



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



DINAMÔMETRO PARA MÁQUINAS OPERACIONAIS

Rodrigo Siqueira Penz

Professor mestre do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo
rodrigopenz@upf.br

Angélica Paula Caús

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo
angelicacaus@hotmail.com

Resumo. *Ensaio de torção e medidas estáticas de torque são técnicas amplamente difundidas na engenharia, porém há certa dificuldade na medição de torque dinâmico, principalmente quando é necessária a aquisição de valores em tempo real, devido a este fato foi realizado um estudo sobre métodos de medição de torque dinâmico e com ênfase neste estudo desenvolveu-se um sistema eletrônico para aquisição de dados de torque dinâmico em ferramentas de corte.*

Palavras-chave: Torque. Dinâmico. Sensores.

1. INTRODUÇÃO

A melhoria na qualidade e a redução dos custos de produção são preocupações cada vez mais presentes na indústria, assim são necessários métodos e técnicas para obter conhecimentos sobre as características envolvidas nestes processos. Atualmente o processo de furação é uma das atividades mais comuns nas indústrias de transformação e devido a este fato, um estudo sobre o processo de furação é de grande interesse. Durante o processo de furação um dos principais critérios a ser observado é o torque efetuado sobre a ferramenta, onde este é importante fator nas definições da velocidade de furação e durabilidade das ferramentas. Porém, em muitos casos não é conhecido tal esforço,

impossibilitando a realização de análises qualitativas e quantitativas. Neste sentido, visando suprir a necessidade de realizar medições dinâmicas de torque em ferramentas de furação, foi desenvolvido um dispositivo capaz de realizar medições de rotação e torque durante o processo de furação.

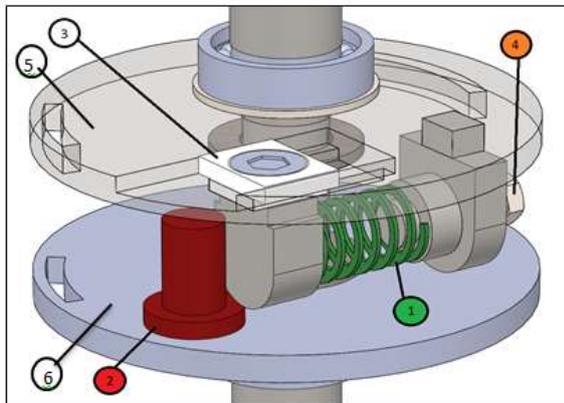
2. DESENVOLVIMENTO

O sistema desenvolvido atende as necessidades de monitorar a evolução da rotação e do torque imprimido nas ferramentas perfurantes e cortantes utilizadas em máquinas operatrizes, realizando medições de valores instantâneos e armazenando os mesmos.

Como base para o desenvolvimento do projeto eletrônico foi usado um protótipo mecânico já desenvolvido por um graduando do Curso de Engenharia Mecânica da UPF. Este protótipo possibilita a implementação da medição de torque, fazendo uso do método de medição por ângulo de torção. De acordo com Vieira [1] o sistema mecânico foi desenvolvido para proporcionar operações em rotações na faixa de 1 a 6000 rotações por minuto (*RPM*) e medição de torque na faixa de 1 a 10 newton metro (*Nm*). O projeto apresenta dois discos independentes, centrados em um eixo, onde estes discos encontram-se amarrados entre si

através da mola. Foram efetuadas fendas em ambos os discos, de forma que possibilite a passagem da luz, como indicado na Figura 1. O ângulo de torção relativo entre os discos será determinado por meio da deformação da mola, que será comprimida em consequência da resistência ao corte do material, durante o processo de furação. Neste sentido, uma das fendas será referência para medição da rotação e outra fenda será referência para medição do torque. O movimento relativo entre os discos efetivará a mudança no tempo de presença de luz no sensor receptor.

Figura 1. Sistema mecânico para medição de torque.



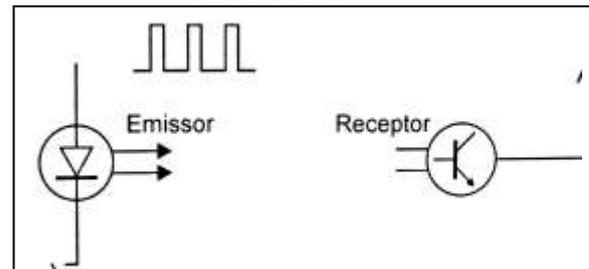
Fonte: (VIE, 2016).

Segundo Borges *et al* [2] desenvolvimento do projeto eletrônico iniciou pela definição do sensor a ser utilizado, promovendo a aplicação de um sensor óptico com velocidade de resposta mais rápida que a solicitada no sistema desenvolvido. Com base nos estudos de Tomazine *et al.* [3] o princípio de funcionamento dos sensores óticos, como pode ser visualizado na Figura 2, baseia-se na existência de um receptor e um emissor, a luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor com intensidade suficiente para que este comute a sua saída. O sinal de luz gerado pelo emissor consiste em uma forma de onda quadrada modulada em uma determinada frequência

Visando atender a necessidade do sistema, o modelo de sensor ótico escolhido foi PHCT104, este apresenta o receptor e o emissor em um mesmo invólucro, porém os

mesmos foram separados, devido a necessidade de uma maior distancia entre eles. Sendo o PHCT104 um sensor por detecção por barreira de luz, o receptor e o emissor de luz devem estar alinhados, para que a barreira de luz possa ser criada, sempre que passar um objeto à barreira é interrompida e o sensor é ativado.

Figura 2. Princípio de funcionamento de sensores óticos.



Fonte: Adaptado de (TOMAZINE *et al.*, 2012).

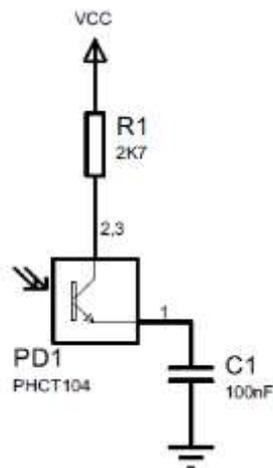
Outro aspecto importante a ser analisado para o correto funcionamento do sensor é a polarização do fototransistor (receptor). Segundo Cruz *et al* [4] o princípio de funcionamento do fototransistor é o mesmo que o do transistor convencional, porém, associado ao efeito transistor aparece o efeito fotoelétrico, a base está normalmente desconectada, assim a corrente que circula por ela dependerá apenas do fluxo luminoso incidente. Desta forma, na ausência de luz, a corrente de base é zero e o fototransistor opera na região de corte, resultando na tensão do coletor igual à tensão de polarização V_{cc} . Quando há luz incidindo, a tensão no coletor irá diminuir devido ao aumento da corrente. Este aumento da corrente de base devido à incidência de luz provoca uma variação da corrente de coletor (I_c) proporcional à intensidade da luz incidente.

Para o cálculo do resistor de polarização foram obtidos os valores de corrente de coletor através da folha de dados e confirmados através de ensaios práticos do sensor. Seguindo os conceitos apresentados por Boylestad [5], a resistência (R) é dada pela tensão sobre a corrente (I), sendo a tensão de polarização usada 5V e a corrente

de polarização no coletor 0.2 amperes (A), a resistência usada para a polarização é 2700Ω .

A configuração usada para a polarização do fototransistor pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3. Polarização do fototransistor



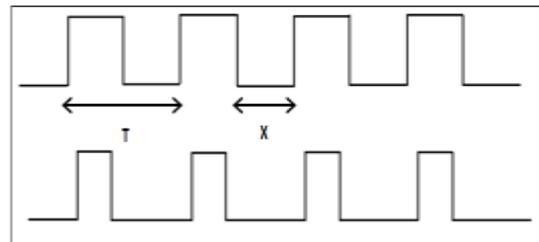
Fonte: Proprio Autor

O PHCT104 apresenta um tempo de resposta de $5\mu s$, tanto para corte como para a saturação e baseado na aplicação do sistema desenvolvido, a condição limitante está no menor tempo previsto de presença de luz na medição do torque, que será de $282\mu s$, assim é possível definir uma divisão deste tempo em relação ao tempo de resposta do sensor em 50 partes.

O sinal obtido através dos sensores podem ser visualizados Figura 4, para medição de *RPM* é medido o período dos ciclos dos pulso (T), este sinal possui sempre a mesma largura de pulso porem a frequência depende da velocidade do eixo onde o dispositivo está acoplado, os valores obtidos por este sensor, bem como os obtidos pelo sensor de torque, são enviados para um micro controlador ARM CORTEX M4, onde são tratados, assim o valor de tempo adquirido pelo sensor de RPP é invertido e multiplicado por 60. O sinal proveniente do sensor de torque indicará uma quantidade de luz dependente da força que é aplicada sobre o protótipo mecânico, além de apresentar também uma frequência

diferente dependente da velocidade do eixo, o sensor de *RPM* também é utilizado para verificar os resultados obtidos pelo sensor de torque. Para determinar a força aplicada sobre o protótipo e conseqüentemente na ferramenta e corte, é usado apenas metade do período dos ciclos dos pulsos, no caso o tempo que o período fica em nível logico baixo, representando a presença de luz. Para obter as equações o valor do Torque realizou inicialmente com o auxílio de um dinamômetro o levantamento da relação torqueXtempo (em presença de luz). A relação torqueXtempo foi ajustada para uma equação e implementada no programa do microcontrolador, assim de posse do valor do tempo de presença de luz no receptor do sensor de torque em conjunto com a equação obtida é possível converter o tempo em torque.

Figura 4. Sinal de saída do receptor do sensor ótico.



Fonte: Próprio autor

Está desenvolvida juntamente ao sistema uma interface de usuário composta por um display o qual mostra os valores de torque e *RPM* em tempo real e um teclado.

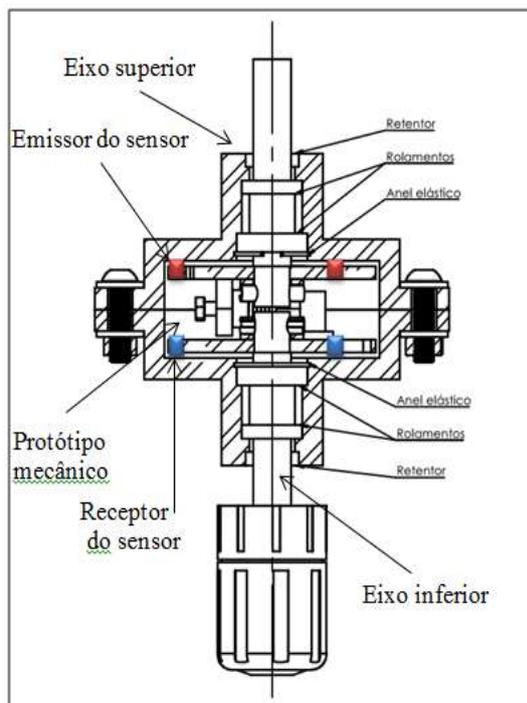
De acordo com os estudos de Tipler *et al* [6] o torque(T) é definido como o produto de uma força (F) aplicada em um determinado ponto (P) pela distância(d) que separa o ponto de aplicação dessa força do ponto(P), o torque é dado como visto na Equação 1. Assim tornasse indispensável o uso do teclado para o usuário informar a distância entre a ponta da ferramenta (onde o torque será medido) e o centro do eixo na máquina onde a ferramenta será instalada, uma vez que o torque a ser informado é referente ao aplicado na ponta da ferramenta e o

equipamento esta medindo a força na outra extremidade da ferramenta.

$$T = d * F \quad (1)$$

Finalizando o protótipo eletrônico o mesmo foi integrado o projeto mecânico para assim realizar os testes finais e a conferência dos valores obtidos, para isso foi usado um dispositivo regularizado pelo *IMETRO*. Na Figura 5 pode ser visualizado um esquemático de como o equipamento deve ser instalado na máquina onde a mesma vai ser instalada.

Figura 5. Corte demonstrando posicionamento do equipamento



Fonte: Adaptado de OSCAR, 2016

3. BIBLIOGRAFIA

[1] O. Vieira, “Projeto e construção de um dinamômetro para medir torque dinâmico em eixos”, Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

[2] J. Borges, C. A. Nóbrega, A. Lima e F. Belo, “Métodos e técnicas de medição de torque diretamente em eixos rotativos”, *Revista Principia*. João Pessoa, nº 28 – Edição especial, dezembro de 2015, p.121-129.

[3] D. Thomazini e P.U.B “Albuquerque, Sensores Industriais: Fundamento e aplicações”, 8 edição, Erica, 2011.

[4] E.C.Al. Cruz e S. Choueri, “Eletrônica aplicada”, 1 edição, Erica, 2007.

[5] R.L. Boylestad, “Introdução á análise de circuitos”, 12 edição, Person Prentice Hall, 2012.

[6] P.A. Tipler, “Física para cientistas e engenheiros”, vol. 1, LTC, 2010.

Agradecimentos

Agradeço ao professor mestre Rodrigo Penz e ao professor mestre Leandro Tagliari Doró, a todos os ensinamentos passados durante o desenvolvimento do projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de finalizado o projeto e realizadas as compensações necessárias, foram realizados novos testes de funcionamento com o auxílio de um dinamômetro regularizado pelo *IMETRO*, confirmando assim o funcionamento do dinamômetro desenvolvido. A interface homem máquina desenvolvida apresentou fácil manuseio atendendo assim as necessidades do sistema.

Com os testes foi possível observar que o mesmo possui uma margem de erro de 1% na leitura de torque o que significa um erro de 0.1Nm e de até 1RPM. Porém foi observada que a ocorrência dos erros aumenta devido a aumento da força, onde a mola fica comprimida, bem como com o aumento da velocidade, onde o período tornasse menor.

