

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

ABNER TOLEDO PEREIRA

PLATAFORMA MULTIFUNCIONAL PARA TESTES DE MÁQUINAS ROTATIVAS

**CARATINGA
2019**

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

ABNER TOLEDO PEREIRA

PLATAFORMA MULTIFUNCIONAL PARA TESTES DE MÁQUINAS ROTATIVAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica das Faculdades DOCTUM de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Circuitos elétricos, eletrônica, comandos elétricos.

Orientador: Prof. MSc Robson da Silva

CARATINGA

2019

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **COSTRUÇÃO DE UMA BANCADA PARA TESTES EM MAQUINAS GERADORAS**, elaborado pelo aluno **ABNER TOLEDO PEREIRA**, foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Doctum de Caratinga, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.

Caratinga, ____ de _____ 20__

Robson Silva

Prof. Examinador 1

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a deus por me conceder saúde, força, fé, esperança, inteligência e sabedoria para estar presente neste momento especial.

Aos meus pais, Antônio Pereira da Cruz e Rosalina Toledo da Silva Pereira que me deram todo apoio durante esta caminhada.

Aos meus irmãos, Amauri Toledo Pereira e Alex Toledo Pereira que ao longo do curso me apoiaram.

Aos demais familiares e amigos que muitas das vezes com pequenas palavras e conselhos deram forças para continuar na caminhada.

A minha noiva, Fabiana Ferreira de Araújo por ter me incentivado a iniciar os estudos acreditando em minha capacidade, e por estar me presenteado no final do curso com um filho, Nicolas Toledo Ferreira.

Aos colegas de turma que contribuíram em momentos difíceis do curso, juntos todos nos tornamos mais fortes, alguns infelizmente não conseguiram alcançar o objetivo coisas da vida.

Aos professores que se comprometeram em transmitir os seus conhecimentos ao longo do curso, muitos deles além de professores amigos dispostos a ajudar.

Aos colegas, Douglas, Ramon Muniz, Igor Vinicius e Hermano Neto por fazerem parte de um grupo de estudos em alguns finais de semana.

TOLEDO PEREIRA, Abner. PLATAFORMA MULTIFUNCIONAL PARA TESTES EM MÁQUINAS ROTATIVAS. Caratinga, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2019.

RESUMO

Desde a revolução industrial a humanidade tem procurado meios que melhore a produção manufatureira aliada ao aumento da produtividade. A utilização de máquinas associadas aos meios de produção, alavancou as relações comerciais e os meios de transportes. Ensaios otimizam o processo de diagnóstico dessas máquinas e facilitam a detecção de possíveis problemas. Este trabalho teve como objetivo propor, construir e testar um protótipo para diagnóstico de máquinas rotativas. Neste contexto foi construída uma plataforma multifuncional capaz de aferir as calibrações dessas máquinas.

Palavra-chave: Plataforma, diagnóstico, máquinas rotativas.

ABSTRACT

Since the industrial revolution, humanity has been looking for ways to improve manufacturing production combined with increased productivity. The use of machines associated with the means of production has boosted trade relations and means of transport. Testing optimizes the diagnostic process of these machines and facilitates the detection of potential problems. This work aimed to propose, build and test a prototype for diagnosis of rotating machines. In this context a multifunctional platform was built capable of gauging the calibrations of these machines.

Keyword: Platform, diagnostics, rotary machines

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1- Motor de indução trifásico 3CV	13
Figura 2- Inversor de frequência CFW30	14
Figura 3- IHM	15
Figura 4- Amperímetro IDC-3ECC.....	15
Figura 5- Diagrama elétrico	16
Figura 6- Voltímetro IDT-3CC.....	17
Figura 7- Diagrama elétrica IDT-3CC.....	17
Figura 8- Banco de carga resistivo Bosch	18
Figura 9- Resistor Shunt.....	19
Figura 10- Microfone eletreto	19
Figura 11- Microfone eletreto SG15e	20
Figura 12- Bateria pioneiro 12v e140 Ampères	20
Figura 13- Programa Sound Forge.....	21
Figura 14- Transmissão por correias.....	21
Figura 15 Plataforma multifuncional Toledo 02	22
Figura 16- Suporte de elevação e morsa	23
Figura 17- Alternador Bosch.....	24
Figura 18- Alternador Bosch.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

AMP– Amperes

Cm_ Centímetro

°C_ Grau Celsius

HZ– Frequência

IHM– Interface homem máquina

mm– Milímetros

Ps– Pressão sonora

RPM_ Rotações por minuto

V_ Volts

Vcc_ Tensão corrente continua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Corrente alternada	11
2.2 Potência media absorvida	12
2.3 Máquinas elétricas (Assíncrono de indução)	12
2.4 Tensão elétrica	13
2.5 Intensidade da corrente elétrica	13
2.6 Inversor de frequência	13
2.6.1 <i>Acionamento Pela IHM</i>	14
2.7 Amperímetro	15
2.7.1 <i>Diagrama elétrico IDC-3ECC</i>	15
2.8 Voltímetro.....	16
2.8.1 <i>Diagrama elétrico IDT-3CC</i>	17
2.9 Banco de carga resistiva	17
2.10 Resistor shunt	18
2.11 Microfone de eletreto	19
2.12 Bateria	20
2.13 Sound forge	20
2.14 Transmissões com correias	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1 PLATAFORMA MULTIFUNCIONAL	22
3.1.2 <i>Procedimento de montagem</i>	23
3.2 Procedimento de calibração.....	24
3.3 Protocolo de testes em máquinas rotativas	25
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	26
4.1 Resultados da calibração	26
4.2 Protocolo de teste em máquinas rotativas	27
4.3 Comparação de nível de ruídos	28
5 CONCLUSÃO	30
6 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da revolução industrial em 1720, no Reino Unido, a utilização de máquinas associadas aos meios de produção, alavancou as relações comerciais e os meios de transportes. Impulsionando o êxodo rural e substituindo os meios de produção artesanal por linhas de produção.

Atualmente, quase todos os processos industriais, envolvem algum modelo de máquina rotativa, como elemento principal de conversão de energia. Em usinas hidroelétricas por exemplo a energia potencial gravitacional é convertida em energia elétrica, através de potentes gerados. Em contrapartida em indústrias a energia elétrica é convertida em energia cinética, através de motores síncronos ou assíncronos.

Seja qual for o padrão de conversão adotado, é notório que as máquinas rotativas é o dispositivo principal utilizado nos procedimentos de conversão. Contudo esse dispositivo apresenta um rendimento que rodeia a 85%, quando operando em condições normais de funcionamento. Logo esse dispositivo é apontado como o principal responsável pelo gasto financeiro no padrão de conversão de energia. Assim garantir que o dispositivo funcione dentro dos padrões estabelecidos pelo fabricante, garante maior eficiência e evita desperdícios nos processos de manufaturas que certamente são repassados ao consumidor final.

Como a inspeção visual do equipamento não garante averiguar as condições de funcionamento de máquinas rotativas. Esse trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma capaz de testar máquinas rotativas mediante a um protocolo preestabelecido.

Capítulo um Introdução:

Nesse capítulo é descrito a parte introdutória do projeto onde se mostra a visão geral da plataforma multifuncional Toledo 02.

Capítulo dois Referencial teórico:

O referencial teórico abordará os fatores que influenciam no processo de testes para máquinas rotativas. Serão descritos o princípio de funcionamento, equipamentos e as principais características técnicas utilizados na plataforma multifuncional Toledo 02.

Capítulo três procedimentos metodológicos:

O terceiro capítulo irá apresentar o protocolo de teste criado e utilizado para aferir a plataforma multifuncional Toledo 02.

Capítulo quatro Apresentação e discussão dos resultados:

O quarto capítulo apresentará e discutirá os resultados alcançados no capítulo terceiro, utilizando as informações coletadas pela plataforma multifuncional Toledo 02.

Capítulo cinco Conclusão:

Neste capítulo é apresentado as principais conclusões com bases nos resultados obtidos pela plataforma multifuncional Toledo 02.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este estudo alinha-se a pesquisa experimental e bibliográfica, tendo como base livros, pesquisas na internet e análise de resultados obtidos através de instrumentos de medição. Um protótipo foi desenvolvido para complemento e auxílio dos resultados.

Além das pesquisas bibliográficas, ensaios foram feitos em máquinas rotativas modelo Bosch. Neste caso além do protótipo equipamentos homologados utilizados para medir tensão, corrente e temperatura foram utilizados para determinar a confiabilidade da plataforma.

Para melhor organização este trabalho foi dividido em três etapas:

- 1) _ Levantamento bibliográfico e pesquisas na internet.
- 2) – Construção do protótipo, de essencial importância para fundamentar este estudo.
- 3) – Aquisição de dados apuração e conclusão.

2.1 Corrente alternada

Segundo Halliday (2008), a corrente elétrica é o movimento ordenado das cargas elétricas em um condutor. Estas cargas são aceleradas pela diferença de potencial a que estão submetidas. As correntes elétricas alternadas em geral obtidas variam de forma senoidal com o tempo.

A forma de onda de tensão em CA pode ser descrita matematicamente pela fórmula:

$$v(t) = V_{\max} \text{sen} (2\pi f t)$$

A forma de onda de corrente em CA pode ser descrita matematicamente pela fórmula:

$$i(t) = I_{\max} \text{sen} (2\pi f t)$$

O Valor Eficaz RMS (Root Mean Square) de uma função periódica é definido como a raiz quadrada do valor médio da função ao quadrado (HALLIDAY, 2008), ou em forma algébrica:

2.2 Potência média absorvida

Segundo O'Malley (1983), a potência média consumida por um circuito CA de dois terminais pode ser obtida a partir da potência instantânea absorvida, expressada na equação abaixo.

$$P = V I \cos\Theta - V I \cos(2\omega t + \Theta)$$

O valor médio dessa potência é a soma dos valores médios dos dois termos. O segundo termo, sendo senoidal, possui um valor zero em um período. O primeiro termo, no entanto, é uma constante e deve ser a potência média absorvida pelo circuito em um período (O'MALLEY, 1983). A potência média é simplificada na equação a seguir.

$$P = V I \cos\Theta$$

2.3 Máquinas elétricas (Assíncrono de indução)

Segundo Fitzgerald (1975), motor assíncrono de indução é um motor elétrico de corrente trifásica, bifásica, ou monofásica, cujo rotor está excitado pelo estator e a velocidade de rotação não é proporcional à frequência da sua alimentação (a velocidade do rotor é menor que a do campo girante, devido ao escorregamento). O rotor assíncrono pode ser de dois tipos: gaiola de esquilo ou bobinado.

Ainda Fitzgerald (1975), diz que no caso do rotor "gaiola de esquilo" a magnetização do núcleo se dá pelo escorregamento do campo magnético (o campo magnético gira em torno do eixo central do motor) fazendo com que circule uma tensão e uma corrente induzida através das barras da gaiola. A seguir pode ser visto a imagem do motor utilizado no protótipo.

Figura 1- Motor de indução trifásico 3CV



Fonte: Autor (2019)

2.4 Tensão elétrica

Segundo CRUZ (2014), A diferença do potencial elétrico entre dois pontos A e B é denominada tensão elétrica, cuja a unidade de medida é o volt [V].

2.5 Intensidade da corrente elétrica

Ainda segundo CRUZ (2014), A intensidade da corrente elétrica I é a medida da variação da carga delta Q , em Coulomb [C], através da seção transversal de um condutor durante um intervalo de tempo delta t , em segundos [S].

2.6 Inversor de frequência

Segundo FRANCHI (2009), A principal função de um inversor de frequência é a variação de velocidade em um motor elétrico.

Ainda segundo FRANCHI (2009), os dispositivos de partida que usam (PWM) como esquema têm diferentes níveis de performance baseados em algoritmos de controle. Existem quatro tipos básicos de controle largamente utilizados: escalar (volts/Hz), controle vetorial sensorless, controle de fluxo vetorial e controle de campo

orientado. O controle utilizado no projeto e escalar também chamado volts/hertz, baseia-se no conceito original do conversor de frequência. Impõe ao motor uma determinada tensão/frequência, visando manter uma relação V/f constante, ou seja, o motor trabalha com fluxo aproximadamente constante. Esse tipo de controle é aplicado quando não a necessidade de respostas rápidas a comandos de torque e velocidade. O inversor utilizado e o modelo WEG CFW300 como mostra a figura 2.

Figura 2- Inversor de frequência CFW300



Fonte: Autor (2019)

2.6.1 Acionamento Pela IHM

Ainda segundo Franchi (2009), uma das maneiras de realizar o controle de velocidade de um inversor de frequência é o acionamento pelas teclas da IHM. É preciso colocar o inversor em modo local, e pelo teclado incrementar e decrementar a velocidade do motor localmente, bem como inverter o sentido de giro do motor. A seguir pode ser visto a figura 3 da (IHM) utilizada.

Figura 3- IHM



Fonte: Autor (2019)

2.7 Amperímetro

Segundo Francisco (2004), O amperímetro é um aparelho destinado a medir a intensidade de corrente elétrica.

Neste protótipo foi utilizado um amperímetro modelo IDC-3ECC que segundo o fabricante S&E instrumentos a linha IDC de 3/1/2 são produtos de excelente precisão linearidade e estabilidade térmica. São utilizados em diversas aplicações de segurança, proteção de máquinas e equipamentos, ou para controle de corrente. O amperímetro utilizado pode ser visto na figura 4.

Figura 4- Amperímetro IDC-3ECC



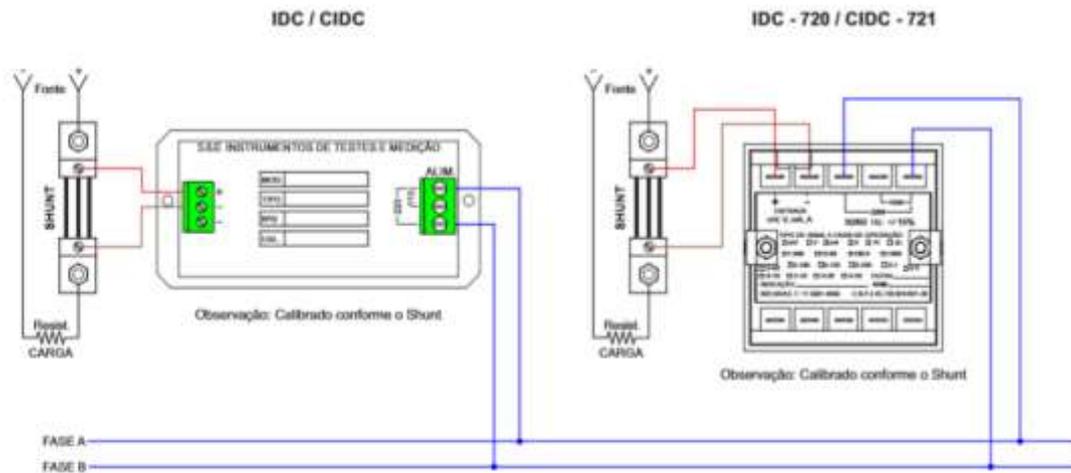
Fonte: S&E instrumentos de medidas (2019)

2.7.1 Diagrama elétrico IDC-3ECC

A seguir a figura 5 mostra o diagrama elétrico fornecido por S&E instrumentos.

Figura 5- Diagrama elétrico

Amperímetro com Shunt externo



Fonte: S&E instrumentos (2019)

2.8 Voltímetro

Ainda segundo FRANCISCO (2004), O voltímetro é um aparelho destinado a medir voltagens (tensões) em um circuito elétrico ou eletrônico.

Neste protótipo foi utilizado um voltímetro modelo IDT-36CC que segundo o fabricante S&E instrumentos, a linha IDT abrange uma larga escala de medição direta sem a necessidade de componentes externos, podem também alcançar faixas de valores elevados utilizando-se de sinal de transformador de potência (TP). Equipamento de excelente precisão, linearidade e estabilidade térmica, o voltímetro utilizado pode ser visto na figura 6.

Figura 6- Voltímetro IDT-3CC

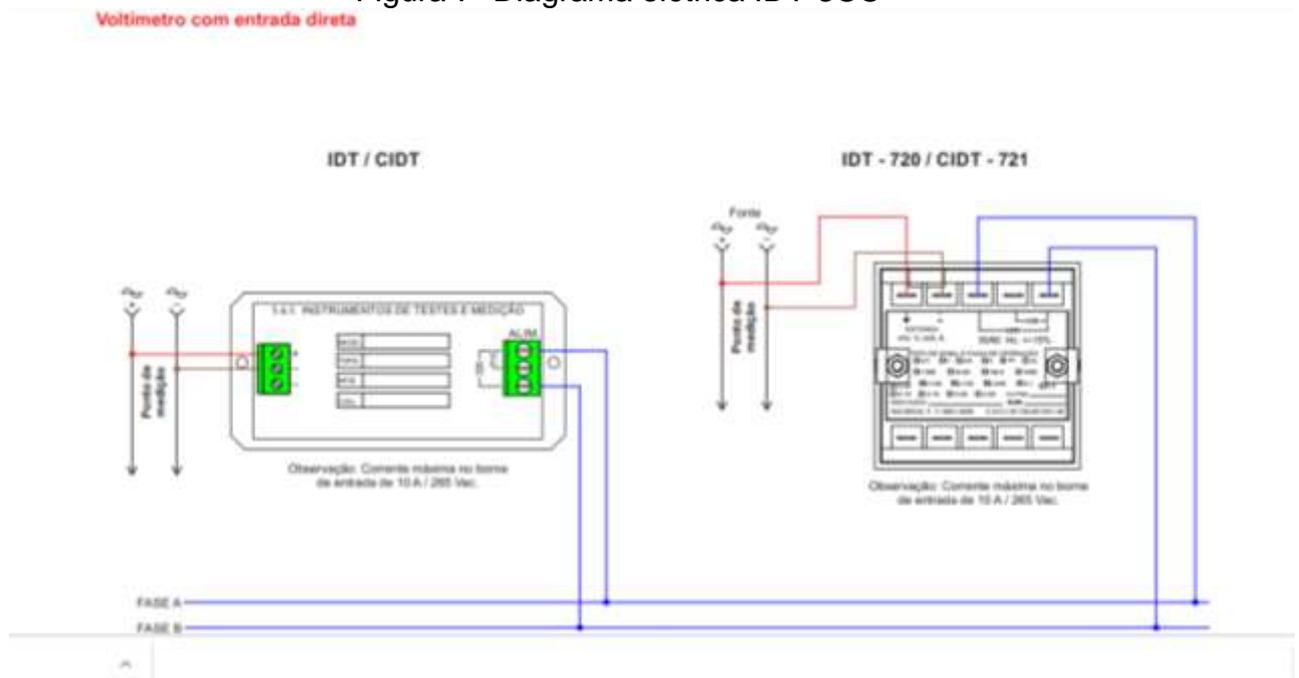


Fonte: S&E instrumentos de medidas (2019)

2.8.1 Diagrama elétrico IDT-3CC

A figura 7 mostra o diagrama elétrica fornecido por S&E instrumentos de medição.

Figura 7- Diagrama elétrica IDT-3CC



Fonte: S&E instrumentos de medidas (2019)

2.9 Banco de carga resistiva

Segundo Reobras Ind e Com Ltda, O banco de carga resistivo é um equipamento projetado para fazer testes simulando cargas, para geradores e outras

fontes de energia. O teste com banco de carga resistivo é mais indicado para assegurar que sistemas de energia emergenciais estejam operando adequadamente em casos de quedas e falhas.

O banco de carga resistivo aplica diferentes cargas testando a capacidade de carga dos geradores auxiliando assim a detecção de problemas, possíveis falhas e eventuais reparos que precisem ser realizados. A principal função do banco de carga resistivo é fornecer cargas elétricas adequadas para a realização de testes e assegurar a perfeita operação dos geradores. A figura 8 mostra o banco de cargas BOSCH utilizado no protótipo.

Figura 8- Banco de carga resistivo Bosch

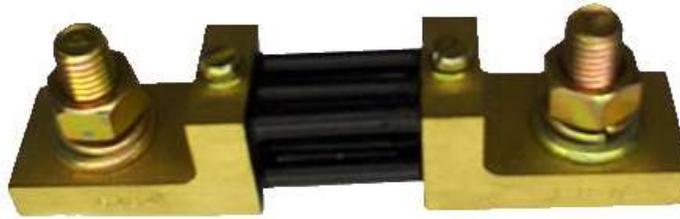


Fonte: Autor (2019)

2.10 Resistor shunt

Segundo Newton (2013), o resistor shunt é que expande a escala de um instrumento de bobina móvel na medida de correntes. Esta resistência, conforme o próprio nome sugere, deriva parte da corrente do circuito de modo a possibilitar a medida de correntes de maior valor do que a obtida pelo fundo de escala. Neste protótipo utiliza-se o shunt fabricado por S&E instrumentos com escalas de medição de 1 a 300 amperes com saída de 60 mv. O shunt utilizado pode ser visto na figura 9.

Figura 9- Resistor Shunt



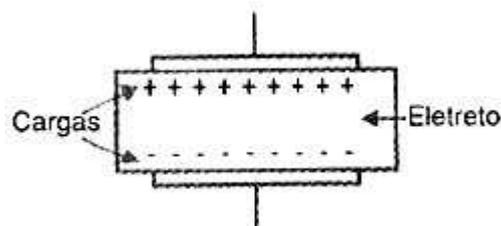
Fonte: S&E instrumentos de medidas (2019)

2.11 Microfone de eletreto

Segundo Newton (2008), Os microfones de eletreto, como nome indica são baseados nas propriedades elétricas de substância denominadas eletretos.

Ainda segundo Newton (2008), estes materiais apresentam cargas elétricas permanentes, que se alteram quando eles sofrem deformações mecânicas. Assim, se prendermos um material deste tipo a um diagrama, a tensão que aparece em suas faces vai conforme o som que incidir no diagrama. Como estas tensões são muito baixas e a impedância do eletreto é extremamente alta, estes microfones já levam um circuito amplificador que consiste num transistor de efeito de campo (JFET) conforme a figura 10.

Figura 10- Microfone eletreto



Fonte: Newton C Braga (ART 592), 2008

Este protótipo utiliza o microfone de eletreto modelo Sg15e como mostra na figura 11.

Figura 11- Microfone eletreto SG15e



Fonte: Autor (2019)

2.12 Bateria

As pilhas e baterias são muito utilizadas nos dias atuais como fontes alternativas de energia elétrica, enquanto as pilhas são formadas por dois eletrodos e um eletrólito as baterias podem ser definidas como um conjunto de pilhas que podem ser ligadas em série ou paralelas (CARNEIRO, R. L., et al, 2017). A seguir a figura 12 apresenta o modelo de baterias utilizadas no protótipo.

Figura 12- Bateria pioneiro 12v /140 Ampères



Fonte: Autor (2019)

2.13 Sound forge

Segundo TECHTUDO (2013), O sound forge e ideal para analisar, gravar e editar áudios, produzir loops de música, digitalizar e limpar gravações antigas,

modelar ambientes acústicos, criar transmissões de mídias etc. Com o Sound Forge Pro 10 você pode capturar o áudio de microfone e de entradas Áudio In da placa de som, do seu PC. A figura 13 mostra o menu inicial do programa.

Figura 13- Programa Sound Forge



Fonte: João Andrada (2013)

2.14 Transmissões com correias

Segundo ALFONSO (1984), As transmissões industriais de movimento são feitas por meio de correia, que, abrange as polias num arco bastante amplo, permite transmitir forças elevadas e, portanto, potenciais consideráveis. Este protótipo utiliza-se como meio de transmissão correias tipo V, a figura 14 demonstra um exemplo deste sistema.

Figura 14- Transmissão por correias



Fonte: <http://wikipedia.org> (2019)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é descrito a sequência de montagem de uma plataforma multifuncional que tem a finalidade de avaliar o funcionamento de máquinas rotativas. O desenvolvimento desse trabalho foi elaborado em três etapas: Etapa um montagem da plataforma, etapa dois procedimentos de calibração e etapa três protocolo de testes em máquinas rotativas.

3.1 PLATAFORMA MULTIFUNCIONAL

A plataforma de teste multifuncional para máquinas rotativas Toledo 02 (figura 15).

Figura 15 Plataforma multifuncional Toledo 02



Fonte: Autor (2019)

E composta dos seguintes componentes: 01 Motor de indução trifásico 3cv, 01 Inversor de frequência monofásico CFW 30, 01 Amperímetro IDC-3ECC, 01 Voltímetro IDT-3CC, 01 Resistor Shunt 300 AMP, 01 Medidor de temperatura, 01 Carga Resistiva, 01 Chave eletromagnética, 01 Contato Weg CWM18, 01 Microfone de eletreto, 01

Cabo de áudio, 02 sinalizador, 02 Baterias 12 Volts e 140 AMP, 02 polias. Abarcados em uma estrutura metálica recoberta por chapas de aço. Um equipamento adicional a plataforma e composto por 01 Notebook Lenovo 80yh utilizado para a instalação programa Sound Forge 9.0 e coleta de dados.

3.1.2 Procedimento de montagem.

A plataforma de testes multifuncional para máquinas rotativas Toledo 02 é montada sobre um chassi no formato de paralelepípedo, recoberto por chapas de aço. Alinhados sobre um eixo vertical foram montados um motor de indução trifásico fixado a um suporte de elevação juntamente a morsa de sustentação das máquinas rotativas como pode ser visto na (figura 16).

Figura 16- Suporte de elevação e morsa



Fonte: Autor (2019)

Na parte superior do suporte de elevação, paralelo ao motor de indução foi instalado um Resistor Shunt. O inversor de frequência e a carga resistiva, foram instalados na parte frontal da plataforma. A seção eletroeletrônica da plataforma e alimentada por duas baterias de 12 volts e 140 amperes alojadas na parte inferior da estrutura.

Os instrumentos de aferição, chaves de acionamentos, sistema de proteção e luzes de advertência estão localizados no console de controle. Toda parte elétrica do sistema é interligado por meio de condutores elétricos. A plataforma Toledo 02 ainda conta com dois sensores periféricos, um para aferir temperatura e outro para aferir ruído dos rolamentos de máquinas rotativas. Já o enlace mecânico entre o motor de indução e máquina rotativa é feito por intermédio de correia e polias.

3.2 Procedimento de calibração

O procedimento de calibração da plataforma de teste multifuncional Toledo 02, foi estabelecido utilizando um alternador modelo Bosch 24V 80 AMP novo (figura 17).

Figura 17- Alternador Bosch



Fonte: Autor (2019)

Ensaio para estabelecer valores de controle sobre tensão, corrente, temperatura e níveis de ruído foram realizados variando a frequência de funcionamento. A carga resistiva foi utilizada em todas as etapas do processo simulando o equipamento a vazio e plena carga. Para garantir a confiabilidade da plataforma, todos os ensaios de tensão, corrente e temperatura, foram monitorados utilizando instrumentos homologados.

3.3 Protocolo de testes em máquinas rotativas

Como no processo de calibração da plataforma, foi utilizado um alternador Bosch 24 Volts e 80 AMP para gerar os parâmetros de calibração. O protocolo de testes, foi aplicado, utilizado um alternador do mesmo modelo usado na fase de calibração (figura 18).

Figura 18- Alternador Bosch



Fonte: Autor (2019)

Para identificar possíveis problemas na máquina rotativa, ensaios para aferir os valores de tensão, corrente, temperatura e níveis de ruído foram realizados, variando a frequência de funcionamento, seguindo os mesmos princípios estabelecidos no protocolo de calibração.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste capítulo é apresentado os principais resultados obtidos nos procedimentos apresentados no capítulo 3.

4.1 Resultados da calibração

No processo de calibração, valores de tensão, corrente e temperatura foram monitorados, utilizando os instrumentos contidos na plataforma, juntamente com instrumentos homologados. Para maior confiabilidade do funcionamento da plataforma, os testes, foram conduzidos aumentando gradativamente a frequência de rotação imposta ao alternador de calibração. Os valores obtidos para baixa rotação (700rpm), media rotação (1500 rpm) e alta rotação (2500 RPM), obtidos mediante leitura dos dois conjuntos de instrumentos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Calibração

Rotação (RPM)	Plataforma multifuncional			Equipamentos homologados		
	700	1500	2500	700	1500	2500
Carga (A)	6	20	67	6	20	67
Tensão (V)	28.2	28.2	27.9	28.1	28.1	28
Corrente (A)	6	19	65	6.2	19.3	65.4
Temperatura (°C)	38	45	60	37.8	44.2	59.1

Fonte: Autor (2019)

Observando os dados contidos na tabela1, é possível observar a consonância entre os valores medidos pelos instrumentos que compõem a plataforma multifuncional Toledo 02 e os valores apresentados pelos instrumentos homologados. As pequenas discrepâncias apresentadas nos algarismos duvidosos de cada aparelho de medida, são insignificantes para esse modelo de equipamento e pode ser atribuído as diferenciações construtiva de cada instrumento.

4.2 Protocolo de teste em máquinas rotativas

Para averiguar o estado de funcionamento da plataforma multifuncional Toledo 02. O mesmo protocolo de teste usado no processo de calibração, foi aplicado a um alternador com as mesmas características, as do utilizado no procedimento de calibração. A tabela 2 apresenta os resultados obtidos em ambas as máquinas.

Tabela 2- Calibração

Rotação (RPM)	Parâmetros de calibração			Máquina rotativa deteriorada		
	700	1500	2500	700	1500	2500
Carga (A)	6	20	67	6	20	67
Tensão (V)	28.2	28.2	27.9	27.5	27.6	27
Corrente (A)	6	19	65	4,5	17	60
Temperatura (°C)	38	35	60	39	44	65

Fonte: Autor (2019)

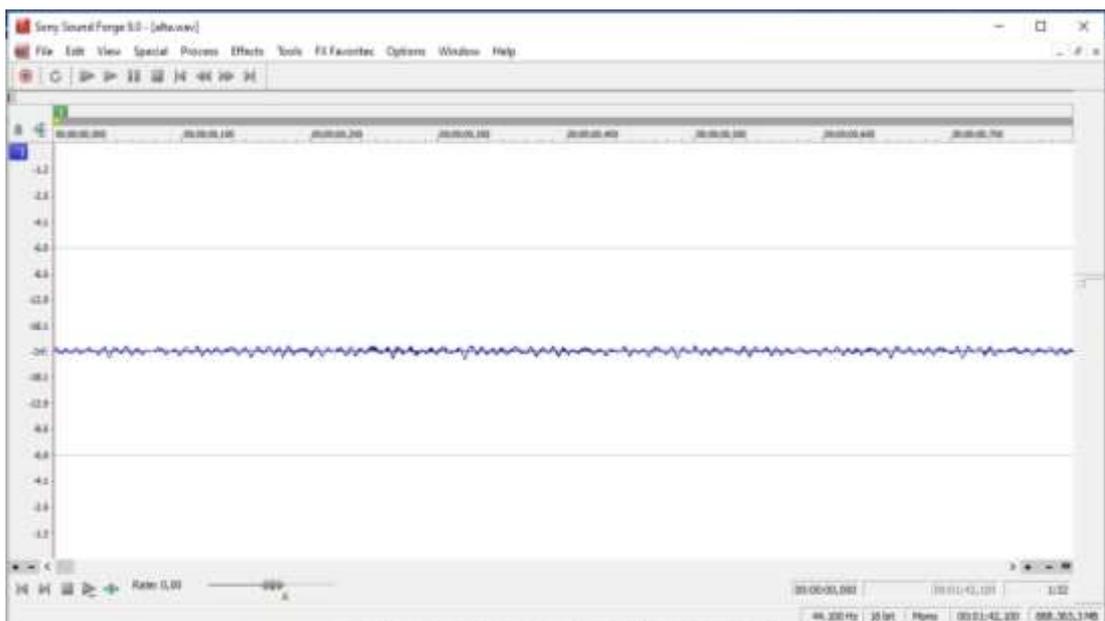
Analisando os dados apresentados na tabela 2, fica evidente que uma máquina rotativa nova (alternador Bosch) deve possuir parâmetros próximos aos apresentados nos parâmetros de calibração.

Comparando os valores medido durante os testes efetuados utilizando uma máquina deteriorada, ficou evidente que para qualquer nível de rotação ocorre um aumento considerável na temperatura da carcaça da máquina. E é notório que ocorre uma queda nos níveis de corrente fornecida pela máquina em função da mesma carga aplicada.

4.3 Comparação de nível de ruídos

Máquinas rotativas geralmente utilizam rolamentos para unir partes moveis a partes fixas da estrutura. Os alternadores Bosch utilizados nesses ensaios, utilizam dois rolamentos de esferas. Nesse trabalho foi desenvolvido um protocolo que permite avaliar as condições físicas desse componente vital para o sistema de geração de energia. Desde o princípio do desenvolvimento da era moderna de veículos automotores engenheiros e mecânicos utilizam estetoscópio para testes nível de ruídos emitidos por esses componentes. Neste trabalho, foi utilizado um microfone de eletreto para medir a (Ps) pressão sonora emitido por essas máquinas rotativas em alta rotação. O gráfico 1 apresenta o padrão de onda criado pela máquina rotativa nova.

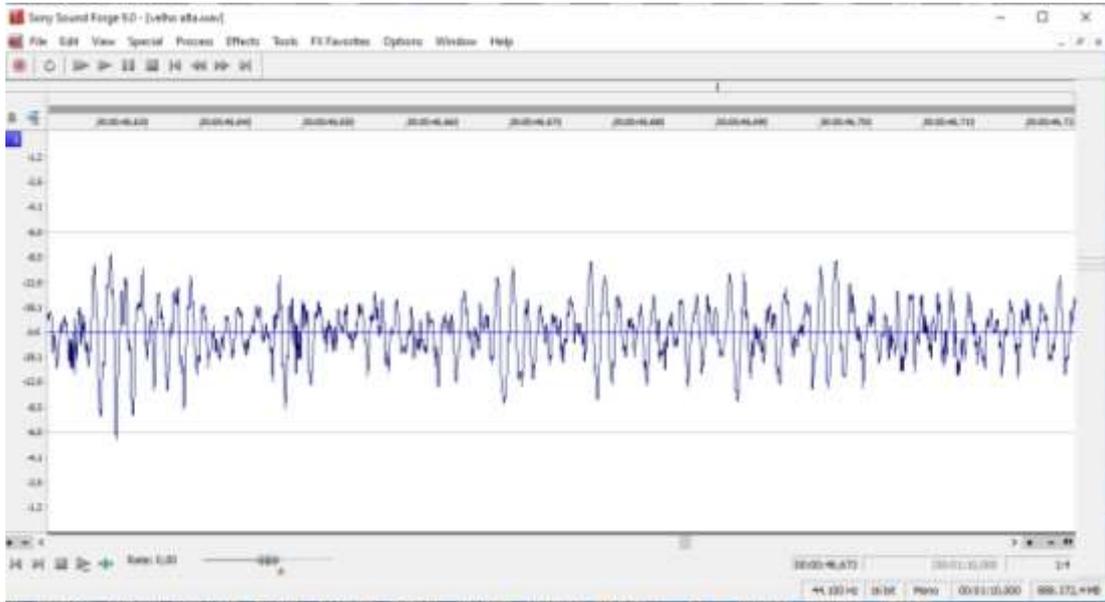
Gráfico 1 – Padrão de onda máquina nova



Fonte: Autor, 2019

O gráfico 2 mostra o padrão de onda gerado pela máquina rotativa deteriorada durante o ensaio na plataforma multifuncional Toledo 02, em alta rotação.

Gráfico 2 – Padrão de onda máquina deteriorada



Fonte: Autor (2019)

Analisando e comparando o padrão de onda exibido nos gráficos 1 e 2, fica totalmente caracterizado que uma máquina rotativa deteriorada apresenta amplitude de oscilações muito maiores que a apresentadas por uma máquina nova, esse fenômeno pode ser interpretado como ruído de degeneração dos rolamentos e pode ser associado ao aumento de temperatura da carcaça da máquina rotativa.

É notório que uma máquina rotativa nova, apresenta comprimentos de onda menores e frequência maior que as apresentadas para máquinas deterioradas. Como o ouvido humano é sensível a uma certa faixa de frequência. Uma alteração na frequência como a apresentada no gráfico 2 é facilmente percebida pelo ouvido humano e associada a uma possível falha do sistema.

5 CONCLUSÃO

Durante a fase de calibração da plataforma multifuncional Toledo 02, foi possível concluir que, os resultados apresentados pelos instrumentos de medidas alojados na plataforma, estão em consonância com os instrumentos homologados. Garantindo a confiabilidade do protocolo de teste oferecidos pela plataforma.

Submetendo uma máquina rotativa, com as mesmas características da máquina usada na calibração, porem deteriorada pelo tempo de uso, foi possível concluir que os valores de corrente e temperatura, apresentaram uma pequena discrepância em relação aos valores de calibração, para uma mesma faixa de frequência. Diante dos resultados e notório dizer que uma máquina rotativa deteriorada, apresenta menor eficiência.

Comparando os gráficos gerados pelo protocolo de calibração, com o gráfico gerado para maquina rotativa deteriorada, é notório que existe uma grande diferença na amplitude e frequência no padrão de onda associado a máquina rotativa degenerada. O que pode ser associado, possivelmente ao desgaste dos rolamentos.

Para trabalhos futuros pretendo acoplar o sistema de detecção de ruído diretamente a plataforma multifuncional Toledo 02. E desenvolver um sistema de banco de dados, para salvar os protocolos de calibrações, de diferentes máquinas.

6 REFERÊNCIAS

BARCHI, Fenando Felipe. *Análise de causa raiz em alternador veicular*. 2018. ALVES, Mário Jorge de Andrade Ferreira; LOURENÇO, Manuel Duarte Matos. Sistema de carga. **Instituto Superior de**, 2003.

CARNEIRO, R. L., *et al.* *Aspectos essenciais das baterias de chumbo-ácido e princípios físico-químicos e termodinâmicos do seu funcionamento: Revista Virtual de Química*, Bauru, v.9, n.3, p.889-911, maio/junho de 2017. Disponível em <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v9n3a06.pdf>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

Construção eletromecânica / Alfonso Martingmoni.-4. ed.- São Paulo : Globo, 2004.

CRUZ, Eduardo Cezar Alves. *Eletricidade básica: Circuitos em corrente contínua*.2. ed. São Paulo: Saraiva Educação SA 2014.

DA SILVA, Ismael Cordeiro; DA SILVA, Rafael Lopes Soares. ENTRO PAULA SOUZA FACULDADE DE TECNOLOGIA FATEC SANTO ANDRÉ “DR. NEWTON DA COSTA BRANDÃO”.

DE ARAÚJO, Célio Nobre; ZAVAN, Rogério Aparecido. CENTRO PAULA SOUZA FACULDADE DE TECNOLOGIA FATEC SANTO ANDRÉ.

FANZERES, A. *Manual de Instrumentos de Medidas Eletrônicas*. Barcelona: Hermuns, 2004. Tradução Francisco R. Vassallo.

FITZGERALD, A.E.; JR. Charles Kingsley; KUSKO, Alexander. *Máquinas Elétricas: Conversão Eletromecânica da Energia, Processos, Dispositivos e Sistemas*. 1a ed. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.

GAUUS. Datasheet: BT500 bancada de teste. Disponível em: <<https://www.gauss.com.br/catalogos/1/catalogo-de-produtos/1/0/>>. Acesso em: 2 de novembro.2019.

HALLIDAY, David. *Eletromagnetismo*. 8a ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

FRANCHI, Claiton. *Inversores de Frequência: Teoria e Aplicação* - 2. ed. – São Paulo: Érica, 2009.

Máquinas de corrente alternada / Alfonso Martingmoni.-7. ed.- São Paulo : Globo, 2005.

MARINHO, Arthur Theodoro; CORDEIRO, William Scortegagna Cubas. *Desenvolvimento de uma Box Truck para realização de testes elétricos em componentes automotivos*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

M. C. Gameiro da Silva, *Sound Measuring Virtual Instruments*, International Conference on Remote and Virtual Laboratories (REV 2007), Porto, 23 a 27 de Junho de 2007.

NUNES, Marcus Antonius da Costa. *Diagnóstico de defeitos em rolamentos pela técnica do envelope*. 1989.

O'MALLEY, Jhon. *Análise de Circuitos*. Trad. Moema Sant'Anna. 2a ed. São Paulo: Editora Makron Books, 1993.

.

