

LİNEER ANAHTARLAMALI RELÜKTANS MOTORLA ASANSÖR TAHRİKİ*

Mahir Dursun**

Doç. Dr.,
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,
Elektrik Elektronik Müh. Bölümü,
Ankara
mdursun@gazi.edu.tr

Süleyman Ateşoğlu

Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara
atesogluss@gmail.com

ÖZET

Asansör sistemlerinde kabin hareketinin hızı, ivmelenmesi ve bu hızın kalitesi hem yolcu bekleme süresinde hem de yolculuk kalitesinde önemli bir etkidir. Ayrıca bu yolcuların, yolculukları süresince güvenliği ve asansörün enerji tüketimi kabin hareketini sağlayan mekanizma ve kullanılan motorlar ile ilgilidir. Bu nedenle yüksek verimli, güvenilir ve yüksek hızlı asansör motorlarının tasarımı ve asansörlere uygulaması oldukça önemlidir. Bu çalışmada hızlı, yüksek verimli ve güvenli 311 V, 1800 W gücünde, 12/8 kutuplu, 3 fazlı, çift yanlı 2 m uzunluğundaki lineer anahtarlama relüktans motorun (LARM) asansöre uygulaması sunulmaktadır. Çalışmada kullanılan motor PIC18F452 mikrodenetleyicisi ile kontrol edilmiş ve prototip olarak 3 duraklı bir asansör gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan hızlı ve güvenilir taşımacılıkta kullanılacak bir asansör çeşidi olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lineer motor, asansör, lineer motor kontrol, lineer anahtarlama relüktans motor uygulamaları, PIC18F452

ELEVATOR DRIVING BY LINEAR SWITCHED RELUCTANCE MOTOR

ABSTRACT

Velocity, acceleration and quality of velocity of cabinet are important factors both passenger waiting time and quality of itinerary in elevator systems. In addition, both of the acceleration of cabinet and velocity are affect both in quality of cabinet and energy consumptions. Energy consumption and the quality of itinerary are related with mechanism and used motors which are used for movement of cabinet. For this reason it is important that to design and implementation of high speed electrical motors that they have high efficient and safety for elevator industry. In this study, high speed, efficiently and safety, 311 V, 1800 W, 12/8 pole, 3 phase, 2 m long double-sided linear switched reluctance motor (LARM) application is presented. The motor used in the application are controlled by PIC18F452 microcontroller and made a three-stop elevator as a prototype. From the obtained result, it is concluded that the elevator can be used in fast and reliable transportation.

Keywords: Linear motor, elevator, linear motor control, linear switched reluctance motor applications, PIC18F452

** İletişim yazarı

Geliş tarihi : 05.12.2014
Kabul tarihi : 22.12.2014

* 25-27 Eylül 2014 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası ve Elektrik Mühendisleri Odası tarafından İzmir'de düzenlenen Asansör Sempozyumu'nda sunulan bildiri, dergimiz için yazarlarınca makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Dursun, M., Ateşoğlu, S. 2014. "Lineer Anahtarlama Relüktans Motorla Asansör Tahriki," Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 658, s. 52-59.

1. GİRİŞ

Asansör sistemlerinin güvenilir olması şartının yanında ayrıca hızlı, konforlu, uzun ömürlü, ucuz, az bakım gerektirmesi, kararlı ve verimli olmaları istenir. Hidrolik tip olanları da bulunmasına rağmen elektrik motor tahrikli olan asansörler daha fazla kullanılmaktadır. Elektrik motorlu olanların ise son yıllarda fırçasız DC motor kullanımları da bulunmasına rağmen neredeyse tamamına yakınında üç fazlı asenkron motor kullanılmaktadır. Bu asenkron motorlar ise bilindiği gibi dairesel dönme hareketi yaparlar.

Dairesel hareket yapan asenkron motor ile doğrusal hareket eden asansörlerin tahriki için motor, redüktör, kasnak ve kumanda panosundan oluşan bir makina dairesine ihtiyaç duyulur [1]. Ayrıca makina dairesinin dışında kılavuz raylar, pabuçlar ve halat kabin hareketi için gereklidir. Dönen bir motordan doğrusal bir kabin hareketi elde etmek için gerekli olan bu ünitelerin her biri, hem maliyeti artırmakta hem de verimin ve güvenilirliğin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca bakım süresini ve ömrü azaltmaktadır. Bu nedenle son yıllarda bu problemin çözümü için halatsız ve makina dairesiz asansör tasarımları yaygınlaşmaktadır.

Doğrusal hareketler için doğrudan tahrikli lineer sistemlerin tasarımı endüstri için bir devrim niteliği taşımaktadır [2]. Asansör kabini gibi doğrusal hareket eden sistemlerin de doğrudan tahrikli doğrusal motorlar ile tahrik edilmesi asansör sektöründe önemli gelişmeleri beraberinde getirecektir. Bu nedenle asansör tahriki için özgün doğrusal motor tasarımları önem kazanmaktadır.

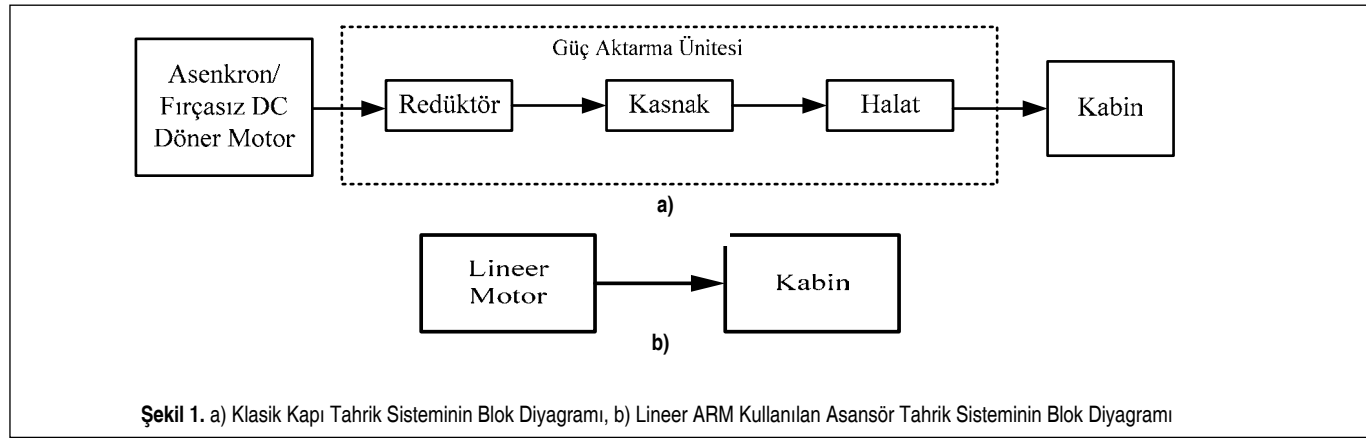
Halatsız ve makina dairesiz elektrik motor tahrikli asansörlerde lineer motorlar kullanılmaktadır. Bu motorların çeşitlerinin seçimi, çalışma prensipleri, kullandığı enerji türü gibi pek çok faktör asansörlerin verimini ve güvenilirliğini etkilemektedir. Asenkron motor tipi alternatif akım (AA) ile çalışan lineer motorlar çok yüksek maliyet gerektirmesi, işçiliklerinin zor ve verimlerinin düşük olması gibi nedenlerle pratik uygulamalarda beklentileri karşılamamıştır [3]. Basit yapıları, yüksek verim ve değişken hızın yanı sıra arıza oranının düşük olması, hassas konum kontrolü ve düşük maliyetinden dolayı lineer anahtarlama relüktans motorlar (LARM) diğer AA ve doğru akım (DA) motorlarına alternatif olarak birçok uygulama alanı bulmuştur. Bu motorlar yapı bakımından stator kutup sayısı rotor kutup sayısından farklı ve rotorlarında herhangi bir sargı bulunmayan fırçasız DA motorlarıdır [4]. LARM'lar özellikle raylı taşımacılık sistemleri ve dokuma tezgâhları gibi doğrusal hareketin olduğu yerlerde kullanılmaları, alışılmadık döner sistemlere göre avantajlar sağlamaktadır. Diğer doğrusal motorlar ile kıyaslandıklarında ARM'ların sahip oldukları avantajlara sahip olan LARM'lar çok daha etkili çözümler sunabilecek potansiyelindedir [5].

LARM'lar yarı iletken teknolojisinin gelişimi ile birlikte oldukça hızlı bir gelişme kaydetmişlerdir. Hız kontrol aralığının çok geniş olması nedeniyle bu motorlar son yıllarda yaygın bir kullanım alanı bulmaktadırlar. Yapılarının basit, bakım ve üretim maliyetlerinin düşük olmasından dolayı tüketiciye ve endüstriye yönelik uygulamalarda gittikçe artan bir ilgiye sahiptir [6]. Sağladığı avantajlar nedeniyle hareket kontrol sistemlerinde diğer AC ve DC motorlara alternatif olarak birçok uygulama alanı vardır [7]. Uygun bir konvertör devresi ve sürme sistemi ile kontrol edilen dairesel ARM'da diğer elektrik motorlarından daha yüksek verim elde edilebilir. Bu motorlar yapı bakımından stator kutup sayısı rotor kutup sayısından farklı ve rotorlarında herhangi bir sargı bulunmayan fırçasız DC motorlardır [8].

İlk LARM 2008 yılında Krishnan tarafından asansör sisteminde kullanılmıştır. 2009 yılında ise Dursun [4] tarafından asansör kapıları için bir LARM tasarlanmış ve yayınlanmıştır [2]. Bu çalışmada ise önceki çalışmalardan farklı olarak yüksek verimli, güvenilir ve yüksek hızlı çift yanlı bir lineer anahtarlama relüktans motor ve motor sürücüsü tasarlanarak 3 duraklı bir asansör sistemine uygulanmış ve deney sonuçları verilmiştir. Çalışmada 311V, 1800 W gücünde, 12/8 kutuplu, 3 fazlı, 2 m uzunluğunda çift yanlı lineer anahtarlama relüktans motor (LARM) uygulaması sunulmuştur. Asansörde kabin aynı zamanda lineer motorun translatörü olarak kullanılarak halatsız olarak çalışabilecek ve halatsız uygulamalara da örnek olabilecek bir sistem haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan motor PIC18F452 mikrodenetleyicisi ile kontrol edilmiş ve prototip olarak 3 duraklı bir asansör gerçekleştirilmiştir. Bu makalenin ikinci bölümünde LARM'ın çalışma prensibi anlatılarak matematik modeli ve dinamik denklemleri verilmiştir. Üçüncü bölümde ise simülasyon sonuçları elde edilerek kontrol stratejisi belirlenmiştir. Dördüncü bölümde ise motoru ile birlikte tasarlanan asansör ve motor sürücüsü verilmiştir. Son bölümde ise deney sonuçları verilerek irdelenmiştir.

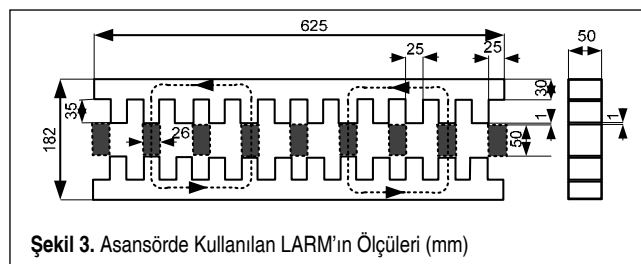
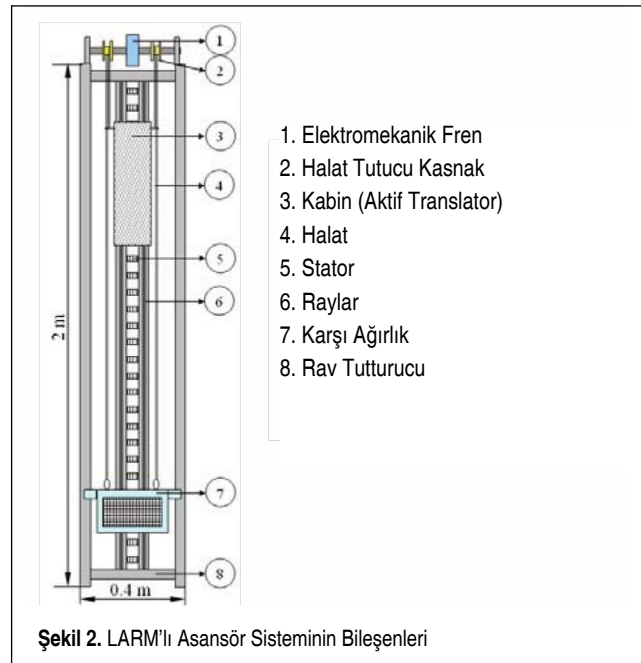
2. LİNEER ANAHTARLAMALI RELÜKTANS MOTORLA ASANSÖR TAHRİK SİSTEMİ TASARIMI

Klasik asansör tahrik sisteminin blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de verilen blok diyagramında görüldü gibi doğrusal hareket eden bir kabini dairesel bir motorla redüktör, kasnak ve halat kullanılarak ray ve pabuçlar yardımı ile tahrik edilmektedir. Bu yöntem hem kabinin tepki hızının azalmasına hem de güç aktarma organlarının sürtünmesi nedeniyle verimin düşmesine neden olmaktadır. Şekil 2'de ise çift taraflı LARM'lı bir asansör kapısı tahrik sistemi görülmektedir. Sistemde hava aralığının gücü direkt olarak kabin mekanizmasına aktararak sürtünmeler en aza inmektedir. Bu sistemde motorda da fırça ve kolektör olmadığı için sürtünmeler az,



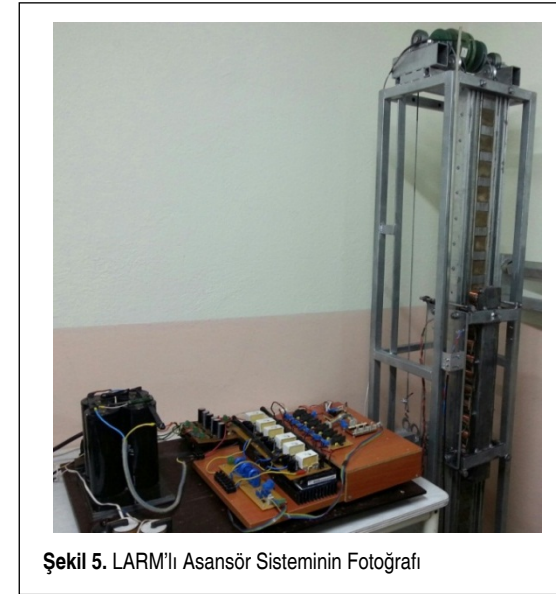
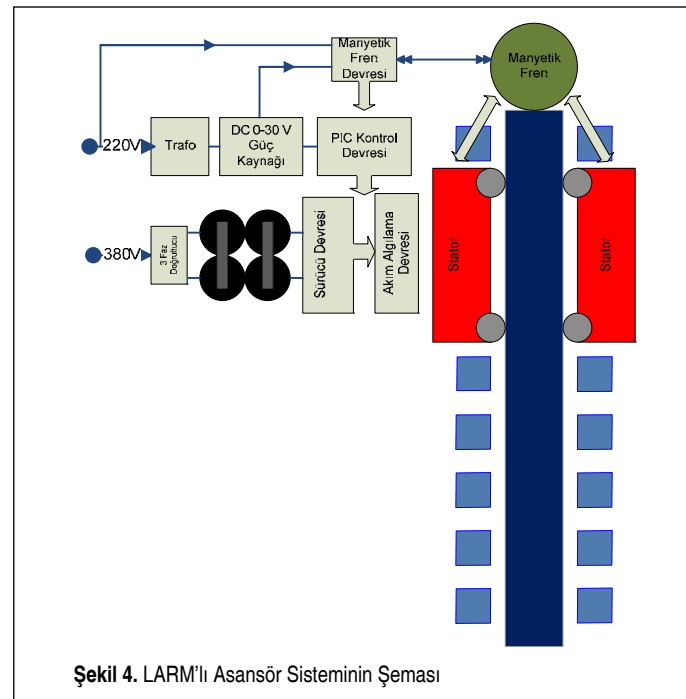
motor verimi ise yüksektir. Ayrıca güç aktarımında kayış, kasnak ve redüktörden kaynaklanan kayıplar yoktur ve fazladan kullanılan güç aktarma elemanları kaldırılarak maliyet azaltılmıştır.

Şekil 2'de LARM'lı asansör sisteminin bileşenleri şeması verilmiştir. Şekil 3'te ise verilen şemanın ve tasarımı yapılan LARM'lı asansör sisteminin motorunun görüntüsü verilmiştir. Şekil 3'te tasarımı yapılarak asansör sistemine yerleştirilen LARM'ın ölçüleri milimetre olarak verilmiştir [3].



Tasarımda LARM'da kabini translator hareket ettirmektedir. Aynı zamanda translator kabine doğrudan bağlanmış ve sargılar translator kutupları üzerine yerleştirilmiştir. Bu standarda uygun bir motor tasarımı yapılmıştır. Şekil 4'te LARM'lı asansör sisteminin şeması, Şekil 5'te ise LARM'lı asansör sisteminin fotoğrafı verilmiştir.

Mekanik hareketi dairesel bir hareket olmayıp yatay eksen (x veya y eksenleri) üzerinde hareket eden motorlara lineer motor denir. Yani lineer motorlar X ve Y yönlerinde veya X ve Y düzleminde herhangi bir vektör yönünde hareket ederler. Birinci mekanik bileşen, gücü oluşturan hareketli armatürdür. Armatürün statora sabitlendiği (demir nüve) kısım ikinci bileşendir. Armatür ve stator arasında sabit bir mil yatağı (hava aralığı) olup, kapalı geometrik şekilde dönmeye izin verir. Yükü harekete geçirmek, demir nüve uzunluğuna bağlı olan güçte değişir. Bu değişim bir yükü getiren motorun rotor hareketine benzemez. Ayrıca güç iletimi için mekanik üstün-

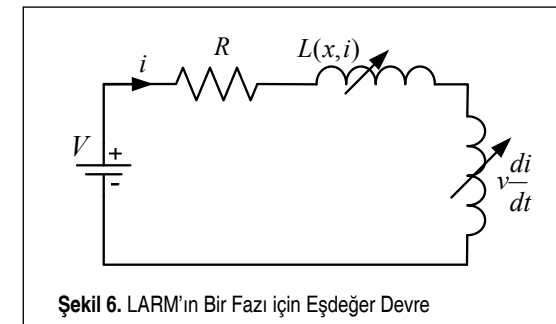


lüklerle de sahip değildir. Lineer motorlar; birçok lazer işleme tezgahları, güneş paneli imalatında, cam işlemede, paketlenme makinalarında, transfer sistemlerinde, yarı iletken endüstri uygulamalarında, test ve ölçüm teknolojilerinde kullanılmaktadır.

3. ASANSÖR SİSTEMİNDEKİ LARM'IN STATİK ANALİZİ

Lineer motorlarda rotor endüktansı ve translator pozisyonu, sargıdan geçen akıma bağlı olarak değişir. Şekil 6'da lineer motorun bir faz için çıkarılmış eşdeğer devresi görülmektedir.

LARM'ın bir stator fazının gerilim denklemi;



$$V = Ri + \frac{d\Psi(X,i)}{dt} M(X) \frac{di}{dt} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Elektriksel eşdeğer devrede verilen, V kaynak (bara) gerilimi, i faz sargı akımı, R stator faz direnci, M(X) karşılıklı endüktans, X rotor pozisyonu, i' ilgili fazdan önce uyarılan sargı akımını ifade etmektedir. Doyum ihmal edildiğinde manyetik akım $\Psi=L(X).i$ olduğundan yeniden düzenlenerek,

$$V = Ri + \frac{d(L(X,i))}{dt} - M(X) \frac{di}{dt} \quad (2)$$

olmaktadır. Burada L(X,i) faz endüktansını göstermektedir. Türevsel ifade karşılıklı endüktans ihmal edilerek;

$$V = Ri + L(X) \frac{di}{dt} + i \frac{d(X)}{dt} \quad (3)$$

şekline gelir. Karşılıklı endüktans ihmal edildiğinde;

$$\frac{dL(X,i)}{dt} = \frac{dL(X,i)}{dX} v \quad (4)$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{di}{dX} v \quad (5)$$

$$V = Ri + L(X) \frac{di}{dX} v + i \frac{dL(X)}{dX} v \quad (6)$$

olmaktadır. Burada v doğrusal hızı ifade etmektedir. Motor faz akımları pozisyona göre değişmekte olup devrenin denklemi yeniden düzenlenerek K_a , K_b , ve K_c motor fazları için birer sabit olmak üzere;

$$K_a = R + v (dL_a/dX) \quad (7)$$

$$K_b = R + v (dL_b/dX) \quad (8)$$

$$K_c = R + v (dL_c/dX) \quad (9)$$

olur.

Motor elemanlarının tamamı durum uzay formunda $\dot{X} = Ax + Bu$ ile gösterilirse şu matrisel form yazılır:

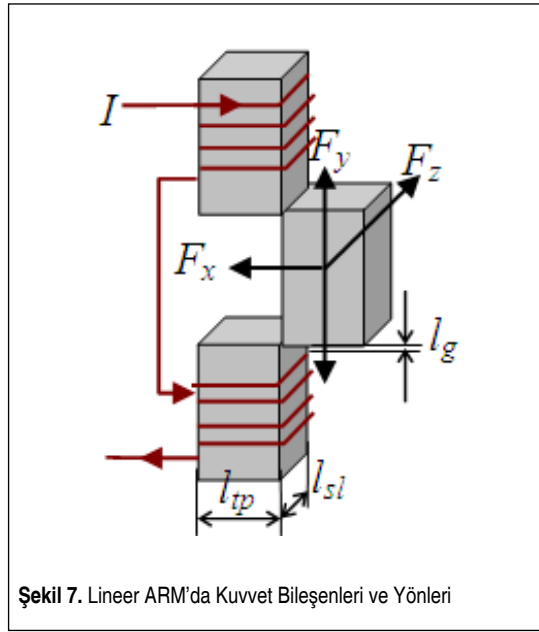
$$\begin{bmatrix} \dot{i}_a \\ \dot{i}_b \\ \dot{i}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{K_a}{vL_a} & 0 & 0 \\ a & -\frac{K_b}{vL_b} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{K_c}{vL_c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{1}{vL} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [V] \quad (10)$$

Çift taraflı LARM'da itme veya ileriye çekme kuvveti (F_x), sürüklenme kuvveti (F_y) ve yanıl kuvvet (F_z) olmak üzere 3 eksenli kuvvet endüklendir. Bu kuvvetlerin yönü Şekil 7'de verilmiştir. Güç bileşenlerinden F_x , Denklem 11; F_y , Denklem 12 ile hesaplanır.

$$F_x = \frac{B_g^2}{2\mu_0} YZ = \frac{B_g^2}{2\mu_0} l_{sl} l_g \quad (11)$$

$$F_y = \frac{B_g^2}{2\mu_0} XZ = \frac{B_g^2}{2\mu_0} l_{sl} l_{tp} \quad (12)$$

Lineer ARM'da hareketi ve hızı sağlayan kuvvet F_x 'dir.



Şekil 7. Lineer ARM'da Kuvvet Bileşenleri ve Yönleri

4. LARM'IN DİNAMİK ANALİZİ VE BENZETİMİ

LARM'ın çekme kuvveti ve kabin ağırlığı; hız, sürtünme ve ivmelenme arasındaki ilişki Denklem 11 ile bulunur.

$$F = m \frac{dv}{dt} + Bv + F_L \quad (13)$$

Burada F motor tarafından endüklenen çekme kuvveti (N), m kabin ağırlığı, B sürtünme katsayısı, F_L yük kuvvetidir. Bu modelde, histerisiz ve eddy akımlarından dolayı oluşan kayıplar ihmal edilmiştir. Modelin doğruluğu motor sacının şekline, kalınlığına, cinsine, haddelenme sıcaklığına ve yöntemi ile birleştirmelerdeki hava aralığı ile orantılı ve üzerine sarılan bobinin tur sayısının karesi ile doğru orantılı olarak değişen sargı endüktansının doğru modellenmesine bağlıdır. Yine de yaygın uygulama bu LARM'da endüktansın pozisyona göre değişen hava aralığının Cosinüs sinyaline çok benzemesi ve kolay olması nedeniyle bu sinyal gibi olduğu şeklindedir. Denklem 14-18'de bu endüktansın motor fazlarına uyarlanması verilmektedir.

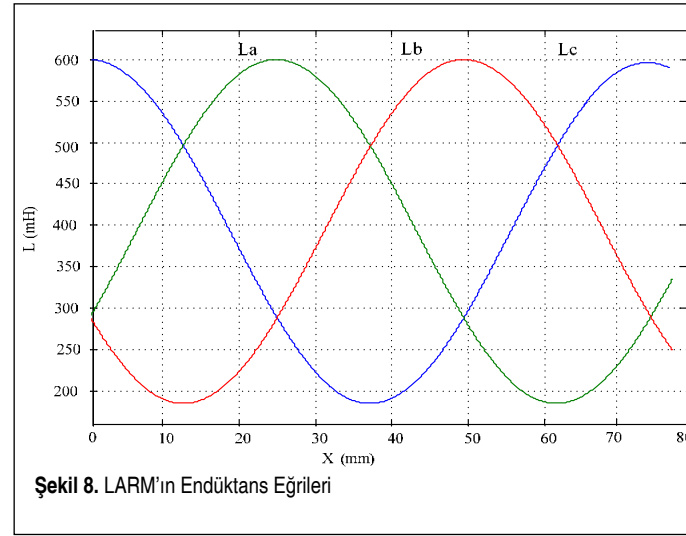
$$L_1 = (L_{\max} + L_{\min}) / 2 \quad (14)$$

$$L_2 = (L_{\max} - L_{\min}) / 2 \quad (15)$$

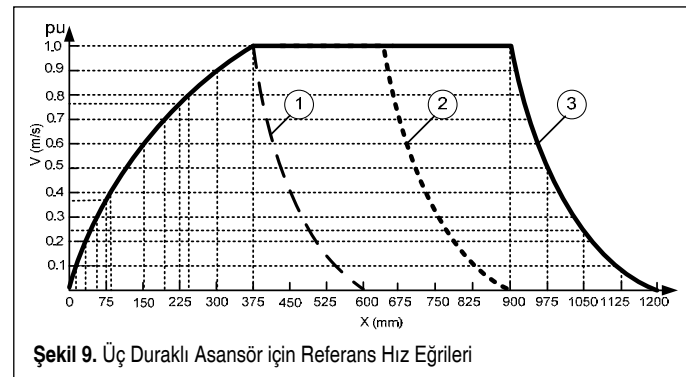
$$L_a = L_1 + L_2 \cos 8x \quad (16)$$

$$L_b = L_1 + L_2 \cos(8x + 2\pi / 3) \quad (17)$$

$$L_c = L_1 + L_2 \cos(8x - 2\pi / 3) \quad (18)$$



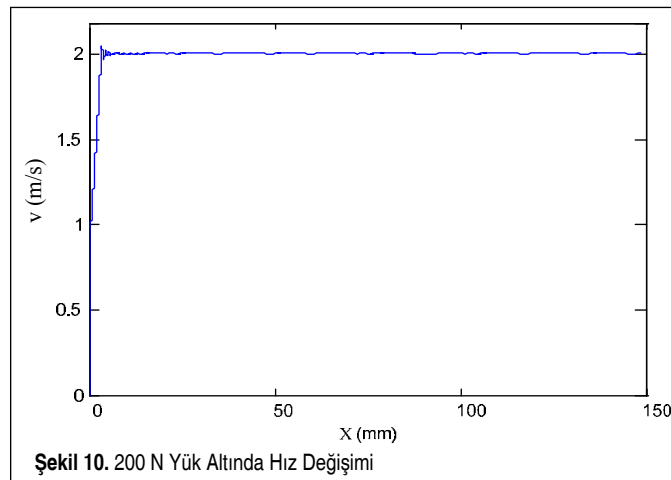
Şekil 8. LARM'ın Endüktans Eğrileri



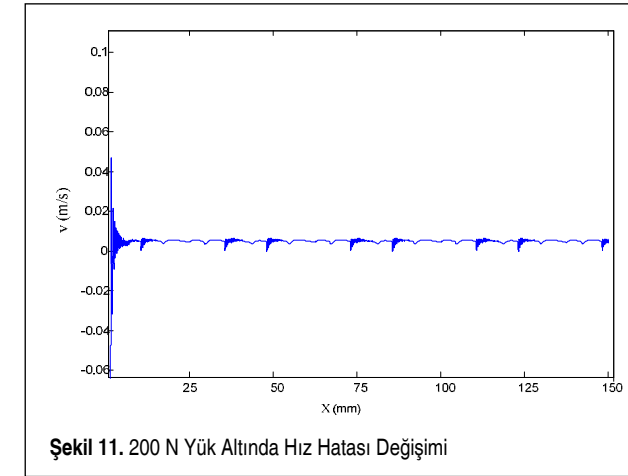
Şekil 9. Üç Duraklı Asansör için Referans Hız Eğrileri

Cosinüs metoduna göre 3 fazlı LARM'ın endüktans profilleri Şekil 8'de verilmiştir. Verilen endüktans grafiğindeki eğrilerin değerleri asenkron motorlardaki gibi standart olmayıp motor tasarımına göre değişmekte ve sadece bu motor için hesaplanan değerlerdir.

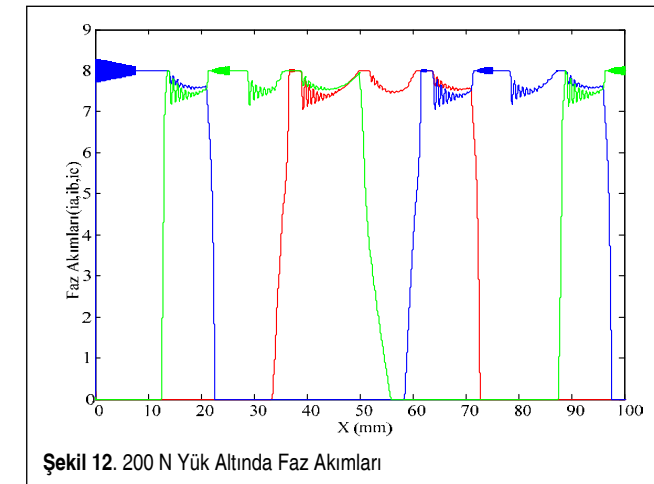
Asansör motorunun hızının kontrolünde kullanılacak 3 durak için üç farklı referans hız grafiği Şekil 9'daki sistemde verilmiştir. Bu egride, ivmenin yürürlükteki yönetmeliklere uygun



Şekil 10. 200 N Yük Altında Hız Değişimi



Şekil 11. 200 N Yük Altında Hız Hatası Değişimi



Şekil 12. 200 N Yük Altında Faz Akımları

olmasına dikkat edilmiştir. Kontrolde bu grafiğin fonksiyonu eğri uydurma metodu ile bulunarak bütün noktalar sürekli hale getirilmiştir.

Şekil 10'da kabin yükünün 200 N yük altında hız değişimi verilmiştir. Aynı yük durumunda motor hızı ile referans hızı arasındaki hata grafiği ise Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 12'de ise bu yükün tahriki sırasında çekilen motor faz akımlarının ilk 10mm'deki grafiği verilmiştir.

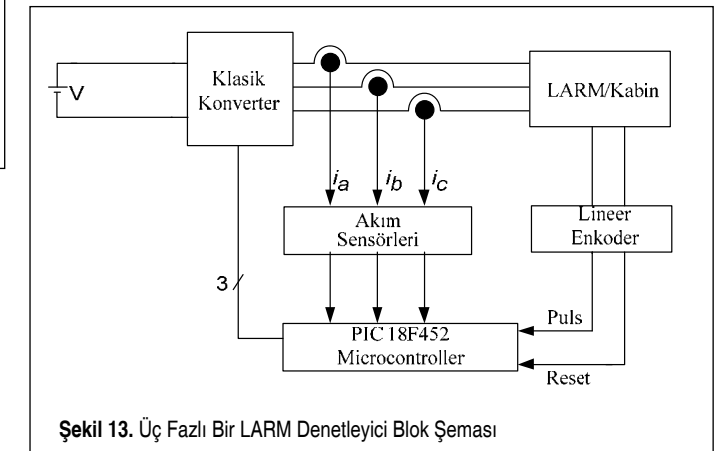
5. LARM'IN KONTROLÜ VE SÜRÜCÜ DEVRESİ

Motorun uygun fazı enerjilendirildiğinde motor hareketi ile birlikte motorun endüktansında bir değişim meydana gelir. En yakın rotor kutbu hizalı pozisyonda olmayan (relüktansın az olduğu pozisyon) translator kutbu tarafından çekilir. Aynı zamanda motor çekme kuvveti artarken manyetik devrede relüktans azalır. İşte motorun hizalı pozisyona geçerken değişen endüktans kadar tork üretilir. Yani ayrı pozisyondan hizalı pozisyona geçerken oluşan endüktans farkı motorun torkunu etkiler. Diğer parametre ise akımın karesidir. Akımın karesi olduğundan oluşan tork akımının yönünden bağımsız ve ka-

resi kadardır. Motorun torkunun yönü değiştirilmek istenildiğinde anahtarlama sırasının değiştirilmesi yeterlidir. Motorun performansını ve pozitif tork üretimini çeviricinin özelliği de etkilemektedir.

Şekil 13'te üç fazlı bir LARM denetleyici blok şeması verilmiştir. Sistemin çalışması bir doğru akım kaynağından beslenen 3 fazlı klasik konverter anahtarlarının uygun faz ve pozisyonda ikişer ikişer tetiklenmesi prensibine dayanır. Eğer motor faz akımlarından birisi veya ikisi referans değeri geçerse ilgili faz anahtarlarından birisi kesime götürülerek akım kısıymı gerçekleştirilir. Akım referans aralıkta ise anahtarlar mevcut durumu korur. Bu şekilde anahtarlama yapılan konvertörden beslenen motor dolayısıyla kabin hareket eder. Kabinin hareketi sırasında pozisyon lineer encoder ile algılanarak mikrodenetleyiciye gönderilir. Bu çalışmada kullanılan mikrodenetleyici 2 adet Capture/Compare ve PWM kanalına sahiptir. Bu nedenle bu kanallardan bir tanesi Capture olarak kullanılarak pozisyon okunmuş, diğer kanal ise PWM çıkışı olarak kullanılmıştır. Bu nedenle bir adet PWM ile 3 farklı fazın kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için her üç faza da aynı PWM uygulanarak bir 3 adet VE kapısı içeren entegreden geçirilerek 3 adet PWM gibi kullanılmıştır.

Şekil 14'te gerçekleştirilen üç fazlı bir klasik LARM sür-

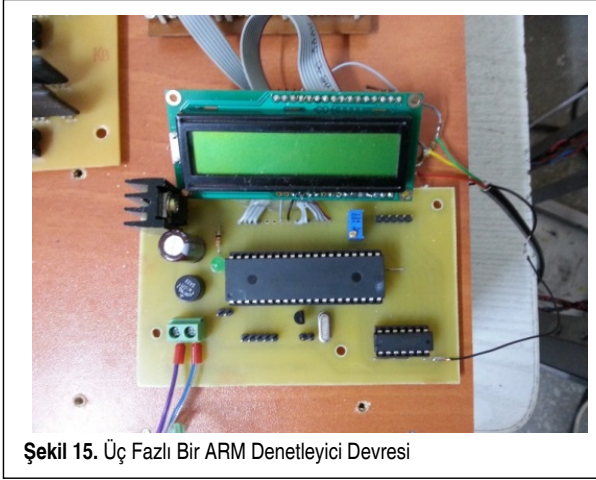


Şekil 13. Üç Fazlı Bir LARM Denetleyici Blok Şeması



Şekil 14. Üç Fazlı Klasik Bir LARM Sürme Devresi

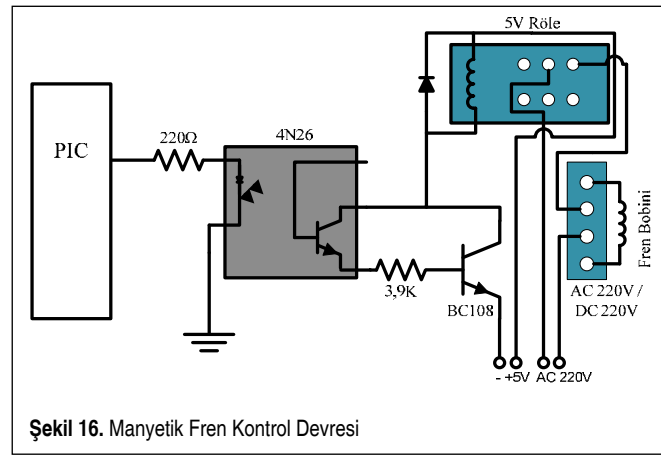
me devresinin fotoğrafı görülmektedir. Sürücüde kullanılan IGBT'ler Mitsubishi marka 100 A, 1200 V'luktur. Sistemde kullanılan snubber kondansatörünün değeri $0,33 \mu F$ 'tır. Anahtarlar frekansı 5 kHz'dir. Bu IGBT'lerin sürülmesinde de yine uygun IGBT sürücüsü kullanılmıştır. Bu IGBT sürücülerini 300 A'e kadar olan IGBT'leri sürebilmekte ve 40 kHz'e kadar frekansta çalıştırılabilmektedir.



Şekil 15. Üç Fazlı Bir ARM Denetleyici Devresi

6. MANYETİK FREN KONTROL DEVRESİ

Lineer motor asansör kabininin hareket etmediği durumlarda güvenlik için motor milinin hareket etmesini engelleyen bir fren sistemi mevcuttur. Frenler asansör hareketsizken devrededir ve frenleme aktiftir. Lineer anahtarlamalı relüktans motor devresinde motorun harekete geçebilmesi için öncelikle manyetik frenin devreden çıkarılması gerekmektedir. Asansör kabininin gerekli durumlarda durması/durdurulması için frenin tekrar devreye alınarak motorun istenilen konumda durması sağlanmaktadır. Frenin devreden çıkarılması için mikrodenetleyiciden 4N26 optocoupler'a bir sinyal gönderilmektedir. Böylece, balatayı çalıştıracak sistem ile denetleyici



Şekil 16. Manyetik Fren Kontrol Devresi

arasında elektriki olarak yalıtım sağlanmış olur. Optocoupler BC108 transistörünü tetiklemektedir. Transistör tetiklendiğinde 5V'luk rölenin normalde açık kontağı kapanır; AC 220V'un köprü diyot vasıtasıyla doğrultulması sonucu çıkışı olan DC 220V fren bobinini enerjiler ve balata açılmış olur.

7. SONUÇ

Asansör sistemlerinde kabin hareketinin hızlı ve asansör kapılarının açılıp kapanma süresi, yolcu bekleme sürelerinde önemli bir etkidir. Bu nedenle yüksek verimli, güvenilir ve yüksek hızlı asansör motorlarının tasarımı ve asansörlere uygulaması oldukça önemlidir. Bu çalışmada 311 V, 1800 W gücünde, 12/8 kutuplu, 3 fazlı, çift yanlı lineer anahtarlamalı relüktans motor (LARM) uygulaması sunulmuştur. Çalışmada kullanılan motor PIC18F452 mikrodenetleyicisi ile kontrol edilmiş ve prototip olarak 3 duraklı bir asansör gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarından konforlu, ivmelenme ve referans hızı takipte doğruluk payı fazla, yüksek hızlı, yüksek verimli ve düşük DC gerilim seviyesinde çalışabildiği için güneş enerji destekli olarak da kullanılabilir bir asansör sistemi tasarlanmış ve prototip uygulaması yapılarak deney sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan hızlı ve güvenilir taşımacılıkta kullanılabilir bir asansör olduğu kanaatine varılmıştır.

SEMBOLLER

V	: Kaynak (bara) gerilimi (Volt)
i	: Faz sargı akımı (Amper)
R	: Stator faz direnci (Ω)
M(X)	: Karşılıklı endüktansı (H)
X	: translator pozisyonu (mm)
i'	: İlgilifazdan önce uyarılan sargı akımı (A)
$\frac{di}{dt}$: İlgili fazdan önce uyarılan sargı akımının türevi (A/s)

$\frac{d\psi(X,i)}{dt}$: Akım ve pozisyona göre değişen manyetik akımın türevi (maxwell/s)

Ψ	: Manyetik akı (Maxwell)
v	: Doğrusal hız (m/s)
K_a	: A fazı için değişen katsayı
K_b	: B fazı için değişen katsayı
K_c	: C fazı için değişen katsayı
F_x	: İleriye çekme kuvveti (N)
F_y	: Sürüklenme kuvveti (N)

F_z	: Yanal kuvvet (N)
F	: Motor tarafından endüklenen kuvvet (N)
F_L	: Yükün uyguladığı toplam kuvvet (N)
m	: Kabinin ağırlığı (kg)
B_g	: Stator ile transtor arasındaki boşluğun manyetik akı yoğunluğu (W/m^2 , Tesla)
μ_0	: Hava boşluğunun manyetik geçirgenliği (permability)
Z	: Z eksen
Y	: Y eksen
l_{sl}	: Kutup eni(mm)
l_g	: Stator ile translator arasındaki hava boşluğu (mm)
l_{ip}	: Kutup genişliği (mm)
B	: Motorun sürtünme kuvveti (N)

KAYNAKÇA

1. Dursun, M., Özbay, H., Koç, F. 2010. "Lineer Motorlu Bir Asansör Kapı Tahrik Sistemi," Asansör Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2010, İzmir.
2. Lim, H. S., Krishnan, R., Lobo, N. S. 2008. "Design and Control of a Linear Propulsion System for an Elevator Using Linear Switched Reluctance Motor Drives," IEEE Transaction on Industrial Electronic, vol.55, no.2, p. 534-542.
3. Dursun, M., Fenercioğlu, A. 2011. "Velocity Control of Linear Switched Reluctance Motor for Prototype Elevator Load," Przegľad Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, vol. 87, no. 12a, p. 209-214.
4. Dursun, M., Koç, F., Özbay, H., Özden, S. 2013. "Design of Linear Switched Reluctance Motor Driver for Automatic Door Application," International Journal of Information and Electronics Engineering, vol. 3, no. 3, p. 237-241.
5. Dursun, M., Özden, S. 2013. "Design of Monitoring System for Linear Switched Reluctance Motor with Quadrature Encoder and Current Sensors," International Journal of Computer Theory and Engineering, vol.5, no.3, p. 401-404.
6. Dursun, M., Koç, F. 2013. "Linear Switched Reluctance Motor Control with PIC18F452 Microcontroller," The Turkish Journal of Electrical Eng. & Computer Sciences, vol. 21, p. 1107-1119.
7. Dursun, M., Özden, S. 2008. "Değişken Hızlı Sürücülü ve Bulanık Mantık Denetimli Bir Anahtarlamalı Relüktans Motorun Asansör Tahrikinde Benzetimi ve Uygulanması," Politeknik, cilt 11, sayı 2, s. 129-137.
8. Dursun, M., Saygın, A. 2006. "Bir Asansör Tahrik Sistemi için Bulanık Mantık Denetimli Anahtarlamalı Relüktans Motor Sürücüsü Tasarımı," Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, cilt 12, sayı 2, s.151-160.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi

ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI)

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

Giriş

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.

makalelerinizi online sistem üzerinden ulaştırabilirsiniz