

Transformador Ideal

Moises da Silva Ferreira

2017

objetivo

Este trabalho tem como objetivo auxiliar na confecção de um transformador de corrente alternada capaz de aquecer e/ou fundir metais através do efeito joule gerado por uma potência empregada neste equipamento.

Requisitos

Entretanto, de um modo geral, para produção de aço em condições normais, se espera que um forno consuma aproximadamente 387 kWh por tonelada de aço produzido, mas como é um trabalho de caráter científico, adotaremos então energia em W, permitindo que usemos valores usuais de rede.

Aspectos Elétricos:

Transformador:

a 1:10

P S

V(v) 220 2,2

I(kA) 1,759 17,590

P(w) 387

Funcionamento

Um transformador ideal é um dispositivo que converte, por meio da ação de um campo magnético, a energia elétrica CA de uma dada frequência e nível de tensão em energia elétrica CA de mesma frequência, mas outro nível de tensão. Consiste em duas bobinas de fio enroladas em torno de um núcleo ferromagnético comum. Essas bobinas (usualmente) não estão conectadas diretamente entre si. A única conexão entre as bobinas é o fluxo magnético comum presente dentro do núcleo. Um dos enrolamentos é ligado a uma fonte de energia elétrica enrolamento primário e o segundo enrolamento do transformador fornece energia às cargas, enrolamento secundário. O transformador de potência é construído com um núcleo que pode ser um bloco retangular laminado simples de aço com os enrolamentos do transformador envolvendo dois lados do retângulo. Um transformador ideal é um dispositivo sem perdas com um enrolamento de entrada e um enrolamento de saída. As relações entre a tensão de entrada e a tensão de saída e entre a corrente de entrada e a corrente de saída são dadas por duas equações simples. Os valores de potência no secundário deve ser aproximadamente igual a empregada no primário, visto que o que sofre alterações

são: O valor da tensão aplicada e corrente para se obter estes valores e necessário utilizar uma relação de transformação que e expressa nesta equação:

$$a = \frac{N_p}{N_s} \quad (1)$$

A relação entre a corrente I_p que entra no lado primário do transformador e a corrente I_s que sai do lado secundário do transformador é:

$$N_p.I_p = N_s.I_s \quad (2)$$

Ou

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{1}{a} \quad (3)$$

Em termos de grandezas fasoriais, essas equações são:

$$\frac{V_p}{V_s} = a \quad (4)$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{1}{a} \quad (5)$$

Observa-se que o ângulo de fase de V_p tendo o mesmo ângulo de V_s e o ângulo de fase de I_p é o mesmo que o da fase de I_s . A relação de espiras do transformador ideal afeta as magnitudes das tensões e correntes, mas não os seus ângulos. As Equações da P_e e P_s descrevem as relações entre as magnitudes e ângulos das tensões e correntes dos lados primários e secundário do transformador a potência ativa de entrada $P_{entrada}$ fornecida ao transformador pelo circuito primário é dada pela equação:

$$P_e = V_p.I_p.Cos\theta_p \quad (6)$$

Em que θ_p é o ângulo entre a tensão primária e a corrente primária. A potência ativa $P_{saída}$ fornecida pelo circuito secundário do transformador à sua carga é dada pela Equação:

$$P_s = V_s.I_s.Cos\theta_s \quad (7)$$

Em que θ_s é o ângulo entre a tensão secundária e a corrente secundária. Como em um transformador os ângulos entre tensão e corrente não são afetados, então temos:

$$\theta_p = \theta_s = \theta \quad (8)$$

Os enrolamentos primário e secundário de um transformador têm o mesmo fator de potência. Porém, os transformadores ideais nunca poderão ser construídos na realidade. O que pode ser construído são transformadores reais. As características de um transformador real se aproximam das características de um transformador ideal, mas somente até um certo ponto. Para compreender o funcionamento de um transformador real o enrolamento primário do transformador está conectado a uma fonte de potência CA e o secundário está em circuito aberto. O funcionamento do transformador pode ser fundamentado a partir da lei de Faraday:

$$e_{ind} = \frac{dA}{dt} \quad (9)$$

em que A é o fluxo concatenado na bobina na qual a tensão está sendo induzida. O fluxo concatenado é a soma do fluxo que passa através de cada espira da bobina adicionado ao de todas as demais espiras da bobina:

$$A = \sum_{i=1}^n \quad (10)$$

O fluxo concatenado total através de uma bobina não é simplesmente $N A$, em que N é o número de espiras da bobina, porque o fluxo que passa através de cada espira de uma bobina é ligeiramente diferente do fluxo que atravessa as outras espiras, dependendo da posição da espira dentro da bobina. Entretanto, é possível definir um fluxo médio (F) por espira em uma bobina. Se o fluxo concatenado de todas as espiras da bobina for A e se houver N espiras, o fluxo médio por espira será dado por:

$$F = \frac{A}{N} \quad (11)$$

e a lei de Faraday poderá ser escrita como:

$$e_{ind} = N \frac{dF}{dt} \quad (12)$$

Se a tensão da fonte for $V_p(t)$, então ela será aplicada diretamente à bobina do enrolamento primário do transformador. A lei de Faraday explica a reação do transformador a essa tensão aplicada. Quando o fluxo médio presente no enrolamento primário do transformador é isolado ignorando a resistência do enrolamento, obtemos o resultado:

$$F_p = \frac{1}{N_p} \cdot V_p \int (t) dt \quad (13)$$

Essa equação diz que o fluxo médio no enrolamento é proporcional à integral da tensão aplicada ao enrolamento e que a constante de proporcionalidade é o recíproco do número de espiras do enrolamento primário $1/N_p$. Esse fluxo está presente na bobina primária do transformador. Para o secundário, depende de quanto o fluxo atinge a bobina secundária. Nem todo o fluxo produzido na bobina primária passa também na bobina secundária pelo fato de algumas linhas de fluxo deixarem o núcleo de ferro através do ar. A fração do fluxo denominada fluxo de dispersão que passa através de uma das bobinas do transformador, mas não passa através da outra. O fluxo na bobina primária do transformador pode assim ser dividido em duas componentes: um fluxo mútuo, que permanece no núcleo e concatena ou enlaça ambos os enrolamentos e um pequeno fluxo de dispersão, que passa através do enrolamento primário mas retorna através do ar, contornando o enrolamento secundário:

$$F_p = F_M + F_{dp} \quad (14)$$

Em que: F_p Fluxo primário médio total F_M Componente do fluxo que concatena mutuamente as bobinas primária e secundária F_{dp} Fluxo de dispersão primário (DP)

Há uma divisão similar de fluxo no enrolamento secundário entre o fluxo mútuo e o fluxo de dispersão, o qual passa através do enrolamento secundário e retorna através do ar, contornando o enrolamento primário:

$$F_s = F_M + F_{ds} \quad (15)$$

Em que: F_s Fluxo secundário médio total F_M Componente do fluxo que concatena mutuamente as bobinas primária e secundária F_{ds} Fluxo de dispersão secundário (ds)

Com a divisão do fluxo primário médio em componentes de fluxos mútuo e de dispersão, a lei de Faraday para o circuito primário pode ser expressa de outro modo como:

$$V_p = N_p \frac{dF_s}{dt} \quad (16)$$

$$= N_s dF_m dt + N_s dF \frac{dp}{dt} \quad (17)$$

$$= e_s + e D_s \quad (18)$$

O primeiro termo dessa expressão pode ser denominado e_p e o segundo termo pode ser denominado $e D_p$. Assim sendo:

$$V_p = e_p + e D_p \quad (19)$$

A tensão na bobina secundária do transformador também pode ser expressa a partir da lei de Faraday:

$$V_s = N_p \frac{dF_p}{dt} + N_p \frac{dF_m}{dt} + N_p \frac{dF D_p}{dt} \quad (20)$$

Para as tensões primária e secundária devido ao fluxo mútuo:

$$e_p = N_p \frac{dF_m}{dt} \quad (21)$$

$$e_s = N_s \frac{dF_m}{dt} \quad (22)$$

Observa-se duas relações:

$$\frac{e_p}{N_p} = \frac{dF_m}{dt} = \frac{e_s}{N_s} \quad (23)$$

Portanto,

$$\frac{e_p}{e_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \quad (24)$$

Esta equação representa a razão entre a tensão primária e a tensão secundária, pelo fluxo mútuo, é igual à relação de espiras do transformador. Como em um transformador bem projetado, temos que $F_M \gg F_{DP}$ e $F_M \gg F_{DS}$, então a razão entre a tensão total do primário de um transformador e a tensão total no secundário de um transformador é:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \quad (25)$$

Para tal, concluímos que quanto menores forem os fluxos de dispersão de um transformador, mais próxima estará a razão entre as tensões totais desse transformador com a razão de um transformador ideal. **Histerese** Quando o campo magnético aplicado num material ferromagnético for aumentado até a saturação e em seguida for diminuído, a densidade de fluxo não diminui tão rapidamente quanto o campo. Dessa forma quando o campo chega a zero, ainda existe uma densidade de fluxo remanescente. Para que o campo magnético chegue a zero, é necessário aplicar um campo negativo, chamado de força coercitiva. Se o campo continuar aumentando no sentido negativo, o material é magnetizado com polaridade oposta. Desse modo, a magnetização inicialmente será fácil, até quando se aproxima da saturação, passando a ser difícil. A redução do campo novamente a zero deixa uma densidade de fluxo remanescente, e para reduzir a zero, deve-se aplicar uma força coercitiva no sentido positivo. Aumentando-se mais ainda o campo, o material fica novamente saturado, com a polaridade inicial. Esse fenômeno que causa o atraso entre densidade de fluxo e campo magnético é chamado de histerese magnética, enquanto que o ciclo traçado pela curva de magnetização é chamado de ciclo de histerese. Exemplo de histerese com metais

Quando o ferro não está magnetizado, seus domínios magnéticos estão dispostos de maneira desordenada e aleatória. Porém, ao aplicar uma força magnetizante, os domínios

se alinham com o campo aplicado. Se invertemos o sentido do campo, os domínios também inverterão sua orientação. Num transformador, o campo magnético muda de sentido muitas vezes por segundo, de acordo com o sinal alternado aplicado. E o mesmo ocorre com os domínios do material do núcleo. Ao inverter sua orientação, os domínios precisam superar o atrito e a inércia. Ao fazer isso, dissipam uma certa quantidade de potência na forma de calor, que é chamada de perda por histerese. Em determinados materiais, a perda por histerese é muito grande. O ferro doce é um exemplo. Já no aço, esse tipo de perda é menor. Por isso, alguns transformadores de grande potência utilizam um tipo de liga especial de ferro-silício, que apresenta uma perda por histerese reduzida.

Características de trabalho

O transformador será construído com chapas laminadas de aço na dimensão de 12 x 12 cm justapostas uma a outra com seus enrolamentos primário e secundário de 1 para 10 espiras respectivamente. Para realizar as medidas serão colocados dois voltímetros em cada enrolamento com intuito de medir a tensão que chega e que sai no transformador. Será instalado também um dispositivo mecânico que ao ser girado convertera a energia mecânica empregada em energia elétrica confirmando as leis da termodinâmica.

Chapman stephen.Fundamentos De Maquinas Eletricas.5 EDICAO.PORTO ALEGRE:MCGRRAW HILL,2013. Pesquisa na internet