

MAGLEV

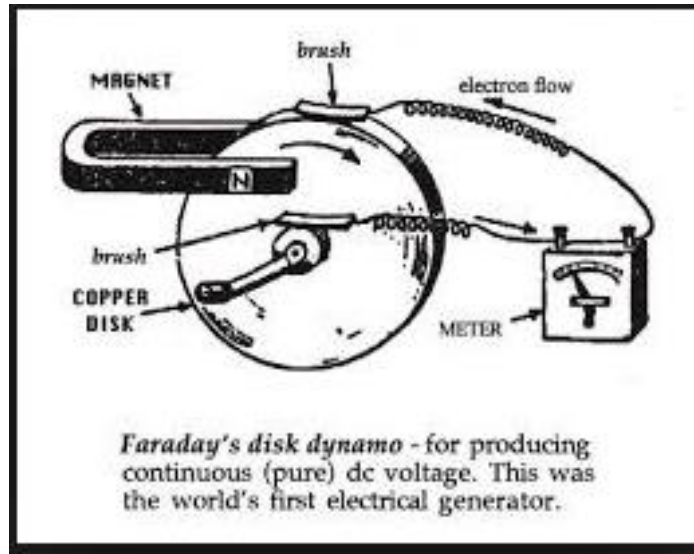
(MAGNETİC LEVITATION)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. Giriş.....	3
2. Lineer Motorlar.....	4
3. Lineer Motorların Sınıflandırılması.....	7
4. Tasarım Faktörleri.....	9
4.1. İyilik Faktörü.....	10
4.2. Hava Aralığı.....	10
4.3. Kutup Aralığı.....	11
4.4. Kutup Sayısı.....	11
5. Lineer Motorların Kullanım Alanları.....	12
6. Maglev (Manyetik Levitasyon).....	13
6.1 Levitasyon.....	13
7. Maglev Trenleri.....	14
8. Maglev Asansörleri.....	19
9. Sonuç.....	21
10. Kaynakça.....	22

1. GİRİŞ

1831 Yılında Michael Faraday U şeklinde bir mıknatıs üzerinde bakır bir diskin döndürülmesi sonucunda bir telde akım aktığını görmüştür. Teknoloji günümüzde birçok alandaki etkisini bu keşfe borçludur. Sonrasında geliştirilen bu sistem lineer motorların temelini oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Faraday'ın disk dinamosu

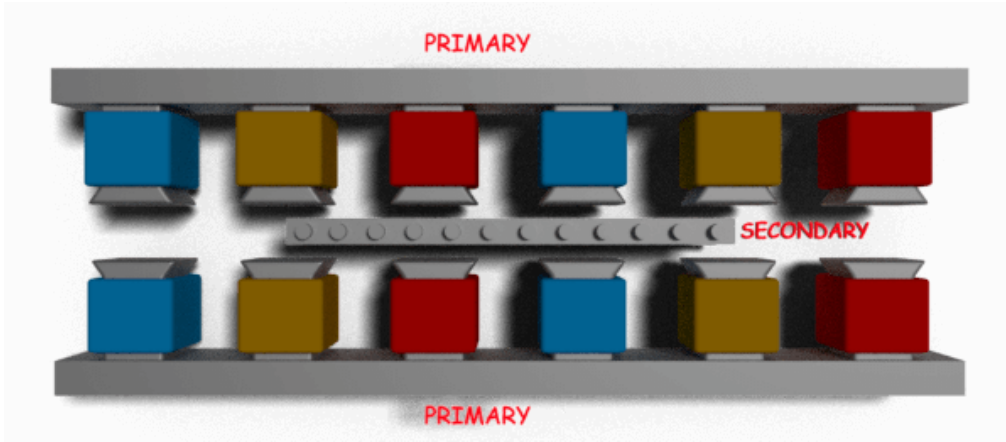
2. Lineer Motorlar

İlk olarak Maglev'in babası olarak bilinen Eric Laitwaite tarafından keşfedilen Lineer motorlar İngiltere'de bir tekstil merkezinde dokuma tezgahının mekiğine doğrusal hareket vermek amacıyla kullanılmıştır.

Günümüz şartlarında Lineer motorların kullanıldığı uygulamalara talep artmaktadır. Bunların nedenleri arasında;

- Çok yüksek ve düşük hızlarda çalışabilme
- Yüksek ivmelenme oranı
- Yüksek hassasiyet
- Hızlı yanıt verme
- Uzun ömür
- Düşük bakım maliyeti

- Daha az hareketli parçanın kullanımı



Şekil 2.1. İki Primerli Lineer Motor

Lineer motorlardan önce tüm doğrusal hareket döner makinalar, kayış dişli, vb. Üzerinden aktarılabiliyordu Lineer motorlarla birlikte doğrusal hareket bu mekanizma olmadan da elde edilebilir oldu.

Mekanik Hareketi dairesel olmayıp, x ve y düzleminde bir vektör yönünde hareket eden motorlar lineer motorlar olarak adlandırılır. Basit olarak ifade edilirse lineer bir motor açılmış bir döner motor ile aynıdır. Rotor ve statorun açılması ile lineer motorun çalışma mantığı gösterilmiştir.

Sonsuz yarıçapa sahip bir döner motor olarak düşünülebilir lineer motorlarda yük doğrudan motora bağlıdır. Mekanik transmisyon bileşenler bulunmadığından düşük eylemsizlik ve düşük gürültüye sahip bir tahrik sistemini oluşturur.

Lineer motorların yapıları döner hareket sağlayan motorların yapılarına benzer. Farklı olarak tahrik miline doğrusal hareket sağlayacak şekilde manyetik alan oluşturur. Bu sayede rotor doğrusal hareket üretir.

İki ayrı tip doğrusal doğrusal motor kavramı geliştirilmiştir. Bunlardan ilki klasik elektrik motoru yapısına benzer yapıda olan Tabular motordur.

Tubular motorda iki parçadan oluşan yapı, entegre yataklama sistemi ve dahili getri besleme gibi çeşitli özellikler bulunur. Rotor etrafına konumlandırılan güçlü mıknatıslar lineer motorun güçlü yapısının temelini oluşturur ve motor gücünü belirleyen önemli bir faktördür

İkincisi ise manyetik alanları tek yüze temas edecek şekilde tasarlanmış olan flat motordur. Yüksek hızlar, hassas pozisyonlama ve sınırsız tork gibi avantajları vardır.



Şekil 2.2. Tabular Motor ve Flat Motor

Lineer motor yapısal olarak, hareket eden ve hareketsiz iki ana parçadan oluşur. Hareketsiz olan kısım stator, hareketli parçada rotor olarak tanımlanır ve rotor statora göre daha küçüktür.

Stator ebatları, statorun hareket alanını belirler. Aralarındaki hareket yatay eksendeki çekme ve itme kuvvetleri ile sağlanır. Rotor ve statora yerleştirilen kalıcı magnet malzemeler ile bu kuvvet elde edilir.

3. Lineer Motorların Sınıflandırılması

Lineer motorları çeşitli parametrelere göre sınıflandırmak mümkündür.

A. Üretilen Kuvvetin Yönüne Göre

- Teğetsel Kuvvet Ağırlıklı Motorlar
- Normal Kuvvet Ağırlıklı Motorlar

Teğetsel kuvvet ağırlıklı motorları öteleme kuvveti ile motor çalışma sistemlerinin doğrusal hareketini sağlarlar. Normal kuvvet ağırlıklı motorlar, kaldırma hareketini sağlar. Uygulamalarda normal kuvvet ağırlıklı motorlar süspansiyon ve kuvvet kaldırma işini yapmaktadır. Hızlı tren örneklerinde normal alan kaldırma işlemini yaparken teğetsel alan hareketi sağlar.

B. Çalışma İlkelerine Göre:

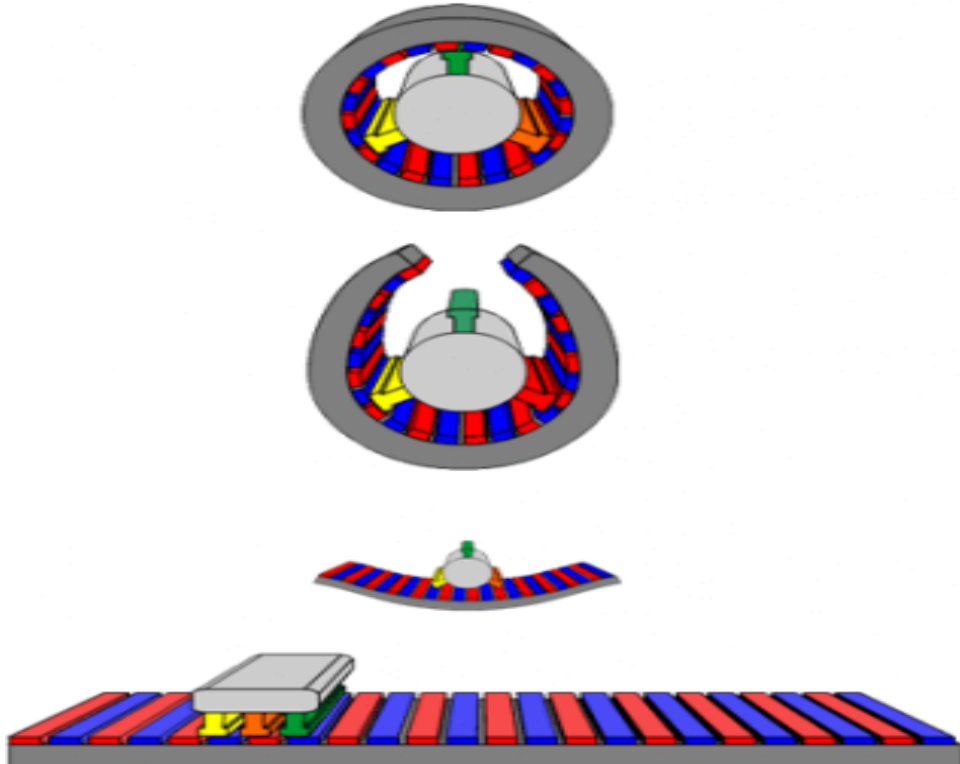
- Doğrusal Hareketli Asenkron Motor (DHAM)
- Doğrusal Hareketli Senkron Motor (DHSM)
- Doğrusal Hareketli DA Motoru (DHDA)
- Doğrusal Hareketli Step Motoru (DHSM)
- Doğrusal Hareketli Osilatör (DHOS)
- Sıvı Sekonder Doğrusal Hareketli Motor
- Magneto Hidrodinamik genaratör

C. Kullanılış Alanına Göre:

- Doğrusal Hareketli Kuvvet Makinası (DHKM)
- Doğrusal Hareketli Enerji Makinesi (DHEM)
- Doğrusal Hareketli Güç Makinesi (DHGM)
- Elektromanyetik Kaldırma ve Asılı Tutma Makinesi

3.1. Senkron Lineer Motor

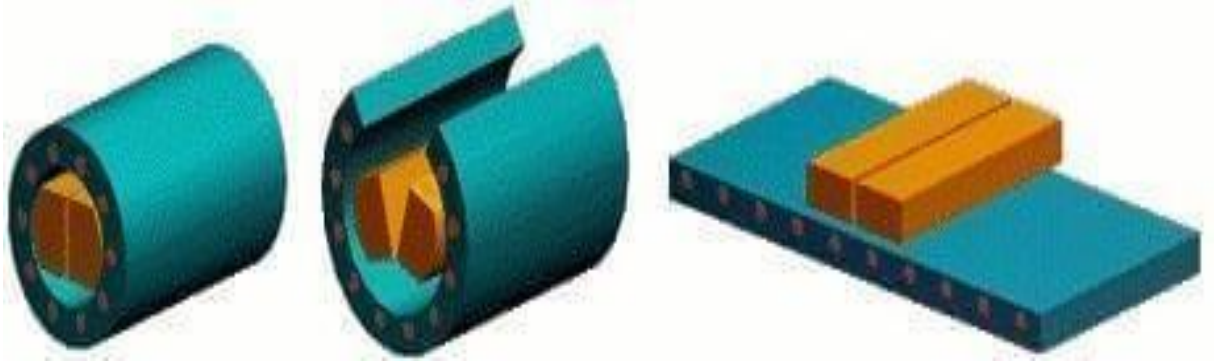
Bu tasarımda, manyetik alanın hareket hızı rotorun hareketini izlemek için, genellikle, elektronik olarak kontrol edilir. Rotor genellikle kalıcı mıknatıslar, ya da yumuşak demir içerir, maliyet nedenleriyle senkron lineer motorlarda nadiren komütatörler kullanır.



Şekil 3.1.1. Senkron Lineer Motor

3.2. Lineer Asenkron Motor

Lineer motor basitçe X-Y düzleminde açılmış indüksiyon motorlarıdır. Alternatif akımla çalışan bir asenkron motor statorunda, dairesel sarılmış bobin kısmı açılarak elde edebileceğimiz bir motor türüdür.



Şekil 3.2.1. Lineer Asenkron Motor

4. Tasarım Faktörleri

Lineer asenkron motor tasarımı yapılırken makine performansını etkileyen faktörler göz önüne alınmalıdır.

Bu tasarım faktörlerinin bazıları şunlardır.

1. İyilik Faktörü
2. Hava Aralığı
3. Kutup Aralığı
4. Kutup Sayısı
5. Lineer Senkron Hız

4.1. İyilik Faktörü

İyilik faktörü, motorun bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştürebilme yeteneğidir. Herhangi bir elektrik motorunun iyi bir motor olması iyilik faktörünün büyük olması gerekir. Elektrik makineleri açısından ise elektrik gücünün manyetik güce dönüştürülmesi olarak ifade edilebilir. Diğer bir ifade ile Manyetik reaktansın ikincil kısım direncine oranıdır.

$$G = \frac{X_m}{R_2} = \frac{2 \cdot f \cdot \tau^2 \cdot \mu \cdot \sigma \cdot d}{\pi \cdot g}$$

G : İyilik Faktörü
 X_m : Manyetik Reaktans
 R₂ : Sekonder Direnci

4.2. Hava Aralığı

Hava aralığı tasarımıda çok önemli yapım büyüklüklerindendir. Motorun çalışacağı sisteme bağlı olduğu için önceden saptanır. Lineer motorlarda hava aralığı klasik elektrik makinelerinden daha büyüktür. Hava aralığı büyük olması demek mıknatıslanma akımının büyük olması demek, bu da güç faktörünün düşmesi anlamına gelir. Çünkü hava aralığının enerjiyi tutma özelliği vardır. Bu özellikten dolayı hava aralığı büyüdükçe kayıplar büyük olacaktır. Hava aralığı büyük olan bir lineer motorda çıkış-uç bölgesindeki kayıplarda büyük olacaktır. Ayrıca çıkış gücünün düşük olacağından verimde düşük olur.

Dolayısıyla tüm bu sonuçları göz önünde bulundurulursa hava aralığını mümkün oldukça küçük tutulmalıdır.

4.3. Kutup Aralığı

Aşağıdaki denklemde kutup aralığının büyütülmesi iyilik faktörünü kutup aralığının karesi kadar büyümesi demektir. İyi bir iyilik faktörü elde etmemiz için kutup aralığının da büyük olması gerekir. Fakat kutup aralığının aşırı büyümesi olumsuz sonuçlar verir. Kutup aralığının artışı LAM'un boyutunda ve ağırlığının artışına sebep olacaktır. Ayrıca kutup aralığının artışı, sargıların bulunduğu alanın da artışına ve verimin düşmesine neden olur.

4.4. Kutup Sayısı

Kutup sayısının artması uç bölgelerde meydana gelen bozucu etkileri düşürür. Çünkü uç bölgelerde meydana gelen bozucu etkiler kutuplar arası paylaşılır ve motorun performansını artırır. Ayrıca öteleme kuvveti çok büyük istenirse kutup sayısı artırılabilir. Dolayısıyla kutup sayısının artırılması LAM tasarımında performans açısından önemlidir.

Etken	Etken Artarsa	Etken Azalırsa
Hava Aralığı	Mıknatıslanma akımı artar Çıkış- uç kayıpları artar	İyilik Faktörü artar Çıkış gücü artar Verim artar
Kutup Aralığı	İyilik faktörü artar Arka demir kalınlığı artar Senkron hız artar	Kutup sayısı artar
Kutup Sayısı	Uç etkileri azalır	İkincil kısım kaçak reaktansı artar
Adım genişliği	Kaçak reaktans artar	Güç artar Verim artar
İkincil Kısım Direnci	Uç etkileri azalır	İyilik Faktörü artar İkincil kısım I_r^2 kayıpları azalır
İkincil Kısım Kalınlığı	İyilik Faktörü artar Başlangıç akımı artar	İkincil kısım kaçak reaktansı artar

Bu Faktörlerin dışında tasarımda göz önüne alınması gereken diğer parametreler ve etkileri çizelgede belirtilmiştir.

5. LİNEER MOTORLARIN KULLANIM ALANLARI

Lineer motor kullanım alanı olarak yüksek, hassasiyet ve yüksek ivme gerektiren alanlarda tercih edilir.

- Tıp Elektronik (Cat- Scan)
- Optik alanda (Gözlük camı ve kontak lenslerin işlemleri)
- DNA/Gen diziliminde (0,1-10 mikron çalışma çözünürlükleri sayesinde)
- Savaş Sanayii
- Otomotiv Sanayi gibi birçok alanda tercih edilmektedir.

Ulaşımında kullanılan Maglev trenleri lineer motorlar ile aynı çalışma prensibinde çalışır ve bir lineer motordur denebilir. Farklı olarak maglev trenlerinde doğal mıknatıs kullanımı yerine düşük sıcaklıklarda süper iletkenler kullanılır.

Maglev asansör uygulamalarında da Lineer motorlar kullanılmaktadır.

6. MAGLEV (MAGNETIC-LEVITATION)

Manyetik kaldırma anlamına gelen MAGLEV ismi , magnetic levitation kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Çalışma prensibini anlayabilmemiz için öncelikle levitasyon işleminin ne olduğu üzerinde duracağız.

6.1. LEVİTASYON (LEVITATION)

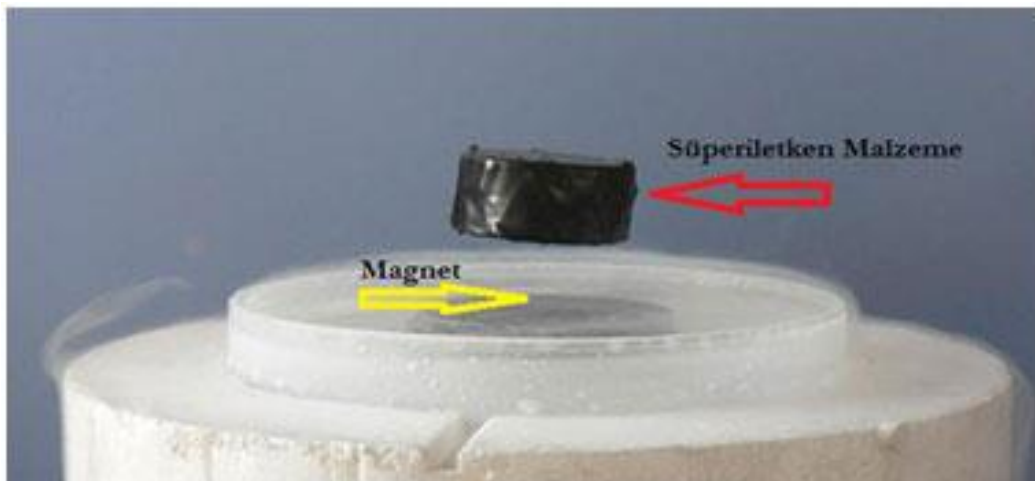
Bildiğimiz gibi temas halinde olan iki nesnenin arasında oluşan ve harekete karşı koyan kuvvete sürtünme kuvveti denir. Hızı maksimum düzeyde tutmamız için istediğimiz yöndeki hareketi engelleyecek en önemli unsur olan sürtünme kuvvetini ortadan kaldırmamız gerekmektedir.

Hızlı trenlerde kullanılan levitasyon yöntemi ile bu sürtünme kuvvetini en aza indirmiş oluyoruz.

Peki nedir bu levitasyon?

Levitasyon işlemi bir cismin herhangi bir mekanik destek olmadan havada dengede kalmasını sağlama işlemidir.

Dolayısıyla akla ilk gelen mıknatıslar oluyor. Alt alta konumlandırılmış iki mıknatıstan biri itme kuvveti yardımıyla mekanik hiçbir destek olmadan diğerinin üzerinde durabilir.



(Şekil 6.1.2)

Powell bu fikri ilk kez, trafikte beklediği bir gün, geleneksel trenden ve arabalardan daha iyi bir ulaşım aracı olması gerektiğinden yola çıkarak buldu. Süper-iletken mıknatıslar kullanarak bir treni havaya kaldırabileceğini düşündü. Süper-iletken mıknatıslar, manyetik alanın gücünü arttırmak kaidesiyle, aşırı derecede düşük sıcaklıklara kadar soğutulan elektro mıknatıslardır.

7. MAGLEV TRENLERİ

Maglev bilinen trenlerin aksine hatta bilinen tüm kara ulaşım araçlarının aksine yerden yüksekte hareket etmektedir. Hareketi basit bir lineer motor mantığıyla sağlamaktadır. Yerden kaldırmasını da mıknatısların çeşitli sistemler (EDS EMS) şeklinde kullanımıyla sağlanmaktadır. Tren tamamen yerden yüksekte olduğundan yer ile olan sürtünme ortadan kalkacağından hareket oldukça rahat ve hızlıdır.



Şekil 7.1. İlk ticari maglev treni 2004'te Şanghay'da

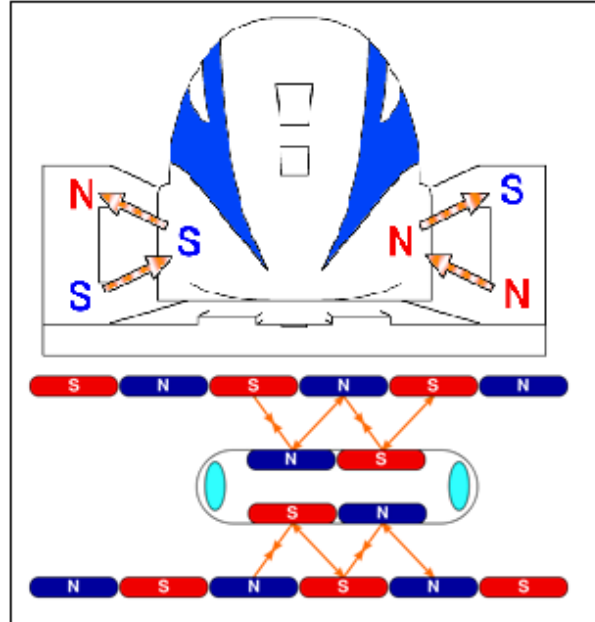
Alt alta konumlandırılmış iki mıknatıstan biri manyetik itme kuvveti ile diğerinin üzerinde hiçbir şeye temas etmeden havada durabilir, bu prensibi maglev treninde kullanılır. Maglev trenleri için özel üretilmiş raylarda da elektromıknatıslar vardır. Bu mıknatıslar ile tren ray üzerinde 1-10 cm yüksekliktedir ve bu şekilde ilerler.

Raylar ile temas etmediği için sürtünme önemli ölçüde azalmıştır. Trenin tasarımı da hava sürtünmesini en aza indirecek şekilde yapılmıştır. Mıknatısların uyguladığı elektro kuvvetle tren raylara değmeden havada asılı kalır ve raydan çıkmaması için trenin alt kısmının tasarımı rayları saracak şekilde tasarlanır.

Kullanılan mıknatıslar, yalıtımı sağlanmış ince kabloların ham demire sarılması ile oluşturulmuş ve kablolardan akım geçirilmesi ile manyetik alan meydana getirirler.

Mıknatıs özelliği elektriğe bağlıdır ve elektrik kesildiği anda mıknatıslık özelliği ortadan kaldırılabilir veya akım artırılarak çekim kuvveti artırılabilir. Akım yönünün kontrolü ile mıknatıs kutupları değiştirilebilir. Elektro mıknatıslar ile trenin ileriye doğru hareketi sağlanır.

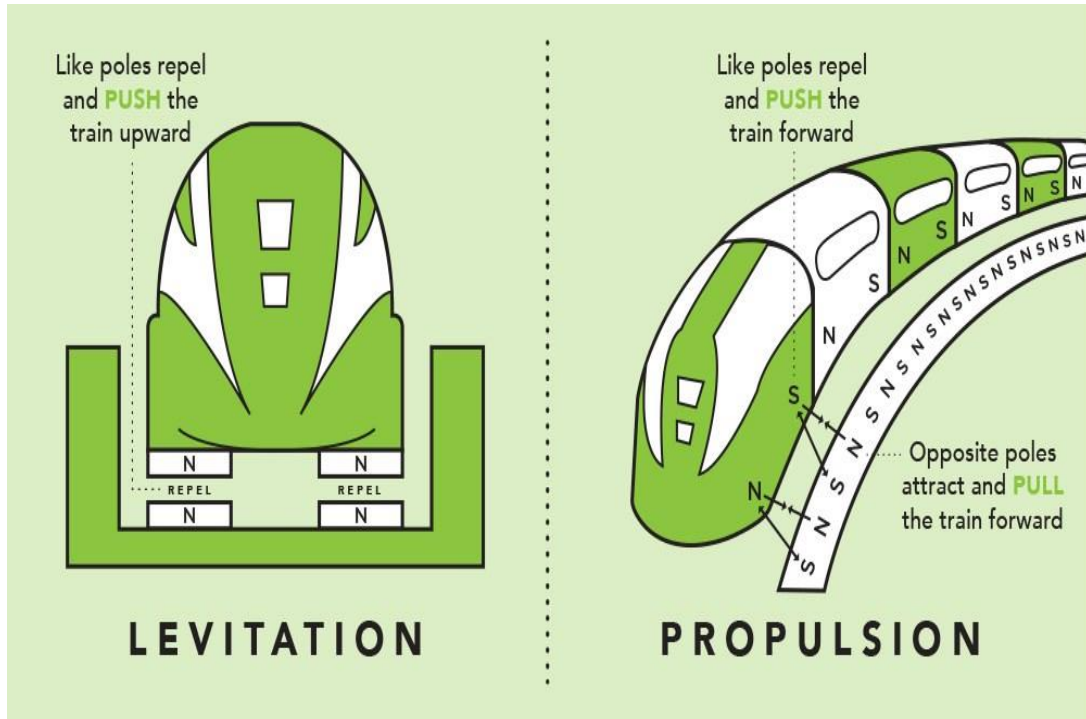
Elektrodinamik süspansiyon (EDS) teknolojisinde kullanılan raylar ile treni, tıpkı lineer motorda olduğu gibi açılmış halde bir elektrik motoru gibi düşünülebilir. EDS teknolojisi ile raylarda bulunan mıknatısların kutupları treni ileri yönde hareket sağlayacak biçimde dinamik olarak değiştirilebilir. Oluşturulan bu değişimler çok hassas sistemlerle trene maximum hızı sağlayacak şekilde kontrol altına alınır. Lineer motorlar prensibinin kullanıldığı düşünülürse ve trenin içinde olduğumuzu düşünürsek. Rayları stator kendimizi de rotor olarak varsayabiliriz.



Şekil 7.2. Maglev tren ve raylar arasındaki manyetik ilişki

Maglev trenlerin altında güçlü mıknatıslar bulunur. Aynı zamanda maglev trenler için özel olarak üretilmiş tren raylarında da elektromıknatıslar bulunur. Bu mıknatıslar sayesinde tren, raylar üzerinde 1-10 cm arasında bir yükseklikte ilerler. Raylarla temas olmadığı için sürtünme büyük ölçüde azaltılmış olur.

Trenin şekli de havayla sürtünmeyi en aza indirecek şekilde tasarlanır. Elektromıknatısların yukarıya doğru uyguladığı elektromanyetik kuvvet sayesinde tren, raylara değmeden havada asılı kalır. Raydan çıkmaması için trenin alt kısmı, rayları saracak şekilde yapılmıştır.



Şekil 7.3. Maglev tren ilerleyişi

(Kaldırma – İtme)

Şekilde de görüleceği üzere Levitasyon yöntemi ile havada asılı kalan tren raylardaki mıknatısların itme-çekme gücü ile doğrusal olarak hareket etmektedir.



Şekil 7.4. Almanya'daki deneysel maglev treni

Maglev treni ve kaldırma hattı. Maglev treninin arka kısmının yakın çekim görüntüsü. Tren, kılavuzunda (gri beton) Lathen, Almanya yakınlarındaki bir test parkurunun sergisinde görülüyor T şeklindeki kılavuz rayda trende bulunan mıknatıslarla iletişime giren elektro mıknatıslar bulunur. Bu manyetik etkileşimler treni, kılavuz yolundan yaklaşık 10mm yukarıda tutar. Kılavuzdaki mıknatıslara verilen güç, daha sonra, treni çeken kılavuz boyunca hareketli bir manyetik alan oluşturmak için değiştirilir.

Transrapid olarak bilinen bu prototip sistemi geleneksel trenlerden çok daha az güç gerektirir ve 165 saniyede 400 km/s hıza kadar hızlanabilir.

8. MAGLEV ASANSÖRLERİ



(Şekil 8.1)

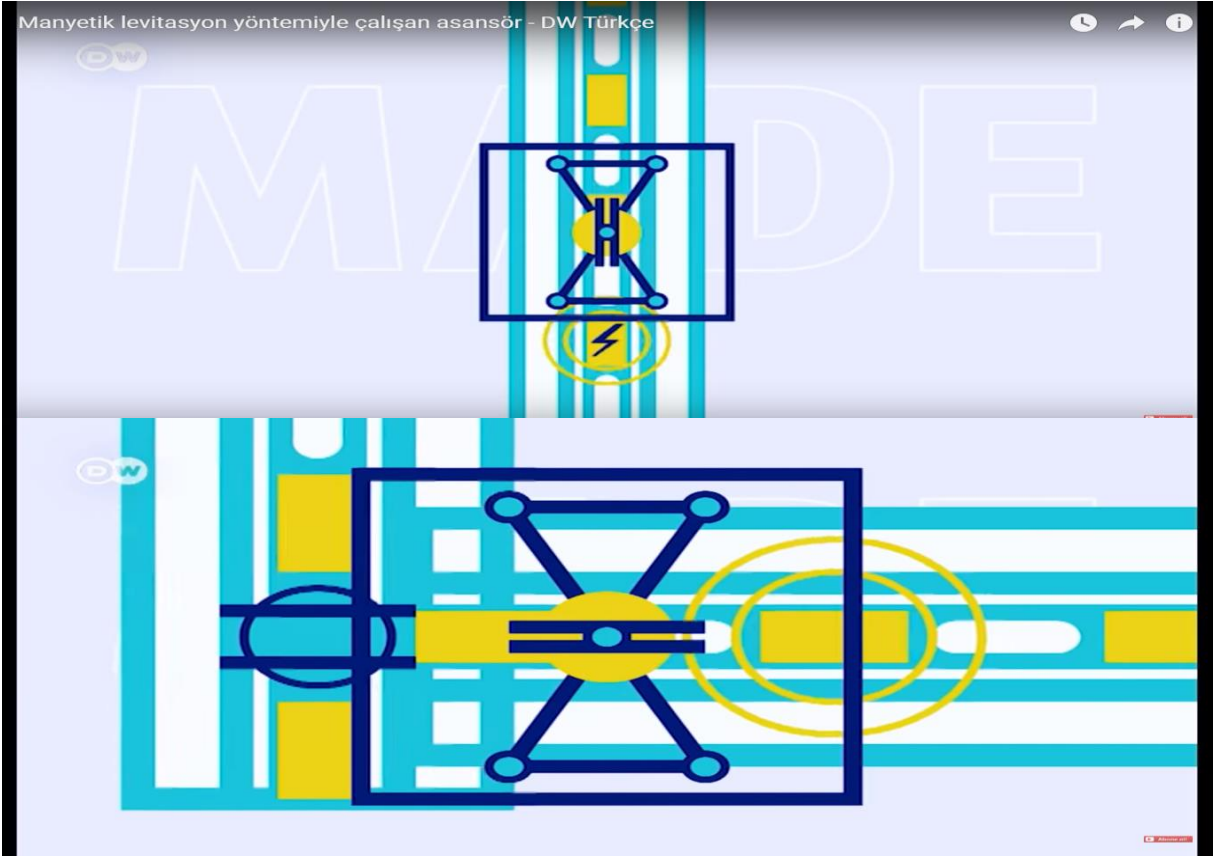
Manyetik kaldırma teknolojisi eski tip bina asansörlerinin çok yönlülükten uzak hareket kabiliyetini değiştirebilir.

İlk olarak Alman mühendislik firması Thyssenkrupp tarafından iki eskenli (yatay ve dikey) hareket kabiliyetine sahip maglev asansör sistemi tasarımı yapılmıştır. İlk prototip Rotwell şehrindeki inşası devam eden 240 m'lik kulede uygulanacaktır.

Yüksek yapılar için verimli ve pratik ulaşım çözümüdür.

90 derece dönebilen manyetik ray sistemi sayesinde yatay ve dikey hareket edebilir.

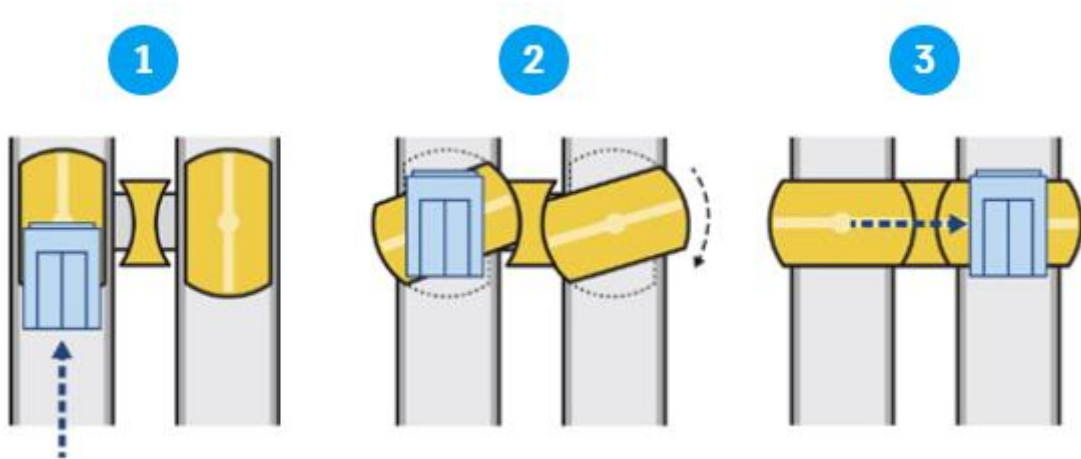
Ve halat kullanılmadığından mesafe sınırı yoktur.

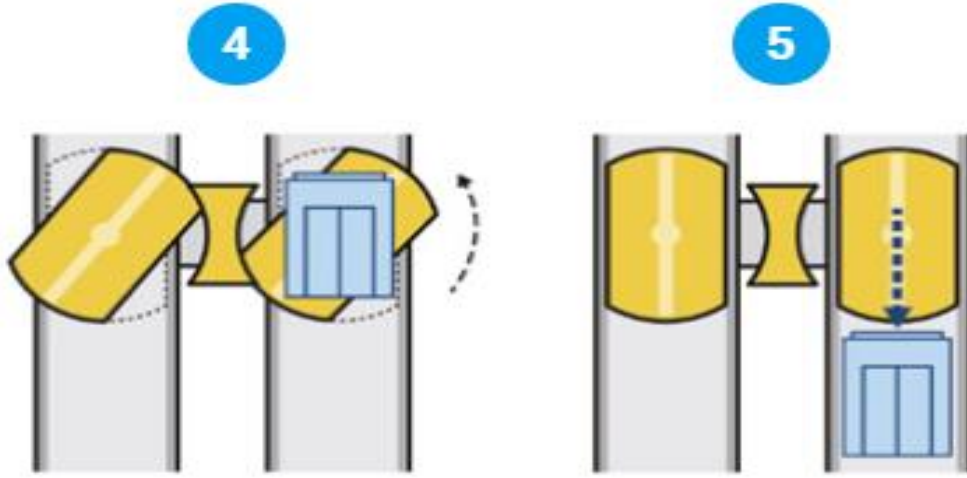


Şekil 8.2. Maglev asansör yatay ilerleyiş

Kılavuz raya sabitlenmiş karkasa monte edilen kabin maglev treninin raylarında bulunan elektro mıknatıslar gibi kılavuz raylarda bulunan elektro mıknatıslarla doğrusal bir hareket sağlamaktadır.

Rayların bağlantı noktalarında bulunan eşanjör raylarının hareketi ile de kabin X ve Y düzleminde hareket edebilmektedir.





9. SONUÇ

Son yıllarda lineer motorlar; çok yüksek ve düşük hızlarda çalışabilme, yüksek hassasiyet, hızlı yanıt verme, uzun ömür, düşük bakım maliyeti, daha az hareketli parça kullanımı, daha hassas konumlandırma ve kompak yapısından kaynaklı mühendislik uygulamalarında tercih edilmektedir.

Bunun nedeni ile lineer motorun sağlamış olduğu avantajlar ve lineer motordan elde edilen doğrusal hareketin, dönel sistemlere eklenen mekanin ara parçalar yardımıyla elde edilen doğrusal harekete kıyasla çok daha hassas, hızlı ve güvenilir oluşudur.

Maglev trenleri yüksek hızda ulaşım sağlayarak insanların hizmetine sunulmuştur.

Lineer motorların uygulama alanlarından olan maglev asansörleri de yeni bir teknoloji olsa da ilerleyen yıllarda daha yaygın ve düşük maliyetlerde uygulanabilir olması ön görülmektedir.

11. KAYNAKÇA

1. <http://oytunyapici.net>
2. <https://en.0wikipedia.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTGluZWZyX21vdG9yI0hpc3Rvcnk>
3. <http://diyot.net/lineer-motor-nedir>
4. B. Süslüoğlu, V.M.Karslı, “Uç Etkili Lineer Asenkron Motorun Matlab/Simulink ile Modellenmesi”, Gaziantep Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
5. İ. Kıyak, “Lineer Elektrik Makinalarında Uç Etkilerinin İncelenmesi”, Marmara Üniversitesi, Elektrik Eğitimi AnaBilim Dalı, Elektrik Eğitimi Programı, Yüksek Lisans Tezi, Syf. 1-45, İstanbul, 2005.
6. O.Gürdal, “Elektrik Makinalarının Tasarımı”, Bursa Orhangazi Üniversitesi Yayınları, Syf.239-270, Bursa, 2015
7. I. Boldea, “ Lineer Electric Machines, Drives and Maglevs Handbook”, Syf. 1-634, Romania, EU.
8. H.A.Toliat, G.B.Kliman, “Handbook of Electric Motors”, Syf.1-754, U.S.A
9. B. Rhoney, C.Zimmer, D. Murr, “Principles of AC, DC, Linear, Step and Servo Motors”, syf.13-15, 2000.
10. J.F.Gieras, Z.J.Piech, B.Tomczuk, “ Linear Synchronous Motors”, syf.1-429, 1999
11. E. Karaçar, “Hidrolik ve Pnömatik’e Alternatif Çözüm; Doğrusal Motorlar” , II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, syf.489-493, 2001.
12. M.E. Çepni, “Lineer Servo Motor ve Kontrolü”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, syf.5-20, 2010.
13. H.U Can, O.T. Balaban, M. Yazgan, F.B. Demirel, “Lineer Motor Tahrikli Süper iletken Tren”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bitirme Çalışması, Trabzon, syf. 10-30, 2012.
14. H.Yaghoubi, “Practical Applications of Magnetic Levitation Technology”, Iran Maglev Technology Final Report, 2012.
15. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/maglev-tren-nedir-/8575#ad-image-0>
16. <http://fizikakademisi.com/2016/06/29/maglev-treninin-calisma-prensibi/>
17. <http://www.kuark.org/2015/10/maglev-trenler1/>
18. H.Yaghoubi, “Practical Applications of Magnetic Levitation Technology”, Iran Maglev Technology Final Report, 2012.

19. <http://www.thyssenkrupp-elevator.com/en/>