

ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNİN BÜYÜK HIZLARA ULAŞMASIYLA YENİDEN DEĞER KAZANAN DOĞRUSAL MOTORUN ÖNEMİ VE YAPISI

atıf ural

ÖZET

Bu yazıda? elektrikli ulaşım sistemlerinin büyük hızlara ulaşması nedeniyle doğrusal elektrik motorlarının önemi ve türleri kısaca anlatılmıştır.

SIMMARY

in this article because the electrical transportation systems have obtained very high speeds, the importance and the types of linear electric motor s are briefly explained.

UDK: 621.333 : 621.313.282

1. GİRİŞ

Son zamanlarda elektrikli ulaşım sistemlerinde büyük hızlara erişildiğinden, 20. yüzyılın başlangıcından beri bilinen fakat pek kullanılmayan doğrusal (lineer) motor yeniden değer kazanmış ve üzerinde en çok tartışılan bir elektrikli tahrik ögesi olmuştur. Bu bakımdan teknik yazında "elektrikli doğrusal motorlar"la ilgili kaynaklar oldukça sınırlıdır ve bu konuda yazılanlar genellikle birbirini tamamlayıcı niteliktedirler. "Elektrikli cer" in kapsamına da giren doğrusal motor ile ilgili bu çalışma iki bölümü içermektedir. Birinci bölümde "doğrusal motorun yapısı", ikinci bölümde de "çalışma ilkeleri, nitelikleri ve kullanıldıkları yerler" incelenmektedir. Bu incelemenin sonucunda, doğrusal motorun, elektrikli ulaşım sistemleri ve genel olarak elektrikli cer alanında çok önemli bir buluş olduğu görülecektir. Gün geçtikçe güçleşen ulaşım sorunlarını çözmeye bugün üzerinde ortaklaşa çalışmalar yapılan alışılmış (konvansiyonel) olmayan elektrikli uzak ve yakın mesafe ulaşım sistemlerinin (örneğin; transrapid, transurban, H-Bahn vb.) geliştirilmesinde, büyük ulaşım güçlerine erişilmesinde "doğrusal motor" en önemli ögedir (1).

Atıf Ural, Doç.Dr., İTÜ Elk.Fak.

2. DOĞRUSAL MOTORUN ÖNEMİ

Elektrikle tahrikte, elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümü dönme hareketi yapan elektrik motorları yardımıyla gerçekleştirilir. Oysaki tahrik tekniğinde genellikle doğrusal hareketlerle karşılaşılır. Bu durumlarda, motorun milinden alınan mekanik güç tahrik kuvveti olarak, elektrikle tahrik sistemini oluşturan motor ve iş makinesi arasına konulan ara öğeler ile (örneğin; dişli takımı, tambur vb.) doğrusal harekete dönüştürülür. "Doğrusal hareketi yapabilecek elektrik motorları gerçekleştirilemez mi?" düşüncesinin sonucunda, elektrik motorunun ürettiği mekanik enerji, bir dönme hareketine gereksinme olmaksızın, doğrusal hareketlerde kullanılabilmiştir. Burada şu soru sorulabilir, niçin doğrusal elektrik motoru, içinde yaşadığımız çağın başlangıcında bilindiği halde bugüne kadar "elektrikle tahrik"te ve özellikle "elektrikli cer"de çok dar bir alanda kullanılmıştır? Bunun çeşitli nedenleri vardır, bunlar da özet olarak şöyle sıralanabilir (2):

1. Kuvvet ve hız ayarı olanağının sınırlılığı.
2. Dişli takımı ve tekerlek düzenli dönen motorlu tahrik sistemlerinin yerine başkasının konulmasına gerek olmaması.
3. Elektrikli cer tekniğinde; tekerlek ile ray arasındaki sürtünme katsayısı ve bununla ilgili düzen nedeniyle, ancak 300 km/s'lik hızlara erişilmesi ve bunun da bu zamana kadar yeterli olması.

Daha iyi teknik çözümlere kavuşabilme çabası yeni teknik düzenlerin araştırılmasını gerektirir. Bu nedenle doğrusal hareketleri gerçekleştirmede yeniden doğrusal motora dönülmüştür. Modern ayar tekniği ve güç elektroniği bugün bize tümleşik (entegre) devreler ve tristorlar ile çok güçlü ve az yer tutan devre öğelerini verebilmektedir. Böylece denetim tekniğinin zorluklarının büyük bir bölümü ortadan kaldırılabilir. Elektrikli çerdeki artan hızlar nedeniyle, daha büyük güçlerin yerleştirilmesi gerekmektedir. Bugün 300 km/s* lik hızların üzerinde, saatte 500 km'ye ulaşan hızları gerçekleştirebilecek düzenler üzerinde çalışılmaktadır. "Havali" yada "manyetik yastıklı" elektrikli ulaşım sistemlerine geçildiğinde, kuv-

vet iletiminde pratik olarak en iyi çözümü yalnızca "doğrusal motorlu elektromanyetik sistem" vermektedir. Elektrikle tahrikte de yakın zamana kadar yaklaşık 1 m/sn'lik düşük hızlı ve kesintili yada darbe biçiminde yüksek cer kuvveti gerektiren yerlerde doğrusal motor kullanılmış ve ilerde de kullanılacaktır.

3. DOĞRUSAL MOTORUN YAPISI

Döner elektrik makinelerinin silindir biçimindeki stator ve rotorları eksen doğrultusunda kesilip düzlemsel olarak yayılırsa bir doğrusal elektrik makinesinin genel biçimi elde edilir.

3.1. Doğrusal Motorun Türleri

Döner elektrik motorlarında olduğu gibi bu motorlar da; doğru akım, senkron ve asenkron doğrusal motor olarak üç gruba ayrılırlar.

3.1.1. Doğrusal doğru akım motoru

Bu motorun elektrikli tahrik tekniği yönünden genel olarak bir anlamı yoktur. Yapımı, gerekli akım devresi için masif reaksiyon rayı üzerinde kayan kontaktları gerektirir. Bu ise alçak gerilimli bir işletmenin sorunlarını içermektedir. Dolayısıyla tahrik tekniği yönünden pratik değeri yoktur.

3.1.2. Doğrusal senkron motor

Uyarma sargısı DA ile beslenen bu tür bir motor $\cos^* = 1$ yada aşırı uyarılma olanağı olan bir işletmede ilginç bir elektrikle tahrik ögesidir. Uyarma sargısının primer yada sekonder bölümlerde olmasına göre önemli ayrıcalıklar gösterir. Elektrikli cer işletmesi yönünden düşünüldüğünde, uyarma sargısı primer bölümdedir, ancak bunun da bazı sakıncaları vardır. Ek kısa devre sargıları olmaksızın, yol alma ve hız denetimi için ancak değişken frekanslı bir işletme düşünülebilir.

3.1.3. Doğrusal asenkron motor

Bu tür motor, yapısı yönünden en basit olanıdır, ilke olarak kısa devre rotorlu motora benzer. Ancak mekanik ve elektriksel yönlerden önemli ayrıcalıklar gösterir. Örneğin, döner elektrik makinelerinde mekanik bakımdan ortaya konulan rotorun maksimum devir sayısı, temas eden parçaların yıpranması, gürültüler, kuvvet iletim olanakları gibi sınırlamalar burada yoktur. Elektriksel ayrıcalıklar olarak; örneğin, sonlu sargı uzunlukları, hava aralığı büyüklüğü söylenebilir (2).

En çok kullanılan doğrusal asenkron motor olduğundan, bunun en önemli tiplerini bir şekil üzerinde görelim (Şekil 1) (3).

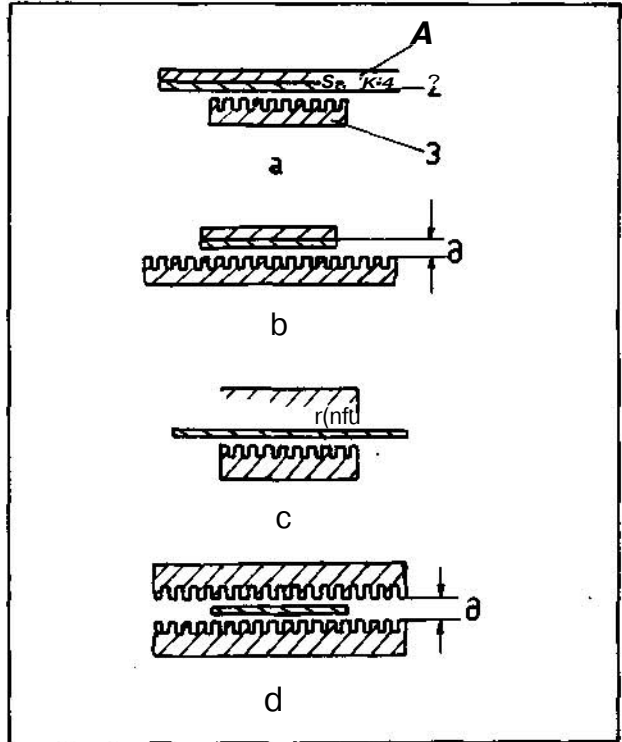
3.2. "Elektrikli Cer" Tekniği Yönünden Doğrusal Senkron ve Asenkron Motorlarının İncelenmesi

Doğrusal motor temel olarak, endüi ve endüktörün büyüklüklerine göre 2 gruba ayrılır; kısa endüili ve kısa endüktörlü. Kısa endüili makinede endüktör uzundur. Reaksiyon rayı (sekonder bölüm) taşıta tutturulmuştur. Bunun yararı taşıtan hafif

yapılabilmesidir; çünkü motorun tümü ve denetim aygıtları artık taşıtta değildir.

Elektrik motoru yoldan beslendiği için artık, elektrik enerjisinin taşıta taşınması sorunu da yoktur. Ancak henüz bu tür enerji taşınması ve yardımcı devrelerin beslenmesi sorunları tam çözülememiştir. Gelişmeler sonucunda bugün çoğunlukla kısa endüktörlü motor kullanılmaktadır, bu türde endüi uzundur ve doğrusal motorun aktif bölümü denetim devresiyle birlikte taşıttadır. Reaksiyon rayı (rotor bölümü) yolun bir bölümüdür. Almanyadaki MBB ve Krauss-Maffei firmalarının yapmış oldukları elektrikli deneme taşıtları bu ilkeye göre çalışırlar. Ayrıca AEG, Siemens ve BBC firmaları da ortaklaşa yürüttükleri tasarımda bunu uygulamaktadırlar (4).

En çok kullanılan doğrusal asenkron motor yapısal olarak, endüi yada endüktörün karşılıklı uzunluk durumlarına yada endüktörün tek yada çift olmasına göre ikiye ayrılmaktadır. Karşılıklı hareket durumları açısından da, endüktörün hareketli yada sabit olmasına göre; hareketli yada sabit endüktörlü tipler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bunlara ilişkin çeşitli örnekler vardır.

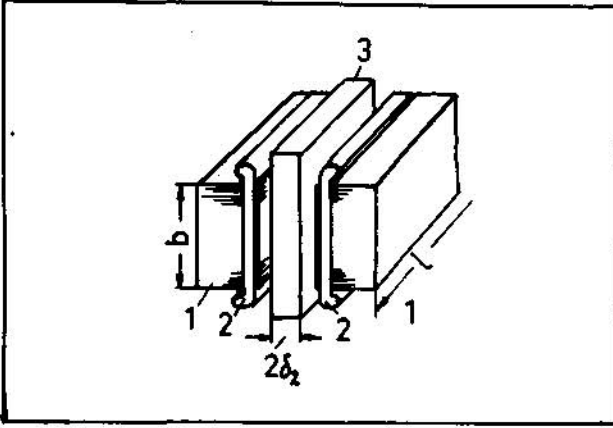


Şekil 1. Doğrusal asenkron motorların türleri

1. Endüi manyetik bölümü
2. Endüi iletken bölümü
3. Sargılı endüktör

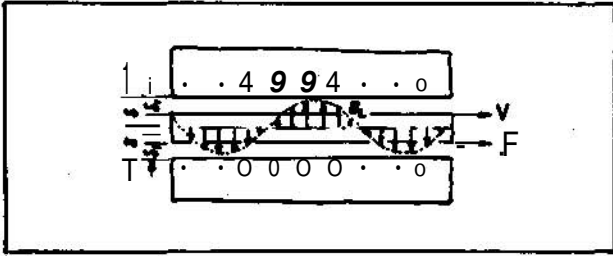
Asenkron doğrusal motorun temel tipleri

- a. Tek taraflı kısa endüktörlü tip
- b. Tek taraflı kısa endüili tip
- c. Çift taraflı kısa endüktörlü tip
- d. Çift taraflı kısa endüili tip



Şekil 2. Doğrusal asenkron motor

1. Endüktör
2. Değişken akım sargıları
3. Endüi (alüminyumdan yapılmış homojen reaksiyon rayı)
- 2S₂. Endüi genişliği



Şekil 3. Doğrusal asenkron motorda endüksiyon dağılımı 6 : Hava aralığı

Doğrusal senkron ve asenkron motorlar arasındaki niteliksel fark; asenkron tipte makinenin alanının sargıların şebekeden çektiği tepkin (reaktif) güç ile oluşturulmasına karşı senkron tipte alanın tümü yada bir bölümü doğru akım ile beslenen uyarma sargısı yardımıyla üretilmesidir. Senkron çalışmada tepkin güç şebekeye geri verilebilir (5).

Doğrusal asenkron motoru bir elektrikli cer, bir de elektrikle tahrik taşıt ögesi olarak inceliyelim. Ele aldığımız doğrusal asenkron motor, değişken akım sargılarını taşıyan çift endüktör ve alüminyumdan yapılmış homojen reaksiyon raylı endüiden oluşuyor (Şekil 2).

Bir değişken akım sargısı, açısal frekanslı bir değişken akım şebekesine bağlanırsa, endüktör aralığında v hızıyla hareket eden bir gezer alan doğar. Belirli bir t zamanı için buna özgü idealize edilmiş B_j, endüksiyon dağılımı Şekil 3'de verilmiştir (5).

Bu gezer alan reaksiyon rayında kısa devre akımları oluşturur, bunlar hava aralığı endüksiyonuyla birlikte reaksiyon rayı üzerine bir F kuvveti uygular, bu da gezer alanın ilerleme yönünde hareket etmeğe çalışır. 2.Jl.b büyüklüğündeki hava aralığı düzeyinin birimi başına oluşturulan kuvvet aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir (5).

$$f = \frac{F}{2.Jl.b} = \frac{1}{2} \cdot B^1 \cdot A^1 \quad (D)$$

Bu bağıntı yazılırken, hava aralığı endüksiyonuyla akım yoğunluğunun ortamda sinuzoidal dağıldığı öngörülmektedir. Burada A akım yoğunluğunu, 1 indisi ise büyüklüğün primer bölüme özgü olduğunu gösteriyor, f kuvveti özgül itme kuvveti olarak da tanımlanabilir. Bu kuvvetin maksimum değeri (4) bazı basitleştirmelerle,

$$f_{\max} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot (A_1^1)^2 \cdot \frac{\tau_p}{\delta} \quad (2)$$

(2) bağıntısıyla verilebilir. Burada A₁¹, primer akım yoğunluğunun şiddeti, τ_p kutup aralığı, δ ise hava aralığıdır. Bu bağıntıya göre, önceden verilen yada sınırlanan bu büyüklüklerle bazı koşullar altında frekans ve gerilime etki ederek f_{max} bulunabilir. Bugünkü teknik koşullarda, τ_p = 50 cm., δ = 5 cm., A₁ = 100 kA/m alınır;

$$f_{\max} = 1N/cm^2 \quad (10 \text{ kN/m}^2) \text{ olur.}$$

Burada B_j ≈ 0,28 T dir (5). Bunlar maksimum değerler olmasına, gerçekte daha küçük değerler elde edilmesine karşın, döner makinelerin verdiği değerlerin yine de ancak yaklaşık Z 25-30'una erişirler, f değerini artırmanın en iyi yolu, A¹τ_p/δ değerini artırmaktır. Hava aralığının azaltılması daha iyi sistemler koyarak gerçekleştirilebilir. Ancak öncelikle akım yoğunluğunun artırılması gerekir, çünkü bu büyüklük karesel olarak artar. Bu ise bir yalıtıklılık ve soğutma sorunudur.

Doğrusal motorun kuramına (teorisine) burada daha fazla girilmeyecektir. Elektrikli çerle ilgili hareket sorunlarına ve uygulamalarına başka yazılarda yer verilecektir. Bundan sonraki yazıda doğrusal motorun çalışma ilkeleri ve nitelikleri genel ve daha açıklamalı olarak belirtilecek ve kullanıldığı yerlere ilişkin örnekler verilecektir.

KAYNAKLAR

- (1) Ural, A., Döç.Dr., Uzak Mesafe Elektrikli Ulaşım Sistemlerinden "Transrapid" Geleceğe Atılış: tempo 500 - t.T.ü.D., Cilt 33., Sayı 1., s.12-19, 1975.
- (2) Huhns, T., G.Kratz, Der Asynchrone Linearmotor als Antriebsselement und Seine Besonderheiten, Heft 7 (A2.Jahrgang 1971), Elektrische Bahnen.
- (3) Schutz., Asynchrone Linearmotören und ihre Anwendungen, Glückauf 1973-
- (4) Ural, A., Doç.Dr., Konvansiyonel Olmayan Ulaşım Sistemleri, Seminer Notları, İ.T.t). Elek.Fak.El.End.Tatb.Kürsüsü, 1972.
- (5) Leitgeb, W., Linearmotoren für Fahrzeugantriebe, Siemens.Z.45 (1971), Beiheft "Bahntechnik", S.177 his 180.
- (6) Rêvue Générale d'Electricité, 1971, Sayı 1-2.