

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

Estudo e pesquisa de uso de transformadores de forno micro-ondas para fontes de alimentação DC de alta potência

FERNANDO H TOMA¹, GETULIO T TATEOKI²

¹ Graduando em Técnico em Automação Industrial, IFSP, Campus Birigui, Fernando.hideki@ifsp.edu.br.

² Professor Ms de Eletrônica do Técnico em Automação Industrial, IFSP, Campus Birigui, getuliot@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.03.00-6 Circuitos Elétricos, Magnéticos e Eletrônicos

RESUMO: Esse artigo apresenta uma pesquisa de transformadores elétricos utilizados em forno micro-ondas para a realização de ensaios e medidas em laboratório verificar a possibilidade de serem utilizados como fontes de alimentação linear em corrente direta - DC de alta potência situada na faixa entre 240 W a 300 W com a devida qualidade e rendimento. Estas fontes, constituídas basicamente de ponte de diodos retificadores, capacitores linearizadores de tensão, reguladores de tensão com transistores BJT permite uma vasta gama de aplicação onde se pretende fazer uso como por exemplo em pequenos intervalos de tempo controlados na ordem de alguns milissegundos como é utilizada na solda de ponto. A utilização de uma resistência de chuveiro elétrico modificado como carga resistiva variável permitiu a análise de dados essenciais para a identificação da máxima potência que pode ser entregue a uma determinada carga. Os resultados obtidos para a análise foram somente práticos uma vez que para realizar a comparação com os do teórico seriam necessários alguns parâmetros adicionais como o de características do material aço silício usado na confecção porém o necessário para servir como indicativo e referência para elaboração e construção de alguns dispositivos aplicáveis em fonte DC. As equações obtidas através de ensaios indicadas pelas linhas de tendência do Excel permitem que sejam utilizadas posteriormente seja através de algum método computacional ou uso de algum simulador uma melhora nos ajustes tanto na quantidade de espiras fios utilizados como também nos parâmetros envolvidos viabilizando uma melhor utilização como fonte de alimentação conforme desejado.

PALAVRAS-CHAVE: transformadores; medidas elétricas; fonte de alimentação.

Study and research on the use of microwave oven transformers for high power DC power supplies

ABSTRACT: This article presents a survey of electrical transformers used in microwave ovens to carry out tests and measurements in the laboratory to verify the possibility of being used as linear power sources in direct current - high power DC located in the range between 240 W to 300 W with the appropriate quality and performance. These sources, basically consisting of rectifier diode bridges, voltage linearizing capacitors, voltage regulators with BJT transistors, allow a wide range of applications where they are intended to be used, for example in small controlled time intervals in the order of a few milliseconds, as is used in spot welding. The use of a modified electric shower resistor as a variable resistive load allowed the analysis of essential data to identify the maximum power that can be delivered to a given load. The results obtained for the analysis were only practical since to carry out the comparison with the theoretical ones, some additional parameters would be necessary, such as the characteristics of the silicon steel material used in the manufacture, but what was necessary to serve as an indication and reference for the elaboration and construction of some devices applicable to DC source. The equations obtained through tests indicated by Excel trend lines allow them to be used later, whether through some computational method or use of a simulator, an improvement in adjustments both in the number of wire turns used and also in the parameters involved, enabling better use as power supply as desired.

KEYWORDS: transformers; electrical measurements; power supply.

INTRODUÇÃO

O uso de transformadores elétricos (Helerbrock, 2024) abaixadores de tensão da rede elétrica (Martignoni, 1984) e (Amalfa, 2007) para valores adequados à alimentação de circuitos amplificadores de áudio tem sido desde sempre o mais preferido mesmo após o desenvolvimento de circuitos das fontes chaveadas (Quadros, 2024).

Uma das soluções frequentemente adotadas é o uso de transformadores utilizados em forno de micro ondas modificado (Gomes, 2018), onde o seu secundário de alta tensão passa agora a atuar como de baixa tensão permitindo fornecer uma alta corrente devido à diminuição bastante considerável da quantidade de espiras e aumento do seu diâmetro. Ainda, devido à frequência utilizada ser a mesma da rede elétrica de 60 Hz o padrão da sua modelagem segue a este princípio (Nascimento et al., 2016).

O seu uso também se justifica porque o transformador pode ser ainda reutilizado para algumas aplicações úteis como em situações em que os fornos de micro ondas são descartados por perder a serventia de uso, contribuindo assim com o meio ambiente ao evitar que menos materiais que podem ser reciclados sejam lançados na natureza. No entanto, para que isso seja na prática viável é necessário conhecer alguns parâmetros para sua aplicação tais como a máxima potência que pode ser entregue por este dispositivo. Isto pode ser realizado através ensaios de medidas de tensão e corrente com uma carga variável.

O estudo presente neste artigo mostra os resultados obtidos através desses ensaios, o valor de potência máxima que o transformador de micro ondas após refeito rebobinagem, pode fornecer a uma determinada carga sem que a sua tensão na carga sofra muitas alterações.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foram calculados teoricamente a potência do transformador Mostrado na FIGURA 1 através de cálculo de medidas da seção transversal da secção geométrica (Brites, 2023) e feito o rebobinamento do mesmo utilizando fio rígido 20 AWG de forma dupla com 26 voltas sem e com derivação central.



FIGURA 1 – Transformador de Micro-Ondas utilizado para os ensaios descrito neste artigo
Fonte: do autor

Os resultados foram obtidos através ensaios de medidas utilizando multímetro Fluke 117c para as tensões e alicate amperímetro UNI-T UT210E para as correntes conforme mostra a imagem da FIGURA 2a e FIGURA 2b. Os valores de tensão e corrente com transformador “em aberto”, ou seja sem carga foram obtidos através do dispositivo medidor PZEM-061, FIGURA 2c.

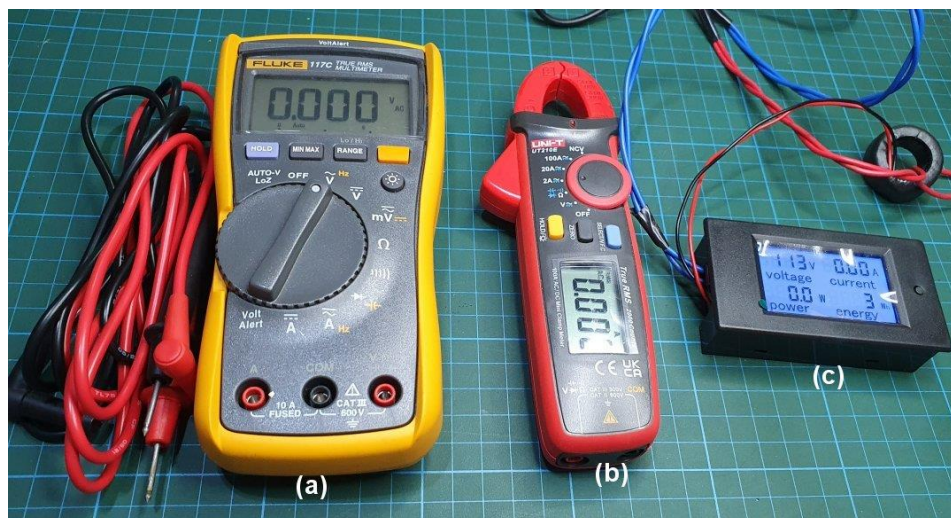


FIGURA 2 – Multímetro Fluke 117c (a); Alicates amperímetro UNI-T UT210E (b); Dispositivo medidor PZEM-061 (c)

Fonte: do autor

Para se obter o valor da máxima potência que o transformador pode oferecer foi realizado alguns ensaios do comportamento da corrente e tensão deste transformador em função da variação da carga. Para isso, foi utilizada uma resistência de chuveiro de 5500 W devidamente estendida e fixada em um suporte de barra de nylon. Este dispositivo ficou imerso em um recipiente contendo água constituído de um tubo de PVC de 7cm de diâmetro x 60 cm de comprimento vedada nas extremidades e com cavidade na lateral superior como mostra a FIGURA 3.

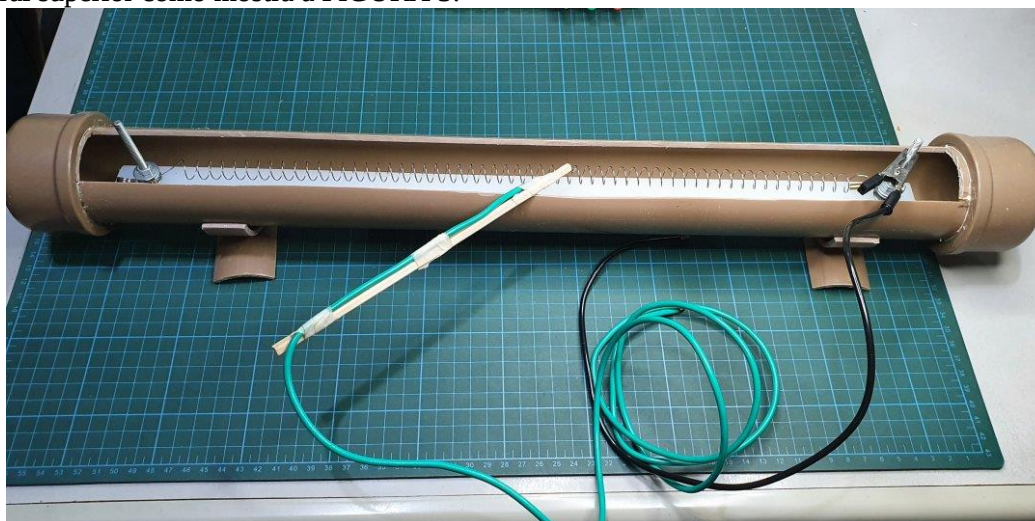


FIGURA 3 - Resistência 5500 W de um chuveiro imersa na água num recipiente de tubo de PVC

Fonte: do próprio autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como para aplicações em fontes de alimentação DC podem ser utilizadas duas modalidades de uso, uma sem derivação central e outro com derivação central foram realizados estes dois tipos de ensaios.

Para os ensaios de medidas com enrolamento no secundário de 26 volts sem a derivação central foram realizadas as medidas de tensão e corrente de entrada em vazio na saída obtendo se respectivamente os valores de 114 V e 3,1 A. Utilizando a resistência de chuveiro como de carga variável

R_L na sua saída, correspondente ao enrolamento secundário do transformador obteve-se como resultados os valores da TABELA 1.

TABELA 1: Medida de variação de Tensão e Corrente na saída do transformador em função do valor de Resistência de Carga R_L

Medida nº	$R_L(\Omega)$	V(V)	I(A)
1	2,93	25,31	8,63
2	2,55	25,1	9,83
3	2,19	24,9	11,35
4	1,80	24,53	13,6
5	1,43	24	16,83
6	1,05	23,21	22,1
7	0,69	20,91	30,2

Fonte: do próprio autor

A partir desses dados obtidos, obteve se através da planilha Excel um gráfico na qual é possível identificar uma queda de tensão maior quando a resistência assume valores inferiores a $1,43 \Omega$. Portanto, isso indica que um menor valor da resistência de carga que pode ser entregue sem que ocorrer alterações significativas na variação de tensão na qual é mostrado no gráfico da Figura 3.

De acordo com o gráfico dessa FIGURA 4, pode se observar que o valor da potência máxima do transformador de forno micro ondas está por volta de 512 VA ($\approx 23,21 \text{ V} \times 22,1 \text{ A}$) devido que ao ultrapassar o valor dessa corrente de 22,1 A pode ser observada uma queda bem elevada de tensão. Contudo, para fins de análise, outro método de identificação da potência máxima de um dispositivo pode ser realizado através do cálculo com uma queda de 10% da tensão sem carga. O cálculo é feito a partir da equação 1 fornecida pela linha de tendência da curva obtida através do gráfico do Excel conforme mostra a Figura 4. Também o Excel fornece a Equação da Linha de Tendência (1).

$$V = 22,539R^{0,1241} \quad (1)$$

em que,
V, em Volts [V]
R resistência em Ohm [Ω]

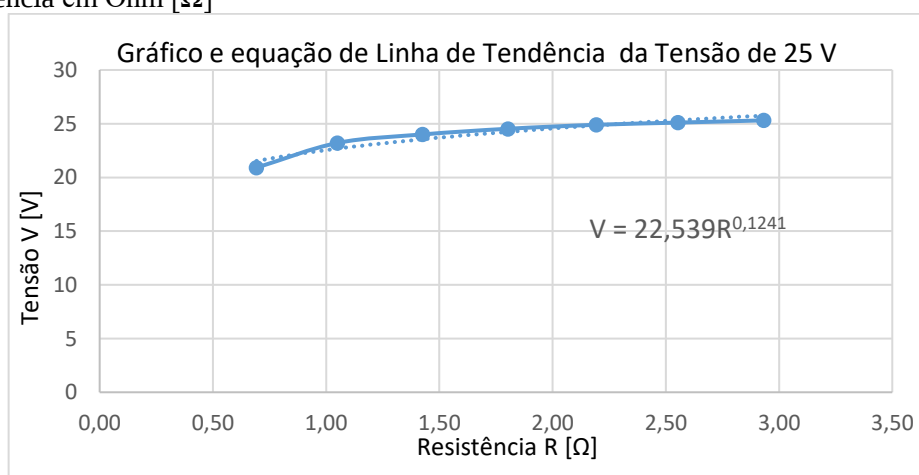


FIGURA 4 - Gráfico e equação de Linha de Tendência das medidas de tensão de 25 V em função de variação de resistência de carga

Fonte: do próprio autor

A comparação do gráfico fornecido pelos ensaios com o valor calculado demonstrou conforme já esperado resultados com diferença de $0,48 \Omega$ por se tratar de uma Linha de Tendência.

Com o objetivo de analisar tais instâncias com valores adversos de tensão e corrente, foi realizado um novo rebobinamento do mesmo transformador. Foi incluso uma derivação central, possibilitando a

execução dos experimentos com metade das espiras, consequentemente, 50% da potência obtendo se como resultado o gráfico da FIGURA 5, com a equação da Linha de Tendência:

$$V = 12,162R^{0,0374} \quad (2)$$

em que;

em que,

V, em Volts [V]

R resistência em Ohm [Ω]

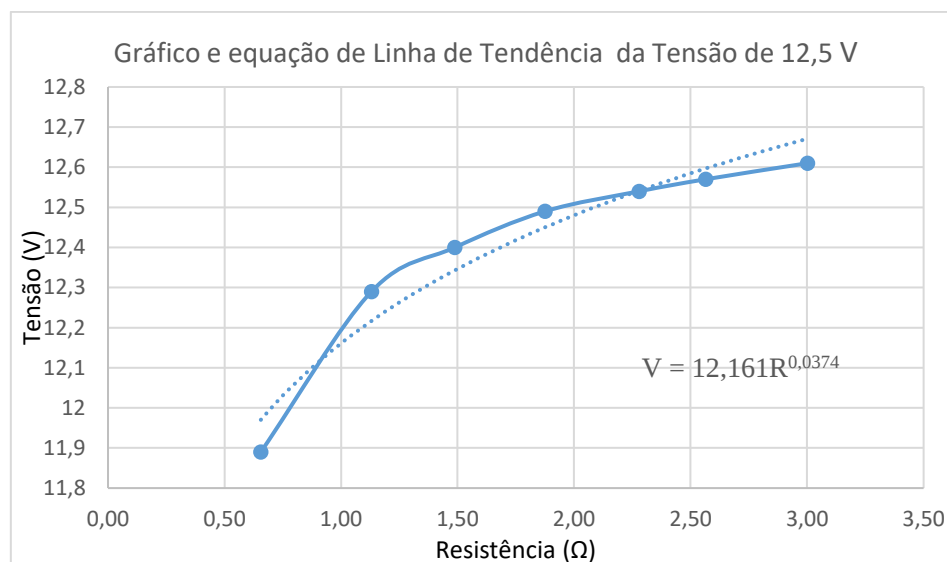


FIGURA 5 - Gráfico e equação de Linha de Tendência das medidas de tensão de 12,5 V em função de variação de resistência de carga
Fonte: do próprio autor

A divergência entre os valores se tornou ainda maior nos ensaios após a rebobinagem, tendo como valores 1,13 Ω e 0,24 Ω , com uma diferença de 0,89 Ω . Isso se deve porque a curva é mais abrupta em relação ao de tensão de 25 V e a equação da Linha de Tendência é representada por uma curva de forma mais suave.

A Linha de Tendência obtida e mostrada através de linha pontilhada no tanto no Gráfico da FIGURA 4 como o da FIGURA 5 serve apenas para efeito comparativo que poderá ser utilizada em casos em que houver a necessidade de uma análise sistematizada por método computacional.

Os resultados obtidos são somente práticos já que para uma modelagem teórica devido a necessidade de conhecimento de vários parâmetros tais como a propriedade magnética do material aço silício utilizado na construção do transformador não se encontrou disponível ao autor.

CONCLUSÕES

De acordo com as medições auferidas, o transformador de forno micro-ondas por si só, desprovida de carga possui um consumo bastante elevado de energia com correntes de 4,64 A obtida através de medições em vazio com alicate amperímetro, transformando o em calor a uma temperatura de 70 °C obtida através de um termômetro digital de mira laser, faça com que se torne necessário alguma forma de dissipação desse calor como um ventilador ou cooler o que o torna inviável para aplicações em que o seu rendimento seja um dos fatores determinantes para um bom desempenho do projeto. Porém, em muito dos casos onde se torna necessário a todo instante o seu chaveamento na sua aplicação com correntes médias ou elevadas como por exemplo em soldagens de ponto, através da criação de um pequeno arco elétrico para a fundição de duas lâminas, a sua aplicação se torna muito interessante uma vez outros tipos de soluções como uso de tiristores, técnica utilizada nas fontes comutadas, embora seja viável devido à alta corrente gerada pelo transitório no processo de chaveamento, o seu sistema torna bastante complexo.

Ainda, os valores de tensões com a variação da resistência obtidas através de ensaios de medidas, indicaram que o valor do limite teórico de 10% da tensão sem carga onde a partir deste a tensão passa a diminuir de forma abrupta se tornam próximos. Porém, com haverá pouca exatidão devido à uma série de fatores como detalhes construtivos e qualidade do material das lâminas de aço silício utilizado no núcleo do transformador, haverá sempre a necessidade da realização de ensaios para aferição deste valor envolvido.

Durante os ensaios práticos algumas adversidades foram identificadas:

Na confecção do Center Tape realizado manualmente para a obtenção de tensão de valor comercial de 12 V no secundário utilizados comumente na construção de fontes retificadores lineares gerou uma certa inconsistência entre os valores de potência fornecida entre os polos e o Center Tape;

Devido ao sobreaquecimento, uma boa parcela de energia elétrica é convertida em energia térmica o que influencia na resistência interna do circuito e na relação de energia gasta e trabalho produzido;

Por fim os dados obtidos da Figura 5 mostraram resultados próximos do esperado que é para a utilização em cargas inferior a 250 W. Há uma progressiva queda de tensão na medida em que a resistência de carga diminui fazendo elevar o consumo de corrente. Esta queda de tensão é normalmente admitida em até 10% do valor de tensão nominal em vazio é indicada para 11,25 V, uma resistência de carga de 0,5 Ω e portanto corrente máxima de 22,5 A o que indica a uma potência de 253,12 W.

O objetivo deste trabalho foi tão somente apresentar um estudo como a possibilidade e a viabilidade de se utilizar um transformador de Micro-Ondas para alguma finalidade prática onde em muitos casos são descartados na natureza como fonte de alimentação linear simples para circuitos amplificadores de áudio de alta potência ou para equipamentos de solda de ponto apresentando alguns resultados pelo método prático.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

F.H.T. procedeu todos com a metodologia, experimentos e procedeu na redação do trabalho.

G.T.T. atuou na curadoria e análise de dados.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal por incentivar a pesquisa e a ciência no ambiente acadêmico, ao orientador por acreditar no projeto e aos meus entes queridos.

REFERÊNCIAS

AMALFA, Salvador. **Fundamentos y Construcción**. 1a ed. Buenos Aires: HASA. 2007.

BAIROS, Roberto. **O transformador toroidal é melhor do que o transformador convencional?** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JqvSs0cRTnE>. Acesso em: 12 jan. 2024.

BRITES, Paulo. **Transformadores sem “Enrolação”**. E-Book. 1ª Edição. 2023. Disponível em: <https://www.paulobrites.com.br/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

GOMES, Valdemar. **Como Construir uma fonte de alimentação ou carregador de baterias com transformador de micro-ondas**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DZLkC5n1mOY>. Acesso em: 12 jan. 2024.

HELERBROCK, Rafael. **Transformadores**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transformadores.htm>. Acesso em: 13 jan. 2024.

MAGALHÃES, Kadu. **Transformador Microondas Esquenta Muito - O que Fazer?** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HHw8CiQtM5U&list=PLcqrTK3xJTcMmq41rrR1bB6EjFXqr82Am&index=3>. Acesso em: 12 jan. 2024.

MARTIGNONI, Alfonso. **Transformadores**. 6ª Edição. Editora Globo. 1984.

MATTEDE, Henrique. **Toróide. O que é e como funciona!** Disponível em:
<https://www.mundodaeletrica.com.br/toroide-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

NASCIMENTO, Rubens J. BATISTELA, Nelson. KUO-PENG, Patrick. CARPES JR, Walter P. JANUÁRIO, Marconi. RIGONI, Maurício. SPREDEMAN, Ricardo. SANTOS, Túlio L. SOARES, André K. RESMINI, Filipe N. FURLAN, André G.L. **Estudo e Modelagem de Transformadores.** Disponível em: <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/Estudo-e-Modelagem-de-Transformadores.pdf>. Acesso em 22.10.2024.

QUADROS, Daniel. **Como funciona uma fonte chaveada.** Disponível em:
<https://www.makerhero.com/blog/como-funciona-uma-fonte-chaveada>. Acesso em: 12 jan. 2024.