

Casos Particulares de Fornos de Indução sem Núcleo Magnético

Manuel Jazelino Costa

Maria Eduarda Vieira da Costa

Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Universidade do Porto

resumo

Nos fornos de indução sem núcleo magnético opera-se, normalmente, com correntes de médias ou de altas frequências. No entanto, existem certos tipos destes fornos que utilizam baixas frequências (50 Hz) no seu funcionamento e outros usam dupla frequência (frequência baixa e média ou alta frequência). Neste artigo justifica-se a razão deste procedimento.

1. Introdução

Os casos particulares de fornos de indução a que se fará referência são os fornos de dupla frequência e os fornos que fazem auto-regulação de temperatura.

2. Fornos de dupla frequência

A potência P_2 desenvolvida no secundário de um forno de indução é dada por

$$P_2 = r_2 \cdot I_2^2$$

sendo r_2 a resistência do secundário e I_2 a intensidade de corrente que atravessa o mesmo secundário.

A potência P_2 pode definir-se, de forma aproximada, em função do fluxo magnético Φ , da f.e.m.

induzida no secundário E_2 e da frequência angular ω da corrente (ou, o que é o mesmo, da frequência) através da relação

$$P_2 = \frac{E_2^2}{r_2} = \frac{\omega^2 \Phi^2}{r_2}$$

A aproximação que se faz, embora grosseira, só será válida no caso da intensidade de corrente secundária estar em fase com a f. e. m. induzida no secundário. O raciocínio que se segue, porém, não é alterado com a aproximação efectuada.

Da expressão de P_2 obtém-se

$$\Phi = \frac{\sqrt{r_2 P_2}}{\omega}$$

As forças electrodinâmicas, que provocam a agitação nos fornos de indução, são, como se sabe, as forças de repulsão entre as correntes indutora e induzida e as

forças de atracção mútua entre correntes secundárias paralelas.

Como estas forças electrodinâmicas são proporcionais à indução magnética ou, o que é o mesmo, ao fluxo magnético Φ , elas serão tanto maiores quanto maior for Φ . Daqui conclui-se que a agitação do banho é tanto maior quanto menor for a frequência, o que é comprovado experimentalmente.

Assim sendo, para que o banho seja agitado de forma conveniente, é preciso usar uma frequência baixa, o que origina uma diminuição da velocidade da máquina geradora e, portanto, da potência aplicada, o que pode ocasionar uma fusão deficiente do metal a tratar.

Este inconveniente pode ser resolvido com a utilização de fornos de dupla frequência. Nestes fornos, o enrolamento indutor (primário) é subdividido, sendo alimentado simultaneamente por uma corrente de baixa frequência,

destinada à agitação do banho, e por uma corrente de média frequência, para a fusão do material.

3. Fornos auto-reguladores de temperatura

Entre os fornos auto-reguladores de temperatura encontram-se o forno de cadinho magnético e o de mufla ferromagnética.

Pela lei de Hopkinson, verifica-se

$$\Phi \cdot R = F$$

Como a permeabilidade m do ferro é elevada, a relutância R é pequena e então, para uma dada f.m.m. F , o fluxo Φ é elevado. Assim sendo, torna-se possível usar para a fusão do metal a frequência de 50 Hz.

No funcionamento do forno de indução de cadinho de ferro utiliza-se, então, a frequência de 50 Hz. Por isso, o forno é ligado directamente à rede.

O enrolamento primário é percorrido por corrente alternada, que induzirá correntes no secundário e consequentemente o seu aquecimento.

Como os metais ferro-magnéticos, ao atingirem a temperatura correspondente ao seu ponto de Curie, perdem as suas propriedades magnéticas, a permeabilidade magnética diminui de forma considerável e, assim, a intensidade das correntes indu-

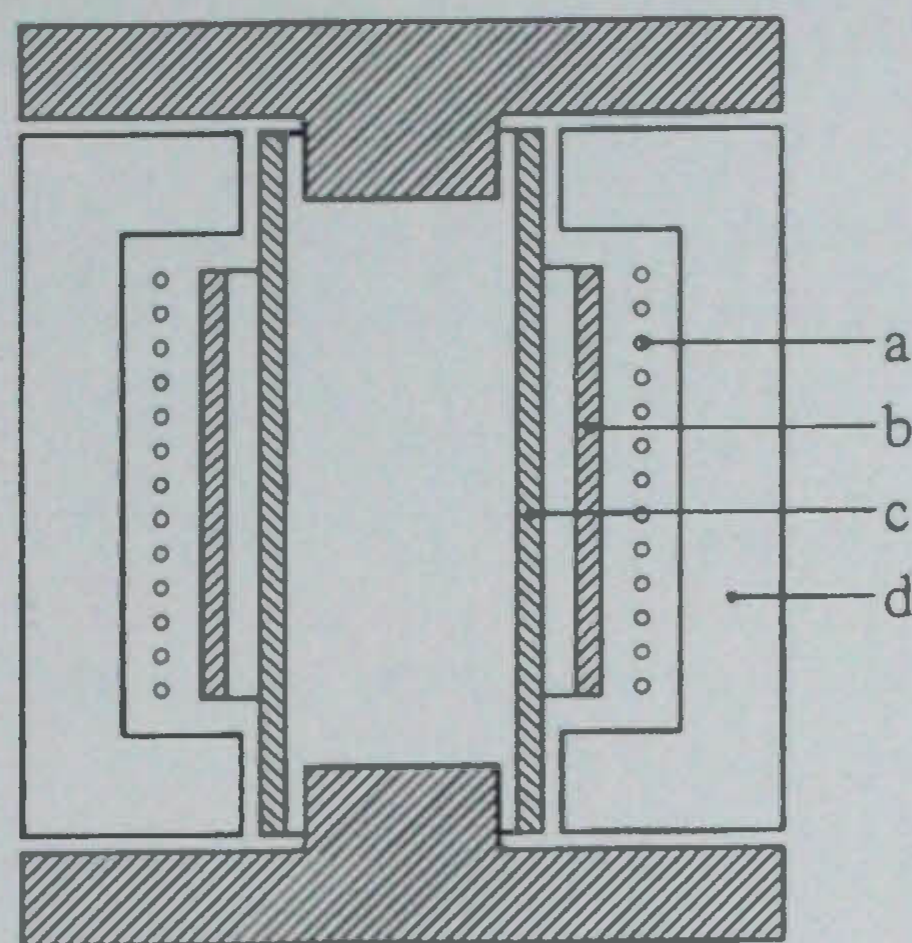


Fig.1 - Esquema de um forno de mufla ferromagnética
a - enrolamento primário
b - secundário
c - mufla ferromagnética
d - chapas de material magnético

zidas no secundário deixa de aumentar, bem como o calor libertado neste.

Poder-se-ia pensar que se o calor libertado no secundário não aumenta, ele poderia diminuir. Mas isso não acontece porque, se assim fosse, a permeabilidade magnética do ferro voltaria a aumentar, retomaria o valor inicial, verificando-se novamente um aumento de aquecimento. A temperatura do forno mantém-se entre limites reduzidos, conseguindo-se deste modo a sua auto-regulação.

O cadinho de ferro origina um aumento da reactância do secundário, a que corresponderá um baixo factor de potência. É, por isso, necessário prever a sua

compensação por meio de condensadores.

Para ampliar o campo de aplicação destes fornos, procurou-se aumentar a gama de temperaturas de auto-regulação conseguida. Daí, o aparecimento do forno de mufla ferromagnética, que se representa esquematicamente na figura 1.

O enrolamento primário é alimentado por corrente alternada de frequência industrial (50 Hz) e o secundário é um cilindro oco de aço ou níquel, no interior do qual se coloca a mufla ferromagnética. As chapas de material magnético evitam a dispersão do fluxo indutor.

O princípio de funcionamento deste tipo de forno é análogo ao forno de cadinho magnético. Neste caso, o secundário mantém-se à temperatura do ponto de Curie do material que constitui a mufla ferromagnética.

Referências Bibliográficas

- [1] M. Orfeuil, *Electrothermie Industrielle — Fours et Equipements Thermiques Électriques Industriels*, Dunod.
- [2] V. Paschkis, *Les Fours Électriques Industriels* vol. 2, Dunod.
- [3] F. Lauster, *Manuel d'Electrothermie Industrielle*, Dunod.

Renove a sua Assinatura no ano 2001
Envie cheque ou vale de correio
à Redacção: 6000\$00 (c/ IVA)