

**OTOMATİK AÇILIP KAPANAN KAPILAR İÇİN
TÜP TİPİ LİNEER İNDÜKSİYON MOTOR TASARIMI**

Mustafa EKMEKÇİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2006
ANKARA**

Mustafa EKMEKÇİ tarafından hazırlanan OTOMATİK AÇILIP KAPANAN KAPILAR İÇİN TÜP TİPİ LİNEER İNDÜKSİYON MOTOR TASARIMI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. M. Emin GÜVEN

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prf. Dr. İsmail ÇOŞKUN _____

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Emin GÜVEN _____

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz SAVAŞ _____

Tarih : 08/ 09 /2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mustafa EKMEKÇİ

**OTOMATİK AÇILIP KAPANAN KAPILAR İÇİN
TÜP TİPİ LİNEER İNDÜKSİYON MOTOR TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Mustafa EKMEKÇİ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2006**

ÖZET

Günümüzdeki otomatik kapı sistemlerindeki hareket; dairesel hareketi sağlayan bir motor ve bu motorun hareket ettirdiği kayış sistemi ile kurulan bir mekanizma ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde ise bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Oysa bu sistemlerde üretilen işin hızlı, uygun, kullanılan cihazların uzun ömürlü, hareketli parçaların ve kullanılan eleman sayılarının az olması, sistemin bakım gereksiniminin çok az olması gerekir. Bu faydaları sağlamak amacı ile bu çalışmada, otomatik açılıp kapanan kapılarda dairesel hareket sağlayan motorlar yerine, alternatif olarak tüp tipi lineer indüksiyon motorlarının kullanımı düşünülmüş ve tüp tipi lineer indüksiyon motor tasarlanarak uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistemin tasarımında Ansoft Maxwell elektromanyetik benzetim programından yararlanılmıştır. Tasarımda diğer motor tiplerinden farklı olarak parçalı stator kullanılmış ve bu sayede arıza yapan sargı dilimi diğer sargılara zarar vermeden kolayca çıkarılabilecek şekilde düzenlenmiştir. Yapılan deney ve çalışmalarda; motor performansının yeterli olduğu ve bazı lineer çalışmalarda kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 703.3.012
Anahtar Kelimeler : Tüp Lineer Motor, Otomatik Kapı
Sayfa Adedi : 34
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. M. Emin GÜVEN

**TUBULAR LINEAR INDUCTION MOTOR DESIGN
FOR AUTOMATIC DOORS**

(M.Sc. Thesis)

Mustafa EKMEKÇİ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

September 2006

ABSTRACT

Today, motion in automatic door systems is realized by means of a mechanism set up by a motor providing circular motion and a belt system that the motor activates. However, some problems are encountered in these systems. Faster throughput, more exact positioning, longer life and fewer moving parts are actually needed in such systems. In this study, so as to obtain these utilities, the alternative use of tubular linear induction motors instead of circular motion motors has been proposed and a linear induction motor has been designed and applied. At the designing stage, Ansoft Maxwell electromagnetic simulation program has been utilized. Different from other motor types, a stator with parts has been used in the design and therefore the design has been arranged in a way that the defective windings can easily be removed without giving any harm to other windings. The experimental applications and studies have shown that the motor performance is sufficient and it can be used in some types of linear applications.

Science Code : 703.3.012

Key Words : Tubular Linear Motor, Automatic Doors

Page Number : 34

Adviser : Asist. Prof. Dr. M. Emin GÜVEN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doc. Dr. M.Emin GÜVEN'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Doç. Dr. Osman GÜRDAL'a ve değerli çalışma arkadaşlarım Öğr. Gör. Sabri ATEŞ, Öğr. Gör. Mehmet ŞENBAYIR ve Öğr.Gör.Salih ERMİŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİNEER İNDÜKSİYON MOTORLARI.....	5
2.1. Lineer İndüksiyon Motorların Yapısı ve Çalışması.....	5
2.2. Lineer İndüksiyon Motor Çeşitleri.....	7
2.2.1. Düz tip lineer indüksiyon motoru.....	8
2.2.2. Tüp tipi lineer indüksiyon motoru.....	9
2.2.3. Lineer motor özelliklerinin karşılaştırılması.....	10
2.3. Lineer Motorların Avantajları.....	12
2.3.1. Sınırsız hareket	12
2.3.2. Hız.....	13
2.3.3. İvme.....	13
2.3.4. Yumuşak hareketlilik.....	13
2.3.5. Doğruluk ve güvenilirlik.....	13
2.3.6. Sağlamlık.....	14

Sayfa

2.3.7. Bakım.....	14
2.3.8. Vakum uygulamaları.....	14
2.4. Liner Motorların Performansı.....	14
2.4.1. Verim.....	14
2.4.2. Devir sayısındaki dalgalanma.....	15
2.4.3. Manyetik çekim.....	15
2.4.4. Statik sağlamlık.....	15
2.4.5. Eddy akımları.....	15
2.4.6 Manyetik akı yoğunluğu.....	15
3. TÜP LİNEER İNDÜKSİYON MOTOR TASARIMI	16
3.1. Kapının Hareketini Sağlayan İtme Kuvvetinin Hesabı.....	16
3.2. Benzetim Modeli.....	22
4. TASARIMI YAPILAN TÜP LİNEER İNDÜKSİYON MOTORUNUN YAPIMI VE KAPIYA MONTAJI.....	25
4.1. Tasarımı Yapılan Tüp Tipi Lineer İndüksiyon Motorunun Yapımı.....	25
4.2. TüpTipi Lineer İndüksiyon Motorunun Kapiya Montajı.....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
KAYNAKLAR.....	33
ÖZGEÇMİŞ.....	34

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Lineer motor özelliklerinin karşılaştırılması.....	10
Çizelge 3.1. İkizkenar hareket profili için formülleri.....	17
Çizelge 3.2. İkizkenar hareket profili için kuvvet eşitlikleri.....	18
Çizelge 3.3. Çeşitli malzemelerin sürtünme katsayıları.....	19
Çizelge 4.1. Tüp lineer indüksiyon motorunun imalat ölçüleri.....	26
Çizelge 4.2. Tüp lineer indüksiyon motorunun deney sonuçları.....	29

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Döner rotorlu motorların ve liner motorların hareket sistemlerinin karşılaştırılması.....	2
Şekil 2.1. Lineer indüksiyon motorunun çalışma prensibi.....	5
Şekil 2.2. Lineer indüksiyon motorların sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.3. Düz tip tek statorlu lineer indüksiyon motoru.....	9
Şekil 2.4. Tüp tipi lineer indüksiyon motoru.....	9
Şekil 2.5. Tüp lineer indüksiyon motorlarının çeşitli eksenlerdeki hareketleri.....	12
Şekil 3.1. Tasarlanan otomatik kapı şekli ve ölçüleri.....	16
Şekil 3.2. İkizkenar hareket profili.....	17
Şekil 3.3. Tüp tipi lineer indüksiyon motorun kesit görünümü.....	22
Şekil 3.4. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun Ansoft Maxwell iki boyutlu modeli.....	23
Şekil 3.5. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun rotoruna etki eden kuvvetin Ansoft Maxwel programında bulunması.....	23
Şekil 3.6. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun sonlu eleman modeli.....	24
Şekil 4.1 Yapımı gerçekleştirilecek olan tüp lineer indüksiyon motorunun enine kesiti.....	25
Şekil 4.2. Tüp tipi lineer motorun üç fazlı bağlantısı.....	28
Şekil 4.3. Tüp tipi lineer motorun bir fazlı bağlantısı.....	28
Şekil 4.4. Tüp tipi lineer motorun kapı montajı.....	29
Şekil 4.5. Siemens logo 24 RC ile kapı otomasyonu.....	30
Şekil 4.6. Sensör ve kontaktörlerin simens 24RC logo bağlantısı.....	30

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Tasarımı yapılan t�p tipi lineer indüksiyon motorunun fotoğrafi.....	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a	İvme
F_a	Atalet kuvveti
F_{ak}	Amortisman kuvveti
F_e	Etkin kuvvet
F_s	Sürtünme kuvveti
F_t	Toplam kuvvet
g	Yer çekimi kuvveti
h	Kapı yüksekliği
l	Kapı genişliği
m	Kütle
t	Hareket zaman
v	Hız
μ_s	Sürtünme katsayısı

1. GİRİŞ

Otomatik açılıp kapanan kapı sistemleri giriş ve çıkışların yoğun olduğu mekanlar da kullanılmaktadır. Otomatik açılıp kapanan kapı sistemlerinin tercih edilmesindeki en önemli unsurlardan biri konfor diğeri ise iklimlendirmedir. Yani kullanıldıkları her mekan da kışın ısı tasarrufu sağlamakta, yazın ise iç ortam havasını korumaktadır.

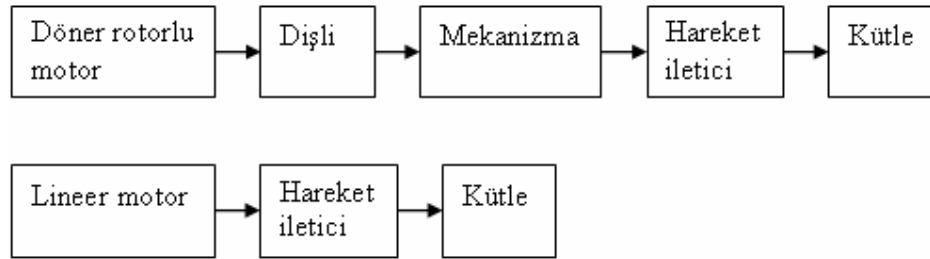
Günümüzdeki otomatik kapı sistemlerindeki hareket; dairesel hareketi sağlayan bir motor ve bu motorun hareket ettirdiği kayış sistemi ile kurulan bir mekanizma ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde ise şu sorunlarla karşılaşmaktadır:

- Bu sistemlerde hareketi sağlayan kayış ve dişli sistemleri iklim şartlarından etkilenerek açma kapama mekanizmasının gerilmesine ve gevşemesine sebep olmaktadır. Bu nedenle hareketler hem daha sert olmakta, hem de iş zamanı uzamaktadır.
- Kullanılan motorlar bir sürücü devre tarafından çalıştırılmakta olup, bu ise sistemin daha karmaşık hale gelmesini sağlamaktadır.
- Sistemde kullanılan motorlar dairesel hareket yaptığı için sistemde titreşimlerde meydana gelmektedir.
- Açma kapama sayısının yüksek, sistemde kullanılan eleman sayısının fazla olmasından dolayı bu sistemler sürekli bakım isterler.
- Sistemin karmaşık, eleman sayısının fazla olması, hareketin titreşimli olmasından dolayı bu sistemlerde sürekli arızalar meydana gelmektedir.

Oysa bu sistemlerde üretilen işin hızlı, tam doğru, kullanılan cihazların uzun ömürlü olması, hareketli parçaların ve kullanılan eleman sayılarının az olması ve sistemin bakım gereksiniminin çok az olması gerekir. Bu sistemin yerine alternatif olarak tüp

tipi lineer indüksiyon motorlarının kullanılımı düşünülebilir. Tüp tipi lineer motorların bu sistemlere göre üstünlükleri vardır. Bunlar;

Tüp tipi bir lineer indüksiyon motorlarında hareket temassız ve arksız olarak gerçekleşir. Tüp tipi lineer indüksiyon motorları son derece yüksek verimli, esnek ve yüksek hızlı elektromanyetik alanlara sahiptir.



Şekil 1.1. Döner rotorlu motorların ve lineer motorların hareket sistemlerinin karşılaştırılması

Şekil 1.1’de lineer motorlu hareket sisteminde hareketin kütleye iletilmesinde kullanılan eleman sayısı daha az, atalet momenti daha küçük, kaynağın güç kaybı daha düşük ve sistemin aşınma etkisi daha azdır[1].

Tüp lineer motorların ana avantajı statorla rotor arasındaki manyetik çekim kuvvetinin nötr olmasıdır. Bu sebepten dolayı tüp lineer motorların hava boşlukları küçüktür. Tüp lineer indüksiyon motorlar lamina saçlardan yapılırsa nüve kayıpları azalır[2].

Tüp lineer indüksiyon motorların dikkate değer iki özelliği vardır. Birincisi; Tüp lineer indüksiyon motorlarında sargılar rotoru dairesel olarak çevirdiği için bobin başı ve kenar etkisi yoktur. İkincisi ise frekans konvertörleri ile devir sayıları ve bobin akımlarının kontrol edilebilmesidir [3].

Tüp lineer indüksiyon motorları itme kontrolü, pozisyon doğruluğu ve sistem hacmi açısından önemli avantajlar gösterir[4]. Tüp lineer indüksiyon motorlarında hız ve

itme ilişkisi büyük ölçüde herbir oyuktaki spir sayısına bağlıdır. Yüksek spir olduğunda motor düşük hızlarda bile yüksek itme gücü üretir[5].

Bu tezde, tüp tipi lineer indüksiyon motorlarının yukarıdaki üstünlüklerinden faydalanarak bu motorlarla otomatik kapıların açılıp kapatılması sağlanabilir. Bu amaçla tüp tipi lineer indüksiyon motoru tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak manyetik devrede trafo sacı kullanılmıştır. Trafo saçları manyetik dirençlerin azaltılması amacı ile manyetik alan yönünde kesilmiş ve silindirik şekilde yuvarlatılmıştır. Diğer motorlardan farklı olarak bobinlerde herhangi bir arızanın meydana gelmesi durumunda kolaylıkla sökülebilmekte ve yerine yenisi kolaylıkla takılmaktadır.

Motor iki kutuplu olarak tasarlanmıştır. Motor hem üç fazlı sistemde çalışabilecek, hemde istenirse bir fazlı sistemde de çalıştırılabilecektir. Motor karkası olarak işlenmesi kolay ve iyi bir yalıtkan olan poliamid kullanılmıştır.

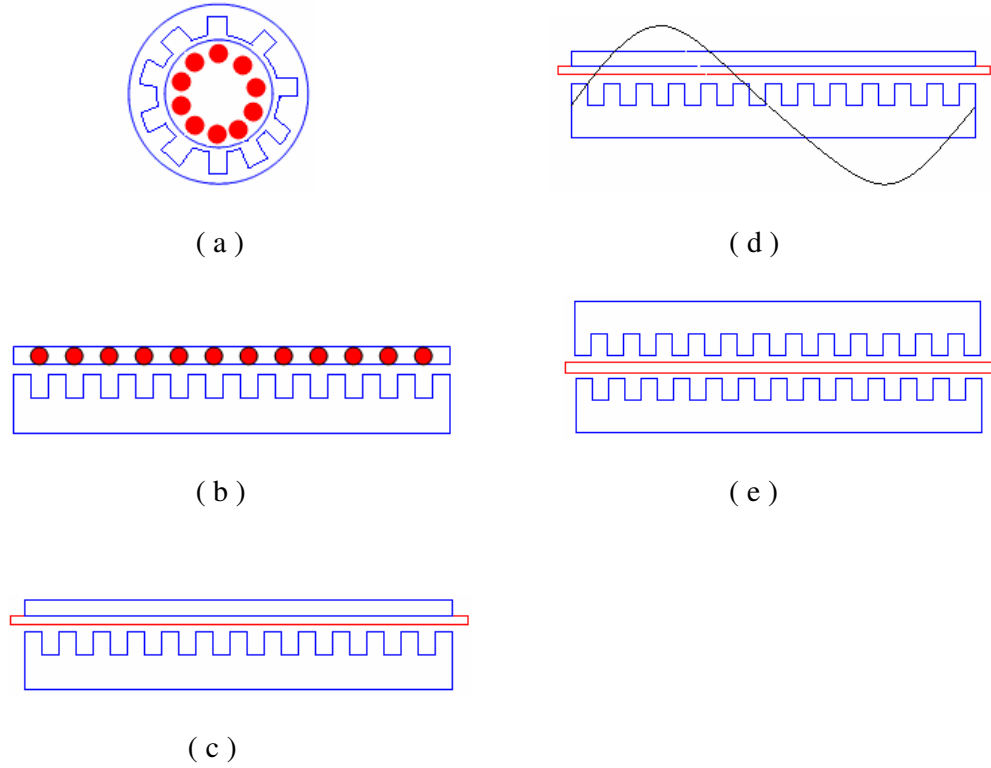
Bu çalışmada Ansoft Maxwell paket yazılımı kullanılmıştır Bu paket program, tüp tipi lineer indüksiyon motorunda kullanılan malzemelerin cinsini ve özelliklerini içeren malzemeleri bünyesinde bulundurmakla birlikte, farklı özellikteki malzemelerin kullanılabilmesine imkan vererek benzetim yapabilmektedir. Bu paket programla rotor üzerinde meydana gelen itme kuvveti hesaplanabilmektedir. Bu da bizim tasarımımızın ana noktasını teşkil etmektedir.

Tez 5 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölümde çalışmanın temelini kapsayan genel bir giriş yapılmıştır. 2. Bölümde Lineer motor teorisi verilmiştir. 3. Bölümde sistem için gerekli kuvvetler elde edilmiş, 2 boyutlu manyetostatik benzetim sonuçları sunulmuştur. 4. Bölümde Tüp lineer indüksiyon motor sisteminin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde ayrıca sistemden elde edilen deneysel sonuçlar

sunulmuştur. 5. Bölümde de tezden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve ilerideki çalışmalar için öneriler yapılmıştır.

2. LİNEER İNDÜKSİYON MOTORLARI

2.1. Lineer İndüksiyon Motorların Yapısı ve Çalışması



Şekil 2.1. Lineer indüksiyon motorunun çalışma prensibi

- (a) Sincap kafesli asenkron motor (b) Sincap kafesli motorun açılmış hali
(c) Rotor sargılarının tek iletken haline getirilmesi (d) Motora alternatif gerilimin uygulanması (e) Statorun çift taraflı olarak yapılması

Lineer indüksiyon motorları yapı olarak asenkron motorlara benzer. Şekil 2.1.(a) 'da görülen sincap kafesli indüksiyon motorunu Şekil 2.1.(b)'de olduğu gibi düz bir şekilde açarsak ve Şekil 2.1.(c)'de olduğu gibi sincap kafesli rotoru kaldırıp onun yerine tek bir iletkeni bir demir yüzeyin üzerine yerleştirirsek lineer indüksiyon motorunu oluştururuz. Stator ve rotor olmak üzere iki parçadan oluşur. Lineer indüksiyon motorlarında stator sabit, rotor hareketli veya rotor sabit, stator hareketli olabilir. Stator tarak şeklinde oyulmuş bir sac paketinden ve oluklar içine yerleştirilmiş sargılardan oluşur.

Uç etkilerinin etkisini azaltmak ve doğrusal yönde etkiyen kuvvetin azalmasını önlemek amacı ile rotor yada stator uzun yapılır. Stator ve rotorun uzunlukları bakımından lineer indüksiyon motorlarını ikiye ayırabiliriz [6].

1. Uzun rotor ve kısa statorlu lineer indüksiyon motorları.
2. Uzun stator ve kısa rotorlu lineer indüksiyon motorları.

Statorun sayısına göre motorlar çift kenarlı lineer indüksiyon motoru veya tek kenarlı lineer indüksiyon motoru olmak üzere ikiye ayrılır[7]. Stator oluklarına lineer indüksiyon motorunun bir veya üç fazlı olmasına göre statoruna sargılar yerleştirilir. Bu sargılar asenkron motorun sargıları ile aynı şekildedir. Bir fazlı lineer indüksiyon motorlarında ise ana sargı ve yardımcı sargı olmak üzere iki sargı mevcuttur. Yardımcı sargıya motorun kalkınmasını sağlamak amacı ile devresine seri olarak kondansatör bağlanır.

Lineer indüksiyon motorlarının rotoru çelikten yapılır ve her iki yüzünde alüminyum veya bakır plakalarla kaplanır..

Manyetik kuvvetler bobinlerin üzerinde çok yoğun olacağı için bobinlerin üzerine epoksi sürülür. Sargıların üzerine motoru aşırı akımlardan korumak için termistörler yerleştirilir.

Şekil 2.1.(d)'deki lineer indüksiyon motorunun stator sargılarına üç fazlı bir gerilim uygulandığında, stator sargılardan akım geçer ve bu akım bir gezer manyetik alan meydana getirir. Bu gezer manyetik alan rotor içerisinde çok kuvvetli fuko akımları oluşturur. Lenz kuralına göre rotor üzerinde, onu gezer alan yönünde sürükleyen bir kuvvet ortaya çıkar. Bu durumda stator sabit, rotor hareketli ise, örneğin rotor olarak saç levhalar manyetik gezer alan yönünde taşınabilir. Buna karşın; rotor sabit, stator hareketli ise (örneğin bir vincin palangası), stator manyetik gezer alanının ters yönünde hareket eder. Bu nedenle lineer indüksiyon motorlarında her iki parçada hareket edebilir[8].

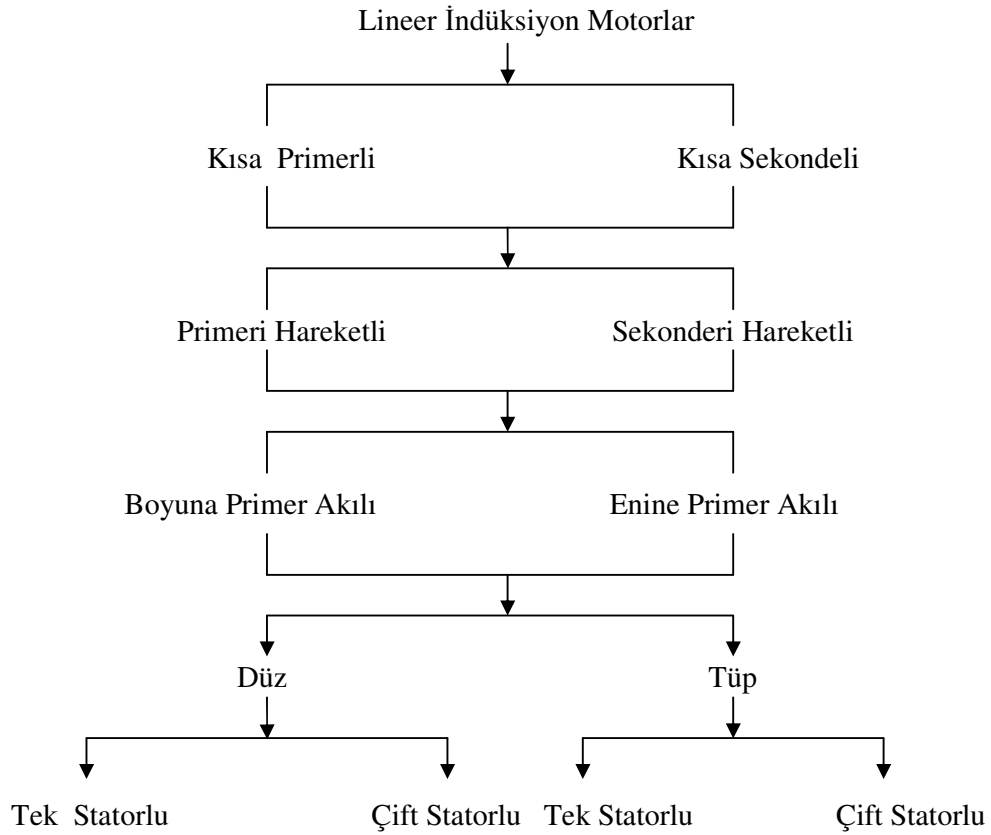
Bu tip motorlarda statorla rotor arasında meydana gelen çekme kuvveti oldukça fazladır. Bu çekme kuvvetini azaltmak için Şekil 2.1.(e)'de olduğu gibi çift kenarlı statorlar veya tüp tipi lineer motorlar kullanılır. Bu tip motorlarda rotor, iki stator tarafından örtüldüğünden tek yönlü çekme kuvveti oluşmaz. Her iki yöndeki çekme kuvveti, teorik olarak birbirini dengede tutarak, rotorda meydana gelecek çekme kuvvetini engeller.

Lineer indüksiyon motorlarında hava aralığı kısa devre rotorlu motorlara oranla büyüktür. Lineer indüksiyon motorlarının stator direnci rotor direncinden büyüktür. Bundan dolayı kuvvet- hız eğrisi, eşdeğer bir asenkron motorun döndürme momenti-devir sayısı eğrisinden oldukça yumuşak inişli olmaktadır.

Lineer indüksiyon motorunun yüklenmesi anında hareketli parçanın hızı oldukça düşer. Yol alması oldukça yumuşak olan lineer indüksiyon motorları ilk akım bağlanmasında; yani, hareketli parçanın hızı sıfır iken, etkiyen sürücü kuvvet en büyük değerine ulaşır. İşletme anında hareketli parçanın hızı, gezer alanın hızından daima geri kalır.

2.2. Lineer İndüksiyon Motor Çeşitleri

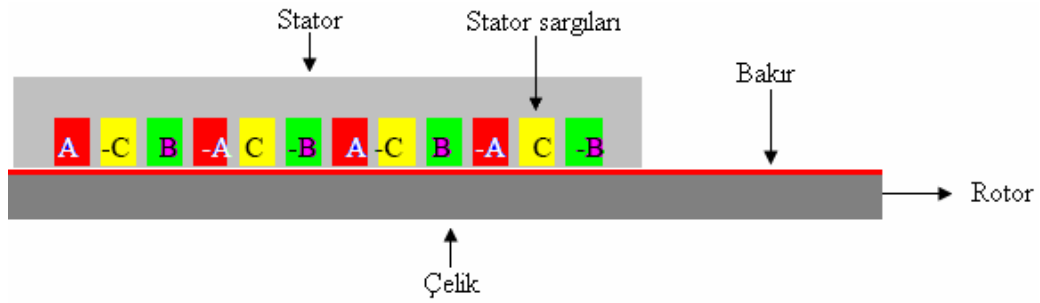
Lineer indüksiyon motorlarını Şekil 2.2'deki gibi sınıflandırabiliriz[9]. İşletme ve uygulama şartlarına göre bu lineer indüksiyon motorlarından biri seçilir.



Şekil 2.2. Lineer indüksiyon motorların sınıflandırılması

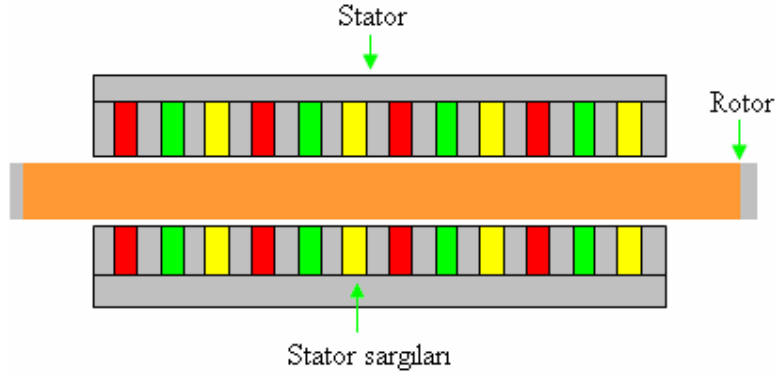
2.2.1. Düz tip lineer indüksiyon motoru

Düz tip lineer motorlarda rotor düz ve fırçasız olarak tasarlanır. Rotor çelik bir malzemenin üzerine alüminyum veya bakır kaplanarak oluşturulur. Stator ise yaprak şeklindeki manyetik sacların birleştirilmesinden oluşur. Sacların içerisine oluklar açılır ve bu olukların içerisine sargılar yerleştirilir. Sargıların üzerine motoru aşırı akımlardan korumak için termistörler yerleştirilir. Sargıların üzerine veya stator kenarına alan etkili sensörler yerleştirilir. Bu alan etkili sensörler sargılarda meydana gelen manyetik akıları ölçer ve bunlar sayesinde motordaki istenilen manyetik alan değişiklikleri gerçekleştirilir.



Şekil 2.3. Düz tip tek statorlu lineer indüksiyon motoru

2.2.2. Tüp Tipi Lineer İndüksiyon Motoru



Şekil 2.4. Tüp tipi lineer indüksiyon motoru

Tüp tipi lineer indüksiyon motor silindirik bir statoru olan özel bir lineer motor çeşitidir. Son derece basit bir yapıya ve kolay bir kullanıma sahiptir. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun sargıları disk şeklinde bobinlerden oluşmuştur. Böylece uç sargılarına olan gereksinim elimine edilir[10]. Rotor olarak bakır veya alüminyum boru içerisine geçirilen çelik çubuk kullanılır. Bir fazlı ve üç fazlı olarak tasarlanabilirler.

Tüp tipi lineer indüksiyon motorları, diğer lineer motorlarının sahip olduğu avantajlara sahiptir.

2.2.3 Lineer motor özelliklerinin karşılaştırılması

Lineer motorların özelliklerini karşılaştırarak birbirlerine göre olan avantaj ve dezavantajlarını görebiliriz.

Çizelge 2.1. Lineer motor özelliklerinin karşılaştırılması

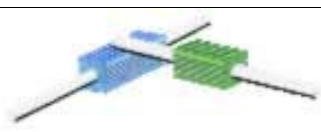
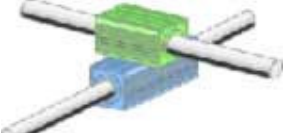
Özellikler	Demir nüveli	Hava nüveli	Oluksuz	Tüp
Maliyet	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
Çekim kuvveti	En yüksek	Yok	Orta	Yok
İtme kuvveti	Çok iyi	Orta	İyi	Çok iyi
Isı dağıtımı	İyi	Kötü	İyi	İyi

Tüp tipi lineer motorların itme karakteristikleri diğer motorlardan daha iyi olduğu için, otomatik kapı uygulamasında kullanımı tercih edilmiştir. Tüp tipi lineer motorların yukarıdaki özelliklerine ilave olarak aşağıdakilerinide ekleyebiliriz.

- Hava aralığına duyarlı değildirler.
- Manyetik çekim kuvvetleri yoktur.
- Çok ince ayarlara gereksinim duymazlar
- Stator bobinleri rotorun çevresini tamamen kaplar, bu da oluşan enerjinin optimum kullanılmasını sağlar.
- Oldukça verimli bir motor tipidir.
- Motor zaman sabiti düşüktür.
- Harmoniklerin oluşturduğu etkiler önemsenmeyecek kadar azdır.
- Düzgün ve mükemmel bir lineer itmeye sahiptir.
- Yüksek iş çevrim kapasitesine sahiptir.
- Oluşturdukları manyetik kirlilik yok denecek kadar azdır.
- Simetrik bir tasarıma sahiptirler
- Yapı ve kullanım olarak son derece basit bir yapıya sahiptirler.
- Kritik açıklık önemli olmadığı için kurulumu kolaydır.

- Kolay kolay hasar görmezler.
- Sargıları oldukça düşük bir manyetik gürültü oluşturur.
- Kuvvet direk olarak yüke transfer edilir.
- Yüksek mekanik sağlamlığa sahiptir.
- Mekanik ayarları basittir.Hareketli parçalarının sayısı minumumdur.
- Direk itmeli motordur, geri tepmesi yoktur, kolay kolay aşınmaz.
- Geniş hız aralıklarına sahiptirler.
- Yüksek hızlanma değerlerine sahiptir.
- Hareket oldukça düzgün ve sessizdir.
- Bakımları yok denecek kadar azdır, dahili hareketli parçaya sahip değildir.

Yukarıdaki kullanım üstünlüklerinin yanı sıra her türlü eksenle çalışmaya uygun bir motordur. Çalıştıkları bu eksenlere aşağıdaki örnekleri gösterebiliriz.

	X Tek eksenli tek itmeli blok.
	X1,X2 Tek eksenli çoklu itmeli blok sistemi.
	X,Y İki eksenli blok sistemi
	X,Y İki eksenli üst üste blok sistemi.
	3 veya 5 eksenli hareket Üç boyutlu hareket
	X1, X2, X3, X4, Y1, Y2 Dört ayrı eksenli birbirinden bağımsız hareket

Şekil 2.5. Tüp lineer indüksiyon motorlarının çeşitli eksenlerdeki hareketleri

2.3. Lineer Motorların Avantajları

Lineer motorun avantajları aşağıda belirtilmiştir.

2.3.1.Sınırsız hareket

Lineer motorların hareket mesafeleri sınırsızdır. Manyetik alan yolu boyunca kolaylıkla hareket edebilirler. Lineer motorlar, diğer sürücü sistemlerinden daha

hızlı, daha sağlam ve daha yüksek bir performansa sahiptirler. Kayış ve vidalı çubuk sürücülü sistemlerde ise hareket sınırlıdır.

2.3.2. Hız

Lineer motorlar çok düşük ve çok yüksek hızlarda çalışabilirler. $1\mu\text{m/sn}$ ile 10m/sn arasında yüksek doğrulukla çalışabilirler. Vidalı ve kayışlı sürücü sistemleri ise kritik hız limitlerine sahiptirler. Dişli çubuk mekanizmalı sürücü sistemlerinde ise şiddetli geri itme ve çok zayıf hız limitleri vardır.

2.3.3. İvme

Lineer motorların kalkınma momentleri yüksektir. Bu yüzden motorun sahip olduğu tüm kuvvet yükün hareketinde kullanılır. Tipik dişli sürücü sistemlerinde ise motor torkunun büyük bir kısmı motor rotorunun bağlantısının dişli sisteminin ataletinin üstesinden gelmek için kullanılır.

2.3.4. Yumuşak hareketlilik

Lineer motorlar yumuşak bir hareket sağlarlar. Hareket boyunca yüzeyle temasları olmadığı için titreşimsiz bir hareket meydana getirirler. Bu nedenle bu sistemlerde titreşim ve ark meydana gelmez. Kayış ve vidalı çubuk sürücülü sistemlerde ise mekanizma ile temas olduğundan bu sistemlerde sürtünme fazladır. Ayrıca şiddetli geri itme, titreşim ve arklar meydana gelir.

2.3.5. Doğruluk ve güvenilirlik

Lineer motorlar diğer mil yataklı konum algılayıcı sistemlere göre daha doğru ve daha güvenlidir. Rotorlu sürücü sistemleri ise şiddetli geri itme, histerizis kaybı, düşük hareket ve düşük ayar performansına sahiptirler.

2.3.6. Sağlamlık

Lineer motorlar tipik mil yataklı sistemlerden çok daha fazla sağlamdır. Vidalı, dişli çubuk mekanizmalı, kaplinli ve kayışlı sistemler kullanıldıkları sistemlerin kolaylıkla bozulmasına yol açarlar.

2.3.7. Bakım

Lineer motorlar temassız sistemlerdir. Bu yüzden çok uzun süre bakım gerektirmezler. Kullanılan elemanların periyodik olarak ayarı ve yağlanması yapılır. Rotorlu sürücülü makineler de ise düzenli olarak yatakların yağlanması ve düzenli olarak değişiminin yapılması gerekir.

2.3.8. Vakum uygulamaları

Bobin ve manyetik malzemeler arasında temas olmadığı için vakumlu ve patlayıcı sistemlerde kullanılmaya elverişlidir.

2.4. Liner Motorların Performansı

Lineer motorların performansı aşağıda belirtilmiştir.

2.4.1 Verim

Tüp lineer indüksiyon motorlarında sargılar rotoru dairesel olarak çevrelediği için bobin başı ve kenar etkisi yoktur. Bundan dolayı sargılarda meydana gelen manyetik alan etkin bir şekilde kullanılır. Bu da motor veriminin artmasını sağlar.

2.4.2. Devir sayısındaki dalgalanma

Demir nüvesiz motorlarda, yüksek manyetik yoğunluk olduğundan, devir sayılarında ihmal edilebilecek seviyede dalgalanmalar oluşur.. Demir nüveli motorlar da ise bu dalgalanmayı önleyecek ilave devreler kullanmak gerekir.

2.4.3. Manyetik çekim

Demir nüveli lineer motorlar yüksek manyetik çekime sahiptirler. Bu kuvvet eğer sistem dizaynında uygun biçimde kullanılırsa motor performansını düzeltir ve ön yüklerin karşılanmasına yardımcı olur.

2.4.4. Statik sağlamlık

Yüksek statik sağlamlığa sahiptirler. 900 N/mikron basıncına dayanabilirler.

2.4.5. Eddy akımları

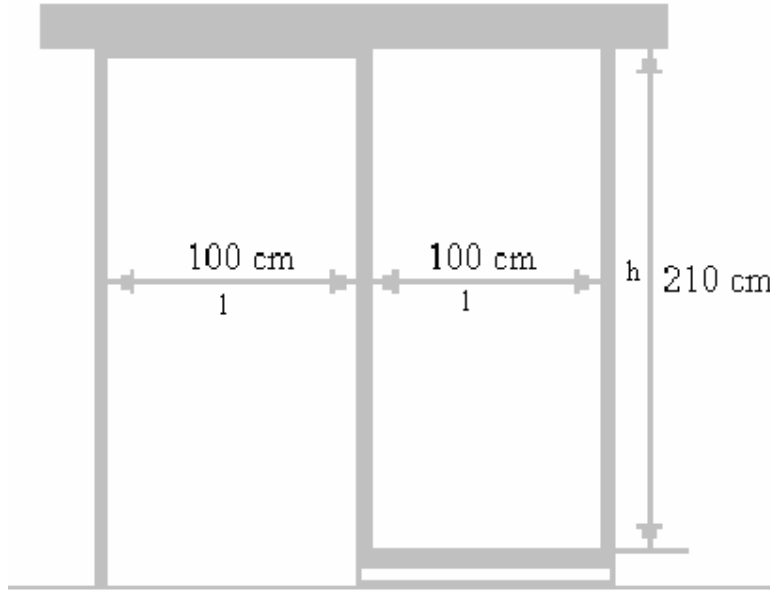
Demir nüveli ve alüminyum ilave edilmiş nüveli motorlar uygun şekilde imal edilirse eddy akımları azalır ve ihmal edilebilir bir seviyeye gelebilir.

2.4.6 Manyetik akı yoğunluğu

Lineer motorlar düzenli bir manyetik akı yoğunluğuna sahiptirler.

3. TÜP LİNEER İNDÜKSİYON MOTOR TASARIMI

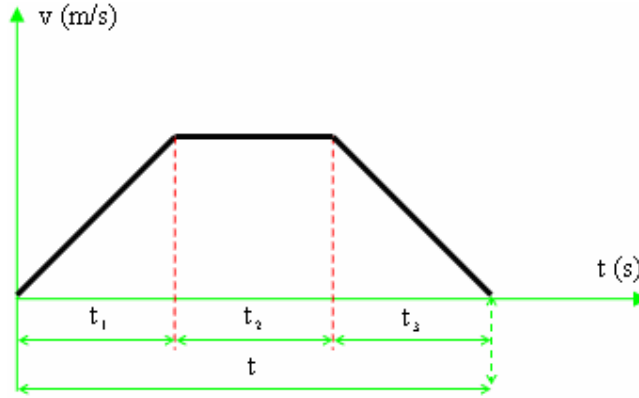
3.1. Kapının Hareketini Sağlayan İtme Kuvvetinin Hesabı



Şekil 3.1. Tasarlanan otomatik kapı şekli ve ölçüleri

Kütlesi 44,2 kg ve 100×210 cm ölçülerinde olan Şekil 3.1'deki kapıyı 100 cm mesafeye, 1,5 s'ye içerisinde taşıyacak olan tüp tipi lineer indüksiyon motorunun tasarımı gerçekleştirilecektir. Motorun bekleme zamanı da 0.2 s'ye olarak kabul edilmiştir.

Kapının açılmasını sağlayan tüp tipi lineer indüksiyon motoru yumuşak bir kalkış yapacak, sonra düzgün doğrusal olarak hareketle yumuşak bir duruş sergileyecektir. Bu hareket, ikizkenar yamuk şeklinde bir harekettir. Bu hareketin değişimi Şekil 3.2'de, hareket ile ilgili eşitlikler Çizelge3.1'de ve hareketin kuvvet eşitlikleride Çizelge3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. İkizkenar hareket profili

Çizelge 3.1. İkizkenar hareket profili için formülleri

	$x \text{ (m)}$ $t \text{ (s)}$	$v \text{ (m/s)}$ $t \text{ (s)}$	$a \text{ (m/sn}^2\text{)}$ $t \text{ (sn)}$	$a \text{ (m/s}^2\text{)}$ $v \text{ (m/s)}$ $x \text{ (m)}$
Mesafe $x \text{ (m)}$		$x = \frac{2}{3} \times v \times t$	$x = \frac{1}{4,5} \times a \times t^2$	$x = 2 \times \frac{v^2}{a}$
Hız $v \text{ (m/s)}$	$v = 1,5 \times \frac{x}{t}$		$v = a \times \frac{t}{3}$	$v = \sqrt{\frac{a \times x}{2}}$
İvme $a \text{ (m/s}^2\text{)}$	$a = 4,5 \times \frac{x}{t^2}$	$a = 3 \times \frac{v}{t}$		$a = 2 \times \frac{v^2}{x}$

Çizelge 3.2. İkizkenar hareket profili için kuvvet eşitlikleri

Sıra No	Açıklama	Formüller	Birim
1	Sürtünme kuvveti	$F_s = \mu_s \times m \times g$	Newton
2	Atalet kuvveti	$F_a = m \times a$	Newton
3	Toplam kuvveti	$F_t = F_s + F_a$	Newton
4	Toplam durdurma kuvveti	$F_{dk} = m \times g \times \sin \alpha$	Newton
5	Etkin kuvvet	$F_e = \sqrt{\frac{t_1 \times F_t^2 + t_2 \times F_s^2 + t_3 \times F_t^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_b}}$	Newton

İkizkenar hareket profilinde, hareketten en iyi verimin alınabilmesi için zaman aralıklarının $t_1 = t_2 = t_3$ olması gerekmektedir.

İvme;

$$a = 4,5 \frac{x}{t^2} \quad (3.1)$$

$$a = 4,5 \frac{1}{1,5^2} = 2 \text{ m/s}^2$$

Hız;

$$v = 1,5 \times \frac{x}{t} \quad (3.2)$$

$$v = 1,5 \times \frac{1}{1,5} = 1 \text{ m/s}$$

Atalet kuvveti;

$$F_a = m \times a \quad (3.3)$$

$$F_a = 44,2 \times 2 = 88,4 N$$

Sürtünme kuvveti;

Çeşitli malzemelerin sürtünme katsayıları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çeşitli malzemelerin sürtünme katsayıları

Çeşitli Malzemelerin Sürtünme Katsayıları (μ_s)	
Çelik üzerinde çelik (kuru yüzeylerde)	0,580
Çelik üzerinde çelik (yağlı yüzeylerde)	0,150
Çelik üzerinde alüminyum	0,450
Çelik üzerinde bakır	0,360
Çelik üzerinde prinç	0,400
Çelik üzerinde plastik	0,200
Lineer yataklı taşıyıcılar	0,001

Lineer yataklı taşıyıcıların sürtünme kuvveti Çizelge 3.3'ten 0,001 alınmıştır.

$$F_s = \mu_s \times m \times g \quad (3.4)$$

$$F_s = 0,001 \times 44,2 \times 9,81 = 0,43 N$$

Toplam kuvveti;

$$F_t = F_s + F_a \quad (3.5)$$

$$F_t = 88,4 + 0,43 = 88,83 \text{ N}$$

Amortisman kuvvetini sıfır olarak kabul edersek;

$$F_{ak} = 0$$

Etkin kuvvet;

$$F_e = \sqrt{\frac{t_1 \times F_t^2 + t_2 \times F_s^2 + t_3 \times F_t^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_b}} \quad (3.6)$$

$$F_e = \sqrt{\frac{0,5 \times 88,83^2 + 0,5 \times 0,43^2 + 0,5 \times 88,83^2}{0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,2}} = 68,13 \text{ N}$$

Tasarımını yapacağımız motorumuzun Şekil 3.1'deki kapıyı hareket ettirebilmesi için 68,13 Newtonluk bir itme kuvvetine sahip olması gerekir. Bu itme kuvvetini oluşturacak tüp lineer indüksiyon motorunu ANSOFT MAXWELL manyetik tasarım programı ile simülasyonunu gerçekleştirerek, bu motorumuzu tasarlayabiliriz.

Motor tasarımını yapmak için manyetik devre tasarımlarında kullanılan ANSOFT MAXWELL yazılım programından faydalanacağız. Bu program sayesinde tüp tipi lineer indüksiyon motorunun rotorunda oluşacak kuvveti bulabiliriz. Bu paket programlarda tasarım üç aşamadan oluşur.

Giriş: Bu aşamada eleman cinsleri, eleman sabitleri, elemanların özellikleri, yapılacak analiz çeşidi ve model geometrisi belirlenerek temel hazırlıklar tamamlanır.

Çözüm: Bu aşamada sınır değerleri ve elemanlara ait kaynak bilgileri belirlenir.

Çıkış: Bu aşamada çözümlemeler yapılır. Sonuçlar rakamsal veya grafik olarak okunur.

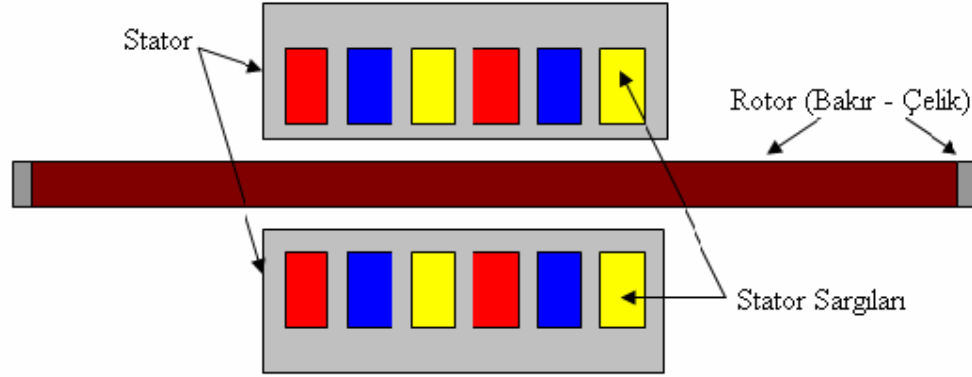
Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak manyetik devrede trafo sacı kullanılmıştır. Trafo sacları manyetik dirençlerin azaltılması amacı ile manyetik alan yönünde kesilmiş ve silindirik şekilde yuvarlatılmıştır. Diğer motorlardan farklı olarak bobinlerde herhangi bir arızanın meydana gelmesi durumunda bobin kolaylıkla sökülebilmekte ve yerine yenisi kolaylıkla takılmaktadır.

Motor iki kutuplu olarak tasarlanmıştır. Motor hem üç fazlı sistemde çalışabilecek, hemde istenirse bir fazlı sistemde de çalıştırılabilecektir. Motor karkası olarak, işlenmesi kolay ve iyi bir yalıtkan olan poliamid kullanılmıştır.

Bu çalışmada Ansoft Maxwell paket yazılımı kullanılmıştır. Bu paket program, tüp lineer indüksiyon motorunda kullanılan malzemelerin cinsini ve özelliklerini içeren malzemeleri bünyesinde bulundurmakla birlikte, farklı özellikteki malzemelerin kullanılabilmesine imkan vererek benzetim yapabilmektedir. Bu paket programla rotor üzerinde meydana gelen itme kuvveti hesaplanabilmektedir. Bu da bizim tasarımımızın ana noktasını teşkil etmektedir.

Yapılan literatür taramaları sonucunda otomatik kapıların hareketinde doğru akım motorlarının kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak otomatik kapıların hareketinde kullanılmak üzere parçalı statorlu tüp lineer indüksiyon motor tasarımı gerçekleştirildi.

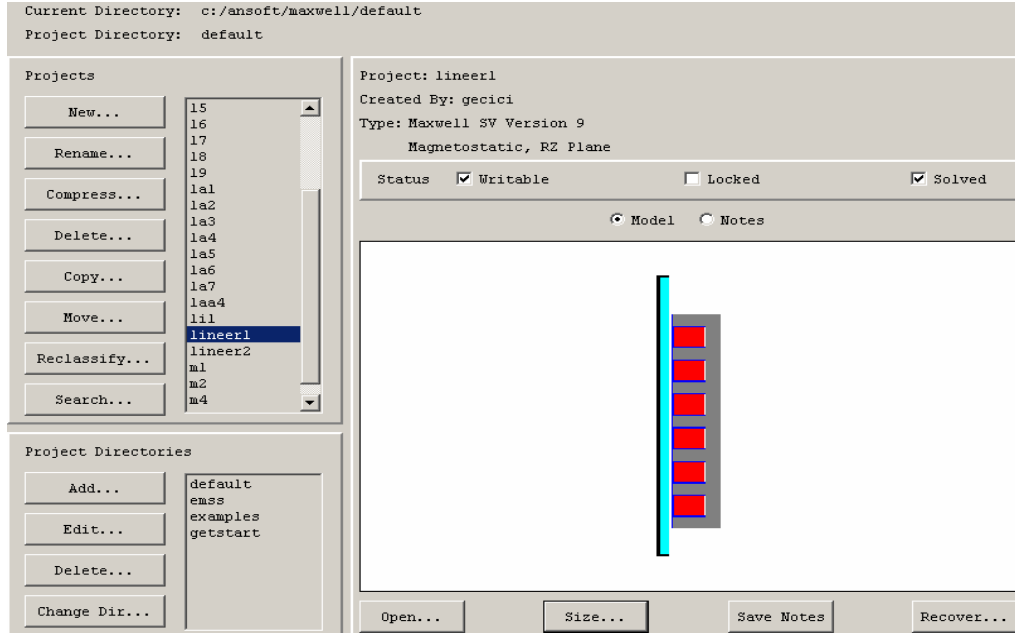
3.2. Benzetim Modeli



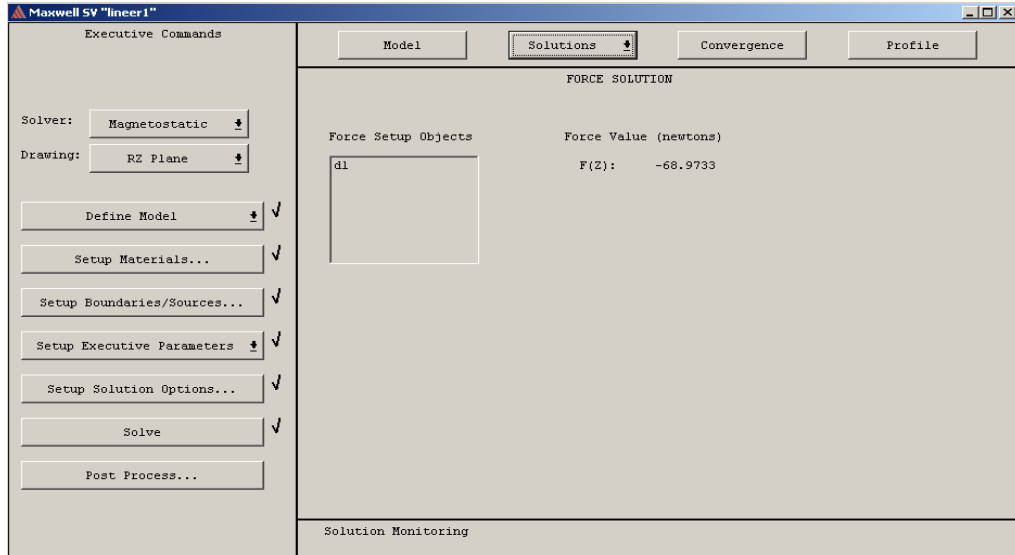
Şekil 3.3. Tüp tipi lineer indüksiyon asenkron motorun kesit görünümü

Tasarlanan tüp tipi lineer indüksiyon motoru ik kutupludur. Sargılar üç fazlı olarak tasarlanmıştır. Bobinler silindirik bir yapıdadır. Kullanılan manyetik malzeme ise trafo sacıdır. Rotor olarak ise üzerine bakır çubuk geçirilen çelik çubuk kullanılmıştır. Tüp tipi lineer indüksiyon motoru ise Şekil 3.3'teki gibi simetrik bir yapıya sahiptir.

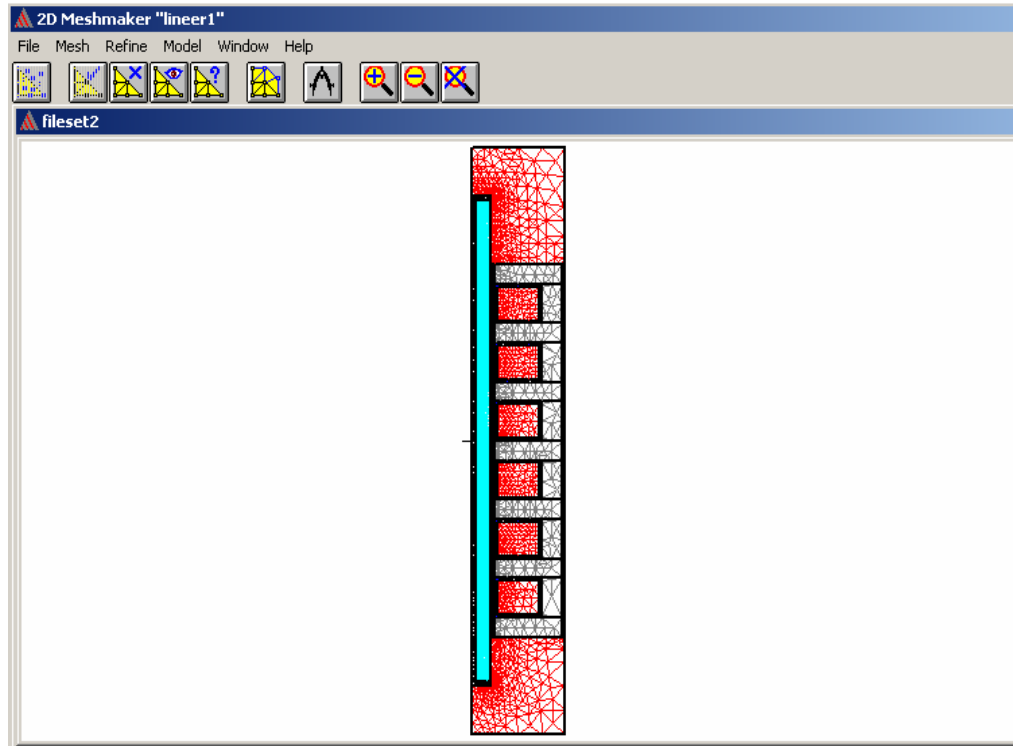
Şekil 3.3'teki tüp tipi lineer indüksiyon motorunu Ansoft Maxwell programında Çizelge 4.1'deki değerlere göre tasarladığımızda Şekil 3.4'de görülen tüp tipi lineer indüksiyon motorunun şeklini oluştururuz. Bu oluşturduğumuz motora bobin başına 12600 amperlik manyetomotor kuvvet uygulayıp sistemin similasyonunu yaptığımızda rotor üzerinde Şekil 3.5'te görülen 68,9733 N bir kuvvet oluşur. Bu değerde bizim Eşitlik 3.6'da hesaplamış olduğumuz etkin kuvvette yaklaşık bir değerdir. Motora ait sonlu eleman modeli Şekil 3.6'da görülmektedir. Sonlu eleman modelinde üçgen sayısı arttıkça çözüm doğruluğu ve buna bağlı olarak çözüm süresi de artmaktadır. Çalışmada kullanılan model 22424 adet üçgen bölgeden meydana gelmektedir. Sonlu eleman modelinde rotorun olduğu bölge daha çok sayıda elemana bölünerek çözümün doğruluğu arttırılmıştır.



Şekil 3.4. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun Ansoft Maxwell iki boyutlu modeli



Şekil 3.5. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun rotoruna etki eden kuvvetin Ansoft Maxwell programında bulunması

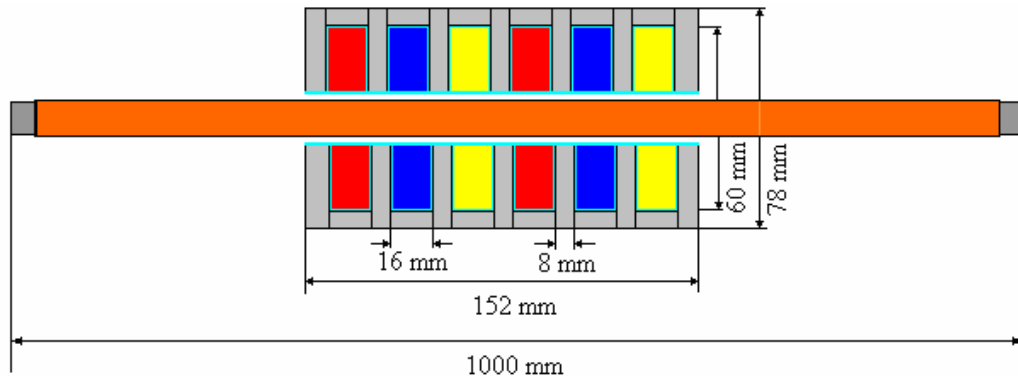


Şekil 3.6. Tüp tipi lineer indüksiyon motorunun sonlu eleman modeli

4. TASARIMI YAPILAN TÜP LİNEER İNDÜKSİYON MOTORUNUN YAPIMI VE KAPIYA MONTAJI

4.1. Tasarımı Yapılan Tüp Tipi Lineer İndüksiyon Motorun Yapımı

Bölüm 3'te tasarımını yaptığımız tüp lineer indüksiyon motorunun tasarımı Ansoft Maxwell tasarım programında aşağıdaki ölçülerde gerçekleştirildi.



Şekil 4.1. Yapımı gerçekleştirilecek olan tüp lineer indüksiyon motorunun enine kesiti

Tüp lineer indüksiyon motorunun sargıları 0,40 mm kalınlığında bakır iletken sarılmıştır. Sargıların sarılması için ısıya dayanıklı ve işlenmesi kolay olan poliamid karkas kullanılmıştır.

Manyetik akı yoğunluğunun yüksek olması, fuko ve histerizis kayıplarının az olması için; akı yoğunluğu 17000 gaus, manyetik kaybı 1 W/kg ve kalınlığı 0,30 mm olan silisli lamina saclar kullanılmıştır. Saclar tek parça şeklinde 8 mm ve 16 mm şeklinde özel makaslar da çapaksız olarak kesilmiştir. Kesilen 8 mm'lik saclar iç çapı 20 mm ve dış çapı 80 mm, 16 mm'lik saclar ise iç çapı 60 mm, dış çapı 80 mm olacak şekilde silindirik hale getirilmiştir.

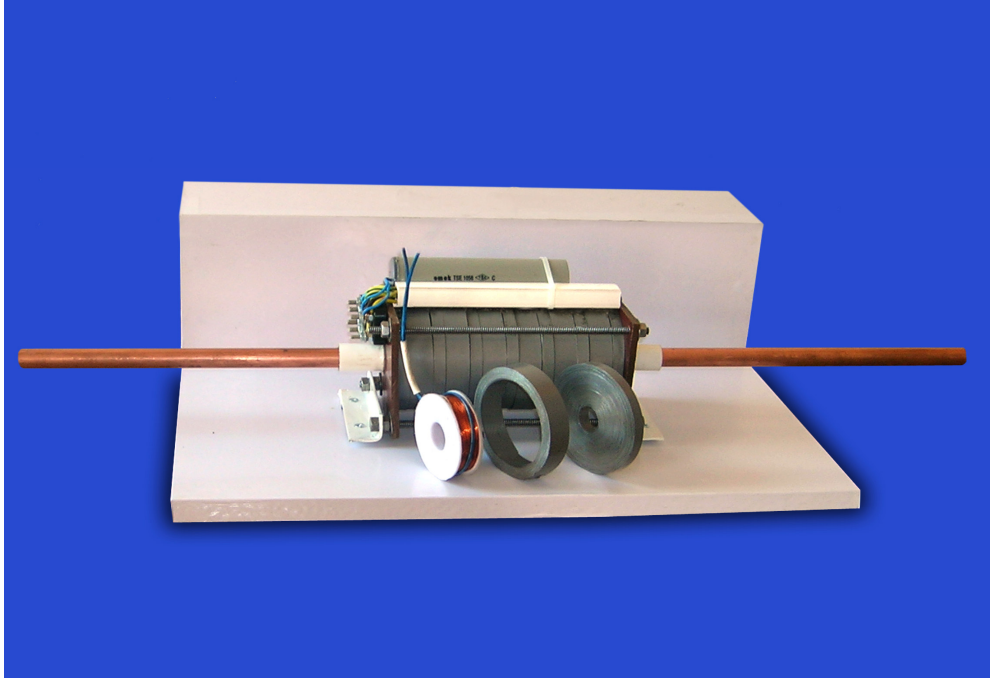
Tasarımını yaptığımız bu motorun en önemli özelliği, parçalarının her birisinin bir birinden ayrı olmasıdır. Bu durum hem montaj anında büyük kolaylık sağlamakta,

hemde bir arıza anında arızalı bobinler kısa zamanda kolaylıkla sökülebilmekte ve yenisi ile değiştirilebilmektedir. Ayrıca sargılar arasında bir temas olmadığı için, sargılar arası kısa devre oluşması engellenmektedir.

Rotor olarak 13 mm kalınlığında çelik boru kullanılmış ve çelik borunun üzerine 15 mm kalınlığında bakır boru geçirilmiştir. Tasarımı yapılan tüp lineer indüksiyon motorunun değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

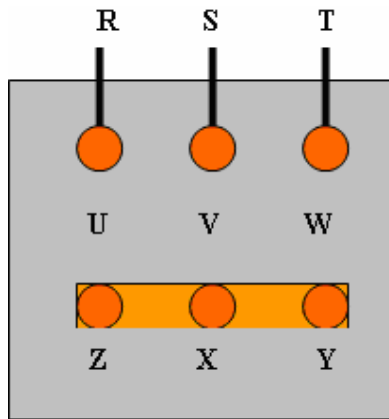
Çizelge 4.1. Tüp lineer indüksiyon motorunun imalat ölçüleri

Eleman	Değer
Faz sayısı	1 - 3
Kutup sayısı	2
Stator sargı spir sayısı(Kutup/Faz)	2100
Stator oyuk sayısı	6
Stator sac paketi dış genişliği	8 mm
Stator sac paketi yüksekliği	30 mm
Stator oyuk genişliği	16 mm
Stator sac kalınlığı	30 mm
Stator sargı genişliği	16 mm
Stator sargı yüksekliği	20 mm
Stator poliamid karkas çapı	18 mm
Rotor spir sayısı	1
Rotor uzunluğu	1000 mm
Rotor çelik çapı	13 mm
Rotor bakır çapı	15 mm
Hava aralığı	3 mm

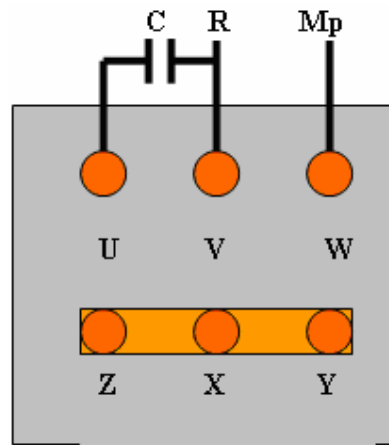


Resim 4.1. Tasarımı yapılan t p tipi lineer indüksiyon motorunun fotoğrafı

İmalatını yaptığımız t p tipi lineer motorun hem üç fazlı sistemde, hemde bir fazlı sistemde çalışacak şekilde klemens bağlantısı yapılmıştır. Bir fazlı sistemde çalışırken kalkınmayı sağlamak için sargılara 16 μ F ve 250 voltluk bir kondansatör ba lanmıştır. Motorun üç fazlı sistemdeki bağlantısı  ekil 4.3’de, bir fazlı sistemdeki bağlantısı ise  ekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Tüp lineer motorun
üç fazlı bağlantısı



Şekil 4.3. Tüp lineer motorun
bir fazlı bağlantısı

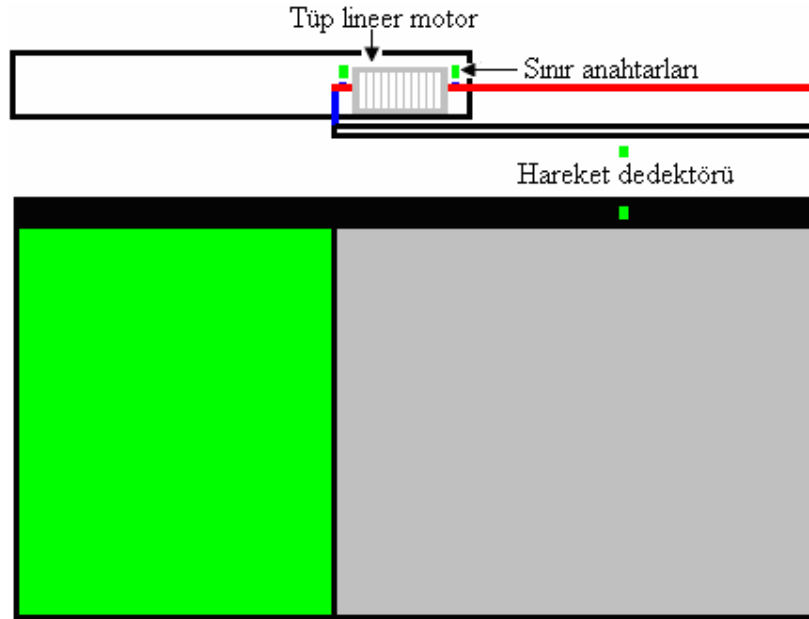
Tüp lineer indüksiyon motoru üç fazlı sistem ve bir fazlı sistem ile çalıştırıldığında Çizelge 4.2'deki deney sonuçları elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Tüp lineer indüksiyon motorunun deney sonuçları

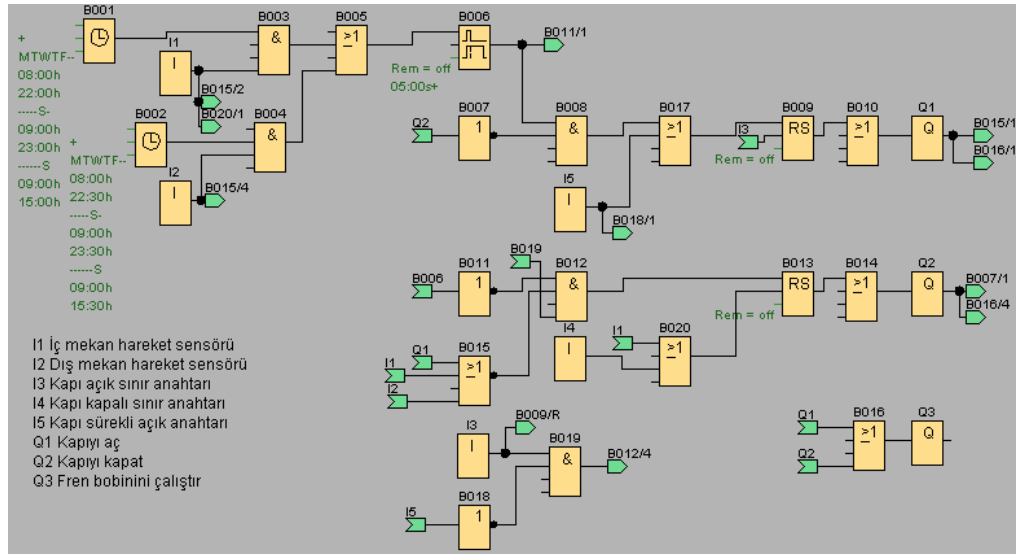
Üç fazlı sistem			Bir fazlı sistem		
U (Volt)	I (Amper)	P(Watt)	U (Volt)	I (Amper)	P(Watt)
380	2,7	1040	220	1,32	240

4.2. Tüp Tipi Lineer İndüksiyon Motorun Kapiya Montajı

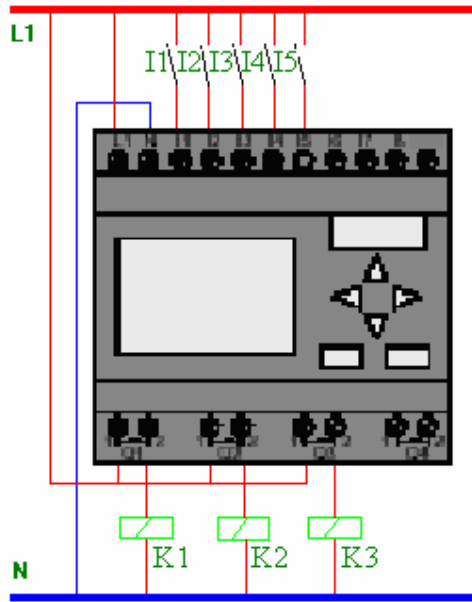
Tasarımını yapmış olduğumuz tüp tipi lineer indüksiyon motoru kapıya Şekil 4.5'teki gibi yerleştirilmiştir. Burada kapının hareketini manyetik sınır anahtarları sonlandırır. Kapımızın açılıp kapanmasını ise hareket dedektörü gerçekleştirir. Kapı otomasyonu için ise Siemens Logo 12 RC kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Tüp tipi lineer motorun kapıya montajı



Şekil 4.5. Siemens logo 12 RC ile kapı otomasyonu



Şekil 4.6. Sensör ve kontaktörlerin siemens 12RC logo bağlantısı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada otomatik açılıp kapanan kapılar için tüp tipi lineer indüksiyon motoru tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tüp tipi lineer indüksiyon motoru stator ve rotor olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır.

Sistemin tasarımı aşamasında Ansoft Maxwell analiz programından yararlanılmıştır. Bu program kullanılarak sistemin benzetimi iki boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak stator parçalı olarak yapılmıştır. Bu yapı sayesinde motorun imalatı ve montajı çok basit hale getirilmiştir. Stator nüvesi olarak manyetik akı yoğunluğu yüksek olan silisli sac lar kullanılmıştır. Stator da meydana gelen ısınmalardan bobinlerin etkilenmesini önlemek için, sargılar ısıya dayanıklı poliamid üzerine sarılmıştır. Sargılar tamamen birbirinden ayrılmış ve bu sayede sargıların birinde meydana gelen arızanın diğer sargılara hasar vermesi önlenmiş olmaktadır. Ayrıca motorumuz parçalı bir yapıya sahip olduğu için her hangi bir arızada parçalar ve sargılar kolayca sökülüp takılabilmektedir.

Rotor çelik bir boru üzerine bakır boru geçirilerek elde edilmiştir. Rotor açıkta havayla temas halinde olduğu için üzerindeki ısıyı kolayca çevreye verebilmektedir. Tüp tipi lineer indüksiyon motorlarında rotorun çok uzun olması esnemelere ve eğilmelere neden olabilir. Bu nedenle çok uzun lineer hareketlerde bu motorun kullanılması uygun olmayabilir.

Tasarımını yapmış olduğumuz tüp tipi lineer motorumuz sayesinde otomatik açılıp kapanan kapılarda hareket; hızlı ve doğrudur. Sistemde hareketli parçaların ve kullanılan eleman sayılarının az olması ise sistemin bakım gereksinimini çok düşük seviyeye indirmektedir.

Tasarımını yapmış olduğumuz tüp tipi lineer indüksiyon motoru otomatik açılıp kapanan kapıların dışında, özellikle pnomatik sistemlerde kullanılan piston uygulamalarında da çok rahatlıkla kullanılabileceği düşünülmektedir.

Motor tasarımı olarak optimum bir yapıya sahip olduğu için maliyeti düşük, işçiliği ise kolaydır. Ayrıca motorumuz her türlü ortamlarda çalışabilecek bir yapıya sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Buding, P-K., “The Application of Linear Motors”, *Power Electronics and Motion Control Conference*, Beijing, China, 1336-1341, (2000).
2. Bianchi, N., Bolognani, S., Corda, J.,” Tubular linear motors: A comparison of brushless PM and SR motors”, *International Conference on Power Electronics, Machines and Drives PEMD'02, Bath UK*, 487(IEE Conference publication), 626-631 (2002).
3. Xu, J. P., Lino, S., Ishiyama, A. “Design and characteristics analysis of superconducting tubular linear induction motors”, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 7(2): 660-663 (1997).
4. Haiwei, L., Jianquo, Z., Younquanq, G. “Development of a slotless tubular linear interior permanent magnet micromotor for robotic applications”, *IEEE TransactionsonMagnetics*, 41(10):3988-3990(2005).
5. Dixon, T.,”Linear Induction Motors: An Alternative Desing For Use In Broader Aplications”, Bitirme Projesi, *Oregon State University*, 6-7, (2004).
6. Çetin, İ., Schuisky, W, “Elektrik Motorları”, *Fatih Yayınevi*, İstanbul, 258-259 (1987).
7. Sarıoğlu, K. “Asenkron Makinalar”, *Çağlayan Kitabevi*, İstanbul, 267-269 (1983).
8. Erna, H. “Pratik Elektrik”, *İnkılap ve Aka Kitabevleri*, İstanbul, 343-345 (1979).
9. Laihwaite, E-R., “Linear Electric Machines- A Personel View”, *IEEE* , 63(2):275 (1975).
10. Gürdal, O. “Elektrik Makinalarının Tasarımı”, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 241-272 (2001).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : EKMEKÇİ, Mustafa
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 24.12.1967 Seydişehir
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (386) 212 62 66
 Faks :
 e-mail : ekmekci@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Elektrik Bölümü	1989
Lise	Seydişehir Endüstri Meslek Lisesi	1985

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1989-1998	Kırşehir Endüstri Meslek Lisesi	Öğretmen
1998-2006	Gazi Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Seyahat