comunicação.

05/09/2008.

$$n_2 = \frac{\Theta_1}{\Theta_2} \cdot n_1 = \frac{4}{1} \cdot 15 \text{ rpm}$$
$$n_2 = 60 \text{ rpm}$$

Comentado [CM1]: não está na lista de símbolos. Não existe lista de símbolos.

Assim a escolha de um motor de 60 rpm seria suficiente para o projeto.

A ideia inicial era utilizar um motor de para-brisa de carro, mas foi dado um motor elétrico trifásico WEG W-22 PLUS (Figura 10), que apresenta 1730 rpm e que com o auxílio do inversor de frequência seria possível ajustar sua velocidade para o nosso protótipo. O motor WEG por ser trifásico apresenta as seguintes vantagens em relação a um motor monofásico: mais barato, menor, não exige capacitor de partida, menor consumo de energia (a transformação de energia elétrica em mecânica tem menos perda).

Figura 10 - Motor elétrico trifásico WEG W-22 PLUS.



Fonte: Autor.

As configurações do motor estão presentes na sua carcaça como pode ser observado nas Figuras 11 e 12.

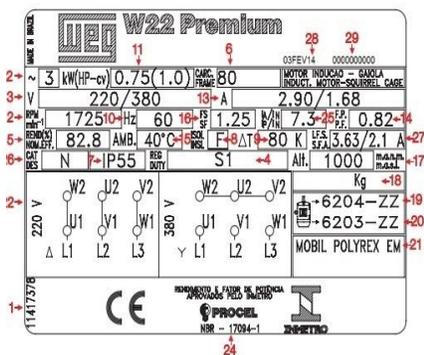
Figura 11 - Configurações do motor.



Fonte: Autor.

Figura 12 – Explicando as configurações do motor.

Figura 18 - Posição das placas de identificação dos motores W22



- 14 - Fator de potência
- 15 - Temperatura ambiente
- 16 - Fator de serviço
- 17 - Altitude
- 18 - Massa
- 19 - Especificação do rolamento dianteiro e quantidade de graxa
- 20 - Especificação do rolamento traseiro e quantidade de graxa
- 21 - Tipo de graxa utilizada nos rolamentos
- 22 - Esquema de ligação
- 23 - Tempo de relubrificação do motor (em horas)
- 24 - Certificações
- 25 - Relação da corrente de partida/corrente nominal
- 26 - Categoria de conjugado
- 27 - Corrente no fator de serviço
- 28 - Data de fabricação
- 29 - Número de série

Figura 19 - Layout da placa de identificação para as carcaças 63 a 132

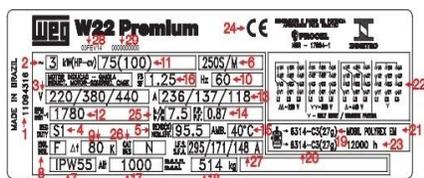


Figura 20 - Layout da placa de identificação para as carcaças 160 a 355

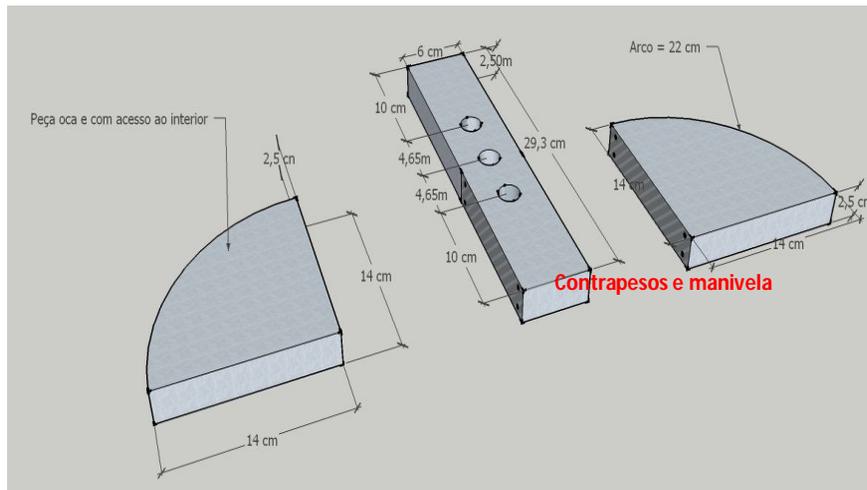
- 1 - Código do motor
- 2 - Número de fases
- 3 - Tensão nominal de operação
- 4 - Regime de serviço
- 5 - Rendimento
- 6 - Modelo da carcaça
- 7 - Grau de proteção
- 8 - Classe de isolamento
- 9 - Temperatura da Classe de Isolamento
- 10 - Frequência
- 11 - Potência
- 12 - Rotação nominal por minuto
- 13 - Corrente nominal de operação

Fonte: WEG, Disponível em: < <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-brasil-50023622-catalogo-portugues-br.pdf>>, Acessado em 5 de Novembro de 2015.

3.3 Contrapesos

Os contrapesos do protótipo foram construídos ocios e com acesso ao seu interior para regulagem de massa, visto que é necessário contrabalançar os esforços presente na UB (Figura 13). Mas os contrapesos foram confeccionados com peso maior que o idealizado, o contrabalanceamento foi feito acrescentando-se pesos na cabeça de produção.

Figura 13 – Modelo 3D dos contrapesos e da manivela.



Fonte: SketchUp.

Conforme ilustra a Figura 14 fizemos:

As conexões de cada contrapeso foram fixadas de um lado da manivela. Os orifícios presentes na manivela são para encaixe da biela e do eixo do redutor. Os contrapesos e as manivelas foram fabricados em ferro galvanizado e a regulagem de massa deve ser feito com areia.

Figura 14 – Contrapeso da UB CA3R.



Fonte: Autor.

3.4. Polias

A polia utilizadas para auxiliar na redução de velocidade e movimentação da UB foi uma polia com diâmetro 4 vezes maior que o diâmetro da polia que foi acoplada a saída do motor, baseado nas dimensões da unidade de bombeio referencial, onde as polias (um presente na saída do motor e outra que funciona como o redutor) possuem uma relação de diâmetros de 1/4.

O funcionamento foi realizado da seguinte maneira: Quando o motor é acionado o seu movimento rotativo é transmitido à polia através de uma correia que liga as duas polias. A polia possui um eixo suportado por barras metálicas que não impedem seu movimento. Dessa maneira o movimento é compartilhado com o eixo que também está conectada as manivelas, que por sua vez transmitem o movimento as bielas e por fim toda a UB adquire movimento.

Figura 15 – Polias.



Fonte: Autor.

Conforme mostra a Figura 15, as conexões do eixo das polias devem ser conectadas as manivelas e os suportes devem ser fixados na mesa por parafusos. Foram feitas 1 polia de 8 cm de diâmetro, 1 barra cilíndrica e 2 chapas metálicas. O material utilizado foi ferro galvanizado.

3.5. Inversor de Frequência

O inversor de frequência utilizado no protótipo foi o CFW100 WEG (Figura 16), é um dispositivo de acionamento de velocidade de alto desempenho para motores trifásicos, utilizado em fabricantes de máquinas automáticas de pequeno porte. Fácil manuseio e possui controle escalar (V/F) ou vetorial (VVW) selecionável, interface Homem-Máquina incorporada, instalação de acessórios automaticamente de forma prática (Filosofia Plug & Play), possui funcionalidades de um CLP e softwares de programação e monitoramento gratuitos (SoftPLC).

Figura 16 - Inversor CFW100.



Fonte: Inversor de Frequência WEG, Disponível em: < <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/Inversores-de-Frequencia/CFW100>>, Acessado em 5 de Novembro de 2015.

Características:

- Corrente de saída 1,6 A; 2,6 A e 4,2 A (0,25; 0,5 e 1 cv)
- Tensão de alimentação monofásica - 220 V
- Controle vetorial (VVW) ou escalar (V/F)
- Função SoftPLC incorporada
- Filosofia Plug & Play
- Interface de operação (IHM) incorporada ou remota (acessório)
- Expansão funções através de módulos plug-in (acessório)
- Montagem em superfície ou trilho DIN

- Grau de proteção IP20
- Ventilador externo removível (tamanhos B e C)
- Sobrecorrente/curto-circuito fase-fase na saída
- Proteção eletrônica de sobrecarga do motor
- Softwares de programação gratuitos SuperDrive e WLP

O inversor utilizado apesar de ser monofásico consegue fazer a alimentação do motor trifásico pelo fato de o projeto precisar de um baixo torque do motor, ou seja, por utilizar pouca força do motor era possível o inversor fazer a alimentação. Caso fosse um bombeio real seria necessário um inversor trifásico.

3.6. Hastes e seu Movimento

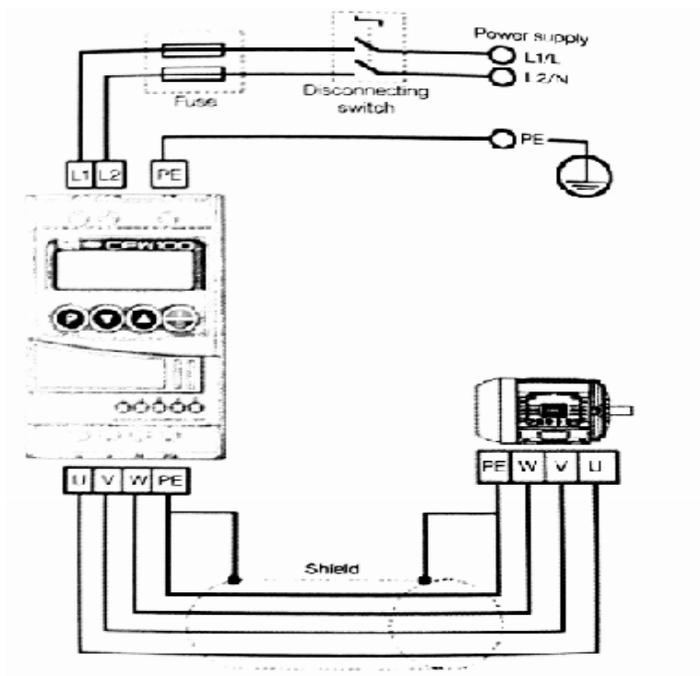
O movimento da coluna de hastes (feita de aço) em relação ao motor é da seguinte forma: O motor somente é solicitado a fornecer energia no curso ascendente (subida da coluna de hastes). No curso descendente (descida da coluna de hastes) a força da gravidade é responsável pelo movimento das hastes. Ou seja, para elevar os fluidos o motor é exigido de forma cíclica, provocando uma redução de sua vida útil. Para minimizar o problema utilizam-se contrapesos colocados na manivela. No curso ascendente os contrapesos estão descendo, diminuindo a potência requerida do motor. No curso descendente o motor fornece energia para elevar os contrapesos.

Desta forma, haverá uma distribuição mais uniforme das cargas durante o ciclo de bombeio, e o motor será exigido de forma mais contínua, prolongando sua vida útil. Numa unidade corretamente balanceada, o torque máximo no curso ascendente é igual ao torque máximo no curso descendente. Este balanceamento é conseguido ajustando-se a posição e a quantidade de contrapesos na unidade de bombeio.

3.7. Acionamento do motor

O acionamento do motor WEG W-22 Plus foi realizado utilizando o inversor CFW100, da WEG, fazendo a seguinte ligação visualizada na Figura 17:

Figura 17 – Ligação da rede elétrica, inversor e motor.



Fonte: Inversor de Frequência WEG, Disponível em: < <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/Inversores-de-Frequencia/CFW100>>, Acessado em 5 de Novembro de 2015.

Foi utilizado o acionamento direto escalar V/f, que são utilizados em motores de pequeno porte e necessitam de um menor torque, assim, consomem menos energia. A programação dos parâmetros do inversor foi realizada com base nos valores especificados na placa do motor:

- P202 = 0 (controle Escalar)
- P401 = 3.02A (corrente nominal)
- P402 = 1730 rpm (rotação nominal)

- P403 = 60 Hz (frequência nominal da rede)

Os valores de frequência máxima, mínima e de operação foram obtidos por testes, respectivamente:

- P133 = 3 Hz (frequência mínima)
- P134 = 60 Hz (frequência máxima)
- P002 = 5 Hz (frequência de operação)

Capítulo 4

Resultados

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da construção e acionamento elétrico do projeto para que fosse possível realizar a simulação elétrica foram:

Utilizando um tacômetro que é um dispositivo eletrônico de medição de rotação, foi possível medir a rotação do motor alimentado pela frequência de 5 Hz do inversor (valor da frequência de operação). O valor constatado no tacômetro foi de 45 rpm, ou seja, o motor alimentado a 60 Hz da rede elétrica apresenta uma rotação de 1730 rpm, mas quando o inversor diminui essa frequência para 5 Hz a rotação do motor reduz para 45 rpm.

No inversor há possibilidade dele funcionar no controle escalar ou vetorial, foi escolhido o escalar pelo fato desse tipo de controle ser utilizado em projetos de pequeno e médio porte (caso da UB CA3R), pois operam em baixo torque e ainda economizam energia.

A redução ou aumento da velocidade do motor é realizado mudando alguns parâmetros importantes no inversor como: o tipo de controle (P202) utilizado (se utilizar vetorial o motor vai requerer um maior torque, eventualmente, maior rotação). O P002 que é a frequência de operação de rotação do motor, quanto maior o seu valor maior será a rotação do motor.

Capítulo 5

Conclusões

5. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foram apresentados todos os equipamentos e ferramentas utilizadas para a instalação elétrica do protótipo. Construção e modelagem de um acionamento elétrico de partida simples para que fosse possível simular os componentes elétricos de uma UB real.

A metodologia aplicada para a construção do sistema elétrico foi de estudo de motores elétricos trifásicos, inversores de frequência, ligação de fios, ligação entre dispositivos para que fossem escolhidos certos todos os componentes elétricos utilizados na UB CA3R.

Por não ser da área de elétrica aprendi muito com esse trabalho e tive que me dedicar ainda mais para que tudo ocorresse, pois, havia investimento no projeto. Em relação a aprendizado, foi de suma importância esse projeto, pois, não havia na UFRN um protótipo desse porte e complexo, com todos os movimentos visíveis de um método de elevação artificial de petróleo. Foi gratificante conseguir realizar o projeto e no prazo determinado, pois vai ser valido por muito tempo para o LAUT e a UFRN, sendo utilizado em salas de aula e projetos.

Foi de extrema importância colocar os conhecimentos adquiridos em sala de aula para a prática. Por isso, sugiro a continuação na construção de novos protótipos, como por exemplo, os outros métodos de elevação artificial. Figura 18 abaixo ilustrando o projeto da UB CA3R completo.

Figura 18 – UB CA3R completa



Fonte: Autor.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, R.O. O Curso de Bombeio Mecânico. Petrobras, 2008.
- THOMAS, José E. et al. Fundamentos da Engenharia de Petróleo. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2004.
- SCHNITMAN, LEIZER. PROJETO CONCEITUAL DE UM PROTÓTIPO DE UMA UNIDADE DE BOMBEIO MECÂNICO. Relatório. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.
- WEG. Manual de Programação Inversor de Frequência CFW100. 2014
- WEG. MANUAL GERAL DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS.
- I relatório AUTLEV, Natal/RN, 2015.
- Geradores Elétricos. Disponível em: <<http://www.nowak.com.br/geradores>>, Acesso em 3 de Novembro de 2015.
- Motor Elétrico WEG. Disponível em: <<http://www.weg.net/>>, Acesso em 3 de Novembro de 2015.
- Motor Trifásico WEG. Disponível em: < www.weg.net >, Acesso em 3 de Novembro de 2015.
- Inversor de Frequência. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1003-inversores-de-freqncia>>, Acesso em 4 de Novembro de 2015.
- SketchUp. Motor, polias e contrapesos, 2015.
- Luis Fábio S. Pucci, Especial para a Página 3 Pedagogia & Comunicação, 05/09/2008.
- Inversor de Frequência WEG. Disponível em: <<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/Inversores-de-Frequencia/CFW100>>, Acessado em 5 de Novembro de 2015.