



bilkon'91

**Bilkent Üniversitesi
Elektrik-Elektronik
ve
Bilgisayar Mühendisliği
Konferansı**

Bildiriler

IEEE

Bilkent Üniversitesi Öğrenci Kolu

15-16 Temmuz 1991

**Bilkent Üniversitesi
ANKARA**

DAVETLİ BİLDİRİLER

Dünyada ve Türkiye'de bilim ve teknoloji <i>Canan Tokar</i>	2
Evrensel Kişisel iletişim <i>Yurdakul Ceyhan</i>	18
Elektromanyetik alanın evrensel başlangıç ve sınır koşulları <i>Mithat İdemem</i>	23
Kontrol kuramı: nereden nereye? <i>Kemal İnan</i>	27
Bilgisayar grafiği eğitim ve araştırması üzerine düşünceler <i>Bülent Özgüç</i>	32
Görüntü dizisi işleme <i>A. Murat Tekalp ve Mehmet K. Özkan</i>	33
Öğrenme ve sınıflandırmada nöron ağları <i>Neşe Yalabık</i>	44
Aşırı hız altında oluşan şuur kaybının elektro-ansefalogram sinyalleri ile önceden saptanması <i>Fatoş Tünay Yarman-Vural</i>	45

BİLDİRİLER

YÜKSEK GERİLİM VE ENERJİ SİSTEMLERİ

Dinamik programlama yaklaşımı ile kısa dönem ünite tahsisi <i>Erhan Gökçay ve Neziğ Güven</i>	63
Hızlı ayrıştırılmış yük akış modelinin vektör bilgisayarında uygulanması <i>Serdar Hızıroğlu, Neziğ Güven ve Cevdet Aykanat</i>	67
Güç sistemleri analizleri için tek hat şeması çiziminde otomatik izleme algoritması <i>Cengiz Kırıştioğlu ve İsmet Erkmen</i>	71
Düğüen alanda yüksek basınçta elektrot yüzey pürüzlülüğüünün havanın delinme dayanımına etkisi <i>Can Yenidoğan ve Özcan Kalenderli</i>	76

ELEKTRİK MAKİNALARI

Alçak frekanslı indüksiyon fırınları <i>H. Murat Ünver</i>	80
Asenkron motorların denetiminde akım ve gerilim ölçümüyle alan yönlendirme için bir yöntem <i>Erhan Akın, H. Bülent Ertan ve Yıldırım Üçtuğ</i>	84
Asenkron motor giriş gücünün optimal voltaj/frekans kontrolü ile azaltılması <i>İsmail H. Altaş ve Adel M. Sharaf</i>	88

ALÇAK FREKANSLI İNDÜKSİYON FIRINLARI

Halil Murat Ünver

K.T.Ü. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080 Trabzon

Özet. Metalurji sektöründe malzemelerin tavlama ve ergitilmesi için kullanılan, bu alanda üstünlükleriyle geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet veren alçak frekanslı indüksiyon fırınları elektriksel ünitelerinin tasarımı açısından ele alınmıştır. Başlıca, indüktör, şok (balans) bobini, rezonans kondansatörleri ve güç kaynağı olarak kullanılacak ototransformatörünün hesap yöntemlerini içermektedir. Üretimi—ülkemizde gerçekleştirilen indüksiyon fırınlarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda, üretim teknolojisine uygun şekilde düzenlenmiş formüller verilmiştir.

1. Giriş

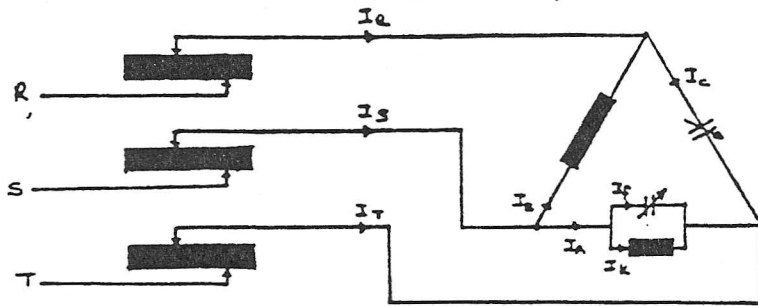
İndüksiyon ilkesinden yararlanılarak gerçekleştirilen indüksiyon fırınları kullanım yerlerine göre çeşitlilikler göstermektedir. Kısaca şöyle gruplandırılabilir;

- Yapılarına göre; Nüveli ve nüvesiz fırınlar,
- Çalışma frekanslarına göre; Alçak, orta ve yüksek frekanslı fırınlar,
- Amaçlarına göre; Ergitme, bekletme ve tavlama fırınları.
- Malzeme türüne göre; Demir için ve demir olmayan metaller için üretilen fırınlar,

İndüksiyon fırınları, malzemenin işlenmesi sırasında kalitenin bozulmaması, kumanda ve kontrolünün kolay olması, ilk tesis maliyetinin yanısıra enerji tüketiminin düşük olması nedeniyle metalurji sanayinde tercih edilmektedir. [1]

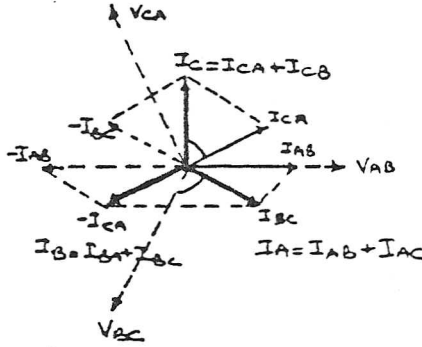
İndüksiyon fırınlarının tasarımı malzemenin özelliklerine, tesisin yapısına ve kullanıcının özel isteklerine göre yapılmaktadır. Alçak frekanslı (50 Hz) indüksiyon fırınlarının (AFİF) üretimi çok üstün teknoloji istememekte fakat özellikle iyi bir sargı izolasyonu sağlamak için hassas işçilik ve özel teknikler gerektirmektedir.

AFİF'nin şebeke bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. AFİF'nin bağlantı şeması

Şekil 2'de güç faktörünün %100 ($\cos\phi=1$) olduğu durumdaki (Şekil 1'de verilen bağlantı şeması için) fazör diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2 AFİF'nin fazör diyagramı

Güç faktörünün %100 olabilmesi için;

$$I_c = I_b = 0,577 \cdot I_a \quad [A] \quad (1)$$

olması gerekmektedir. Bu orana dikkat edilmezse sistemde dengesizlikler ortaya çıkacaktır.

İndüksiyon fırınlarının parametreleriyle devre elemanlarının tasarım yöntemleri aşağıda daha yakından incelenmiştir.

2.İndüktör Tasarımı

İndüktör tasarımında işleme derinliği (δ) önemli rol oynamaktadır. AFİF'nda işleme derinliğinden dolayı ergitme ve tavlama belirli bir malzeme veya pota çapının altına inilememektedir. Bununla birlikte orta ve yüksek frekanslı indüksiyon fırınlarının güç kaynağı tasarımı işleme derinliği aracılığıyla küçük çaplı malzemelerin yüzey sertleştirme, tavlama veya ergitilmesi için gerekli güç kaynağı çalışma frekansının elde edilmesiyle yapılabilir. Dalma derinliği aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir [2];

$$\delta = 50,3 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot \omega}} \quad [cm] \quad (2)$$

Kullanıcının verdiği şartlar altında (tavlanacak malzeme veya erime potasının çapı) işleme derinliği, d çap olmak üzere;

$$\delta = 0,25 \cdot d \quad [cm] \quad (3)$$

oranını aşmaması gerekmektedir. Aksi takdirde malzeme özgül direncinin sıcaklıkla artmasıyla birlikte işleme derinliğide artacak magnetik girinim meydana gelecektir [3].

İşleme derinliğinin incelenmesinden sonra indüktörün fiziksel değer hesabına geçilebilir. Öncelikle malzemenin ulaşması istenen sıcaklık göz önüne alınarak malzemeye uygulanacak ısı kalori cinsinden bulunur, bunun ardından ısı enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi suretiyle 1 saatte verilecek

enerji watt-saat olarak tespit edilmiş demektir. İndüktörün, indüktansı;

$$L = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-8} \cdot k \cdot n \cdot \frac{S}{l} \quad [H] \quad (4)$$

formülü ile elde edilebilir. Formüldeki k çarpanı bobin çapı/bobin boyu (d/l) oranına bağlı Nagaoka katsayısıdır [4].

İndüktör reaktansının ve çektiği akımın (Ik) hesaplanmasıyla indüktörün iletken kesiti $j=12,5 \text{ A/mm}^2$ 'yi şekilde belirlenir. Ik akımının hesabı;

$$Q = U \cdot I_k \quad [VAR] \quad (5)$$

eşitliği kullanılarak reaktif güce buradan da indüktörü rezonansa getirecek kapasite değerine;

$$Q = C \cdot U \cdot \omega^2 \quad [VAR] \quad (6)$$

ifadesinden çekerek ulaşmamızı sağlar.

IA akımı ise daha önce watt-saat cinsinden bulunan güçten faydalanılarak aşağıdaki bağıntıdan elde edilebilir [4].

$$I_A = P_i / U \quad [A] \quad (7)$$

Bu aşamadan sonra şok bobini tasarımına geçilebilir.

3. Şok (Balans) Bobininin Tasarımı

Şok bobininden geçen akım (1) eşitliğinden elde edilecektir. Reaktif güç eşitliklerinden (8) şok bobinin endüktans değeri elde edilebilir.

$$Q = U \cdot I_c = \omega \cdot L_s \cdot I_c^2 \quad [VAR] \quad (8)$$

$$L_s = \frac{A_{fe} \cdot \pi \cdot n \cdot 10^{-8}}{0,2 \cdot l_a} \quad [H] \quad (9)$$

(9) eşitliği kullanılarak, şok bobininin bacak kesiti (Afe) ve hava aralığı (la) isteğe bağlı olarak seçilir. Buradan da şok bobinin sarım sayısı (n) çekilerek bulunur.

Rezonans kondansatörlerinin değeri ise (8) eşitliği kullanılmak üzere (6)'dan faydalanılarak bulunabilir [4]. Yukarıda geçen değişken ve parametreler, şekil 1'de gösterilmiştir

4. Ototransformatör Tasarımı

Ergitme veya tavlama süresi, güçle ters orantılıdır. Güç transformatörünün gerilim kademesi değiştirilerek ayarlanabilir. Transformatörün tasarımında indüktörden çekilecek

maksimum güç göz önüne alınacaktır. Ara güç kademeleri, dolayısıyla ara gerilim kademeleri transformatör dönüşüm oranı ile bulunabilir.

Transformatör gücü VA cinsinden elde edildikten sonra sekonder akımı bulunur, buradan magnetik enerji transferi ve bacak kesiti;

$$S = \text{Cos}\phi \cdot P_i \quad [\text{VA}] \quad (10)$$

$$S_t = U \cdot (I_1 - I_2) \quad [\text{VA}] \quad (11)$$

$$A_{fe} = c \cdot \sqrt{0,67 \cdot S_t} \quad [\text{cm}] \quad (12)$$

formülleriyle bulunabilir (kabarma katsayısı $c=0,95$). Birincil ve ikincil yana ilişkin sarım sayıları ise aşağıdaki eşitlikten bulunabilir [4].

$$N = \frac{U}{4,44 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot f \cdot B \cdot A_{fe}} \quad [\text{Volt}] \quad (13)$$

5. Sonuç

Bu bildiride, AFİF'nin tasarım yöntemi ana hatlarıyla tanımlanmıştır. AFİF'nin tasarımında en önemli kısım indüktör değerlerinin hesabıdır. Malzemeye verilecek ısı, güç cinsinden elde edildikten sonra endüktans (4), akım ve iletken kesiti tespit edilir. Reaktif güçten gidilerek rezonans kapasitelerinin değeri bulunur.

Şok bobini (1) dikkate alınarak, reaktif güç eşitliği (8) kullanılmasıyla şok bobininin endüktansı ve (6) nolu eşitlikten rezonans kondansatörlerinin değerleri elde edilir.

Ototransformatörün hesabı ise çekilecek güçten (10) yararlanılarak magnetik enerji transferinin elde edilmesi (11), bacak kesitinin bulunması (12) ve sarım sayısının (13) belenmesinden ibarettir. Gerilim kademeleri transformatör dönüşüm oranları faydalanılarak tespit edilir.

Referanslar

- [1] İ. Muzaffer Ünver, "Hat Frekanslı İndüksiyon Fırınlarının İmal Teknolojisi", *Teknoloji 1. Milli Kongresi 1984, Ankara.*
- [2] Ümit Sayan, "Asit Astar ve Mito-Silikanın Türkiye Uygulamaları", *Mito Mineral Tozları San. ve Tic Ltd. Sti.*
- [3] Herne N. Grulke, *Compact Billet Heaters, Brown Boveri & Cie Aktiengesellschaft Mannheim, Publication No: DI90267E*
- [4] H. Murat Ünver, "İndüksiyon Fırınları ve Alçak Frekanslı İndüksiyon Fırınlarının Tasarımı", Bitirme Ödevi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 1991, Trabzon.*