

TÍTULO DO PROJETO: ANÁLISE DE HARMÔNICOS GERADOS POR MOTORES UNIVERSAIS DE ELETRODOMESTICOS

ALUNO: JHONATAN FELIPE DA SILVA

ORIENTADOR: IDALMIR DE SOUZA QUEIROZ JUNIOR

Resumo: *O presente artigo tem como objetivo fazer um estudo das harmônicas geradas por um motor universal de um simples eletrodoméstico. Que no caso, foi utilizado o motor de um liquidificador. No laboratório o motor foi conectado com o analisador de energia. Com este, foram medidas as taxas de distorção harmônica (THD), com o intuito de verificar o quanto as harmônicas influenciariam no sinal. Observou-se que, somente a harmônica de ordem 1, provocou mudança significativa no sinal.*

Palavras-chave: Motor universal. Harmônicas. Taxa de distorção harmônica.

1. INTRODUÇÃO

No mundo atual, é comum o uso de aparelhos elétricos e eletrônicos por parte do homem em suas residências. E com a facilidade de acesso a esses aparelhos nos dias de hoje, pode-se dizer que praticamente todas as pessoas possuem eletrodomésticos em suas residências.

Dentre esses eletrodomésticos, se trabalhará neste artigo com os motores universais CC, como os liquidificadores.

Sabe-se que esses equipamentos, por possuírem tensão e corrente alternadas, funcionam a uma determinada frequência, 60 Hertz. Contudo, essa é apenas uma das frequências presentes, a denominada frequência fundamental. Devido ao funcionamento dos motores universais são geradas as harmônicas, que serão o foco desta pesquisa.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA ABORDADO

As harmônicas provocam distorções nos sinais de tensão e corrente que podem causar interferências na rede elétrica, bem como problemas no próprio eletrodoméstico.

O presente artigo pretende abordar as seguintes questões: Quais as harmônicas geradas por um eletrodoméstico comum? Essas harmônicas estão de acordo com os limites permitidos?

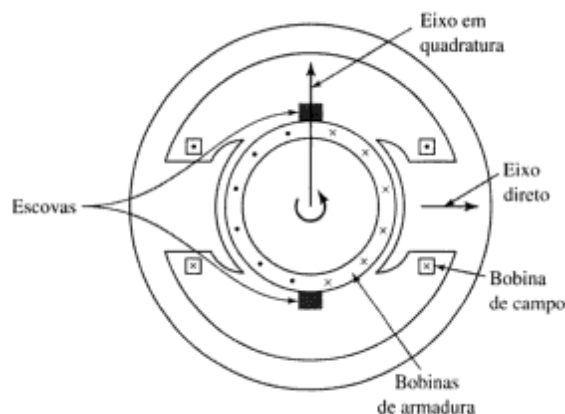
3. OBJETIVOS

Estudar e analisar as harmônicas que são geradas a partir de motores universais de eletrodomésticos.

4. MOTOR UNIVERSAL

Em termos gerais, um motor é uma máquina onde se injeta energia elétrica e como resultado, obtém-se energia mecânica. Na Figura 1, a seguir, há uma representação de um motor de corrente contínua (motor CC).

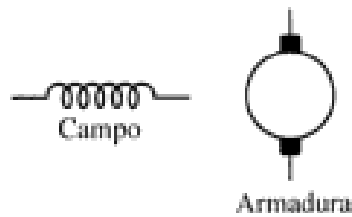
Figura 1: Representação esquemática de um motor CC



Fonte: Fitzgerald, 2006

Nas bobinas de armadura rotativa é gerada uma tensão CA, que posteriormente é convertida em CC por um comutador rotativo e pelas escovas estacionárias que estão conectadas à armadura por meio de condutores. Esta conversão se dá em razão da combinação do comutador com as escovas que formam uma espécie de retificador mecânico, resultando na tensão CC. A Figura 2 mostra uma representação mais simplificada para circuitos.

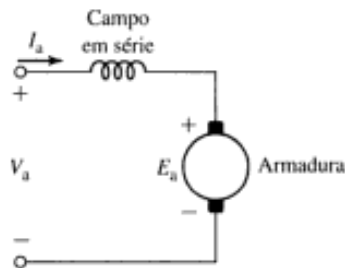
Figura 2: Representação simplificada



Fonte: Fitzgerald, 2006

Na Figura 3, vemos uma ligação série entre um enrolamento de campo e uma máquina CC.

Figura 3: Máquina ligada em série



Fonte: Fitzgerald, 2006

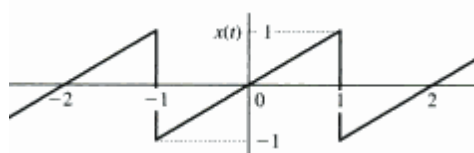
Quando um motor ligado em série possui estruturas, tanto no estator como no rotor, laminadas de forma a reduzir as perdas por correntes parasitas, obtém-se o motor série universal, comumente chamado de motor universal.

O motor universal é então, um motor série monofásico com a capacidade de funcionar com características semelhantes tanto em corrente alternada como em corrente contínua.

5. FREQUÊNCIAS HARMONICAS

Para falar sobre frequências harmônicas, primeiramente é preciso definir frequência fundamental. Observe a Figura 4 com um sinal periódico.

Figura 4: Onda de sinal periódico



Fonte: Lathi, 2007

Aqui pode-se ver facilmente que o sinal possui um período fundamental $T_0=2$. Sabemos, matematicamente, que o inverso do período é a frequência f_0 , dada em Hertz onde a velocidade angular é dada por

$$\omega_0 = 2\pi f_0 \quad (1)$$

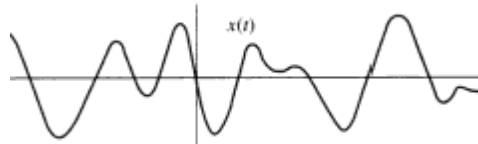
ou

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (2)$$

As frequências harmônicas, ou apenas harmônicas, são múltiplas da frequência fundamental.

Elas são geradas, no caso dos motores universais, em razão do próprio funcionamento do motor por ser um equipamento indutivo. As harmônicas provocam distorções nos sinais, mudando sua aparência para algo como se pode ver na Figura 5.

Figura 5: Onda de sinal distorcido



Fonte: Lathi, 2007

6. TAXA DE DISTORÇÃO HARMONICA

A THD (*Total Harmonic Distortion*), ou taxa de distorção harmônica, é o valor dado em porcentagem para representar a quantidade de distorção sofrida por um sinal de corrente ou tensão. Dentre as formas de se obter esse resultado têm-se:

%HD: Porcentagem de distorção harmônica. Dada pela equação a seguir

$$\%HD = \frac{\text{Valor RMS da harmônica } Kn}{\text{Valor RMS da fundamental}} = \frac{A_n}{A_{RMS}} * 100\% \quad (3)$$

Onde Kn é a harmônica de índice n .

%THD_R: Porcentagem de distorção harmônica total em relação ao valor RMS total. Dada pela equação

$$\%THD_R = \frac{\text{Valor RMS da harmonica(exceto a fundamental)}}{\text{Valor RMS Total}} = \frac{\sqrt{\sum_{K=2}^n A_K^2}}{A_{RMS}} * 100\% \quad (4)$$

%THD_F: Porcentagem da distorção harmônica total em relação ao valor RMS da frequência fundamental. Dada pela equação

$$\%THD_F = \frac{\text{Valor RMS da harmonica(exceto a fundamental)}}{\text{Valor RMS da fundamental}} = \frac{\sqrt{\sum_{K=2}^n A_K^2}}{A_1} * 100\% \quad (5)$$

Onde A, nas equações (3), (4) e (5), pode ser substituído por V, tensão, ou I, corrente, a depender do sinal que se pretende analisar.

7. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados no experimento estão listados a seguir:

1 Motor universal, neste caso um motor de liquidificador da marca Optimix, funcionando a tensão de 220V_{CA} com 60Hz, e potência de 360W. O mesmo é apresentado na Figura 6.

Figura 6: Motor de um liquidificador



Fonte: Autoria própria

1 Analisador de energia que é um equipamento que possui a finalidade de medir a qualidade da energia elétrica. Dentre as suas utilidades está a capacidade de medir as

distorções harmônicas resultantes de cargas eletrônicas, característica essencial para este projeto.

Neste projeto utilizou-se um Alicate Wattímetro da marca Minipa modelo ET-4080 que também possui a função de analisar energia apresentado na Figura 7.

Figura 7: Analisador de energia



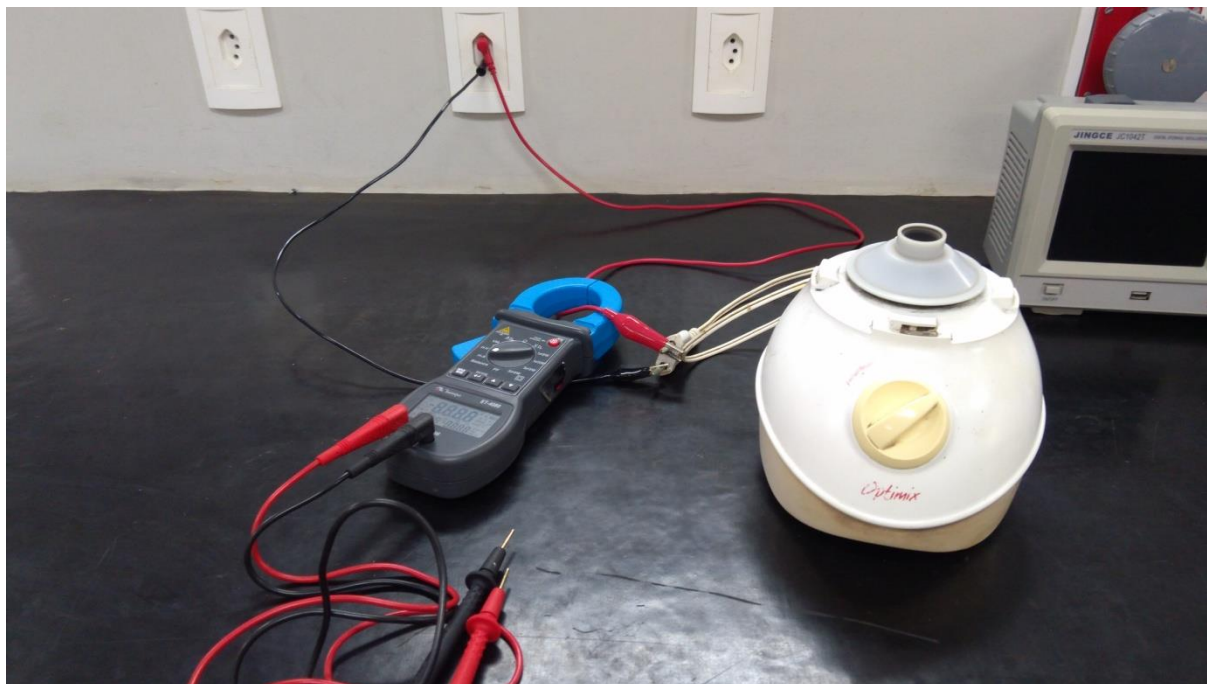
Fonte: Autoria própria

8. PROCEDIMENTOS

O experimento foi realizado no dia 02/03/2018, sexta-feira, no laboratório de Instalações Elétricas, Laboratórios de Engenharia I. Seguindo os passos apresentados a seguir.

Primeiramente foi feita a montagem elétrica do motor junto com o analisador (Figura 8).

Figura 8: Montagem elétrica com o Alicate Wattímetro (analisador)



Fonte: Autoria própria

Com o analisador verificou-se as medidas de potência ativa, aparente e reativa, assim como valores de tensão, de corrente e o fator de potência.

Em seguida, realizou-se análises da porcentagem de distorção harmônica total na corrente e na tensão elétrica. Essas distorções podem ser calculadas pelas equações dadas no item 6.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de distorção harmônica totais (THD's), encontradas, experimentalmente, estão apresentados a seguir na Tabela 1

Tabela 1: Porcentagem da distorção harmônica na rede elétrica

Harmônicas	HD (%)
H01	100
H02	0,3
H03	0,5
H04	0,4
H05	2,8
H06	0,2
H07	0,5

Fonte: Autoria própria

A porcentagem da distorção harmônica total em relação ao valor RMS total, THD_R está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Porcentagem da distorção harmônica total em relação ao valor RMS

Harmônicas	THD _R (%)
H01	3,5
H02	3,5
H03	3,5
H04	3,3
H05	3,4

Fonte: Autoria própria

A porcentagem da distorção harmônica total em relação ao valor RMS da fundamental, THD_F está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Porcentagem da distorção harmônica total em relação ao valor RMS da fundamental

Harmônicas	THD _F (%)
H01	3,5
H02	3,3
H03	3,5
H04	3,2
H05	3,9

Fonte: Autoria própria

Sabe-se que em um sinal pode surgir inúmeras harmônicas, contudo, quanto maior a ordem da harmônica menor será sua interferência no sinal. Sendo assim, apenas as harmônicas de menor ordem são levadas em consideração nas análises.

Pelos resultados obtidos no experimento, a porcentagem de distorção tanto em relação ao valor RMS total (Tabela 3) quanto em relação ao valor RMS da fundamental (Tabela 4), foram pequenas para as 5 primeiras harmônicas, tendo essa primeira uma média de 3,44% e a segunda de 3,48.

Apenas na taxa de distorção total (Tabela 2) possui uma porcentagem significativa, que é a referente a harmônica de ordem 1, como porcentagem de 100%, isto em razão da primeira harmônica possuir valor bem próximo da fundamental. Enquanto que as demais tiveram distorções menor que 1%, com exceção da harmônica de ordem 5, que ainda assim foi um valor de 2,8%, isto devido ao próprio princípio de funcionamento

10. CONCLUSÃO

Com estes resultados pode-se dizer que o sinal resultante é totalmente diferente do sinal de entrada já que há uma distorção de 100%, causada pela primeira harmônica, sem alteração significativa causada pelas demais harmônicas.

REFERÊNCIAS

Lathi, B. P. Sinais e Sistemas Lineares. 2º edição. Porto Alegre, editora Bookman, 2007.

Cotrim, Ademaro A. M. B. Instalações Elétricas. 5º edição. São Paulo, editora Person, 2009.

Fitzgerald, A. E. Máquinas Elétricas. 6ª edição. Editora Booman, 2006.

Manual de instruções do analisador de energia, Minipa ET -4080, 2006.