TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

AKILLI ULAŞIM YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: YTU-MAGLEV

PROJE ADI: Mis'ad-ı Maden

BAŞVURU ID: 444847

PROJE KAPSAMI: KARA

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) 3
2. Problem/Sorun: 3
3. Çözüm 4
4. Yöntem 4
4.1 Sistemin Yapısı 4
4.2 Doğrusal Senkron Motor 4
4.1.2 U-tipi Elektromıknatıs 5
4.1.3 Sensörler 5
4.1.4 Asansör İskeleti 5
4.1.5 Kontrolcü ve Veri Toplama Arabirimi 6
4.2 Kontrol Sistemi 6
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü 8
6. Uygulanabilirlik 8
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması 8
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar): 9
9. Riskler 10

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüz şartlarında imalat ve üretim bölgeleri henüz endüstri 4.0 için yeterli alt yapıya sahip değildir. Özellikle maden endüstrisinde hala insan gücü kullanılmaktadır. İş güvenliği açısından en tehlikeli bölgelerden olan madenlerimizde maalesef kaza haberleri sürekli olarak gelmektedir. Bunun önüne geçmek için gelişen teknolojinin maden sektörüne kanalize edilmesi gerekmektedir. Özellikle kömür madenleri tutuşmaya yatkın tehlikeli ortamlardır. Bunun yanında kıymetli maden cevher kazıları yüz metreleri bulan dikey eksende kazılar gerektirmektedir. Bu kazıların yapılabilmesi ve cevherlerin çıkartılabilmesi ise çok daha geniş alanda kazı sahalarının kurulmasını gerektirmektedir. Hem kullanılan alanın büyümesi sebepli çevre kirliliği hem de maliyeti açısından eski tip madencilik bir çok dezavantaj oluşturmaktadır. Proje kapsamında sıfır sürtünme ile maksimum güvenlik sağlayan MAGLEV tabanlı çok eksende hareket kabiliyetine sahip asansör tasarlanmış ve deneysel çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Asansör kabini, hem çalışanların hem de faydalı maden cevherlerinin taşınmasında otonom şekilde gerçekleştirebilmektedir. Halatsız yapısı sayesinde çok daha dar kazı sahası oluşturularak maliyet ve çevreye zarar minimize edilmektedir.

2. Problem/Sorun:

Değerli elementlerin yer altındaki konumu, delik açılmasına gerek kalmadan yer üstünden belirlenebilmekte olsa da günümüzde kullanılan teknoloji ile bu madenlerin çıkarılması için dikey kazı yapılamamaktadır. Bu madenler yerden kilometrelerce altta bulunabilmektedir fakat bu derinliklere direkt olarak inilememekte ve spiral çizilerek inilmektedir. Bu spiral kazı hareketi çok verimsiz olmakta ve bazı madenlerde 1 birim maden için 1000 birim toprak çıkarılmasını gerekmektedir. Bu tür madenlerde geleneksel asansör kullanılamamasının sebebi halatlı asansörlerin belirli bir mesafeden sonra kendi ağırlığını bile taşıyamamasıdır.

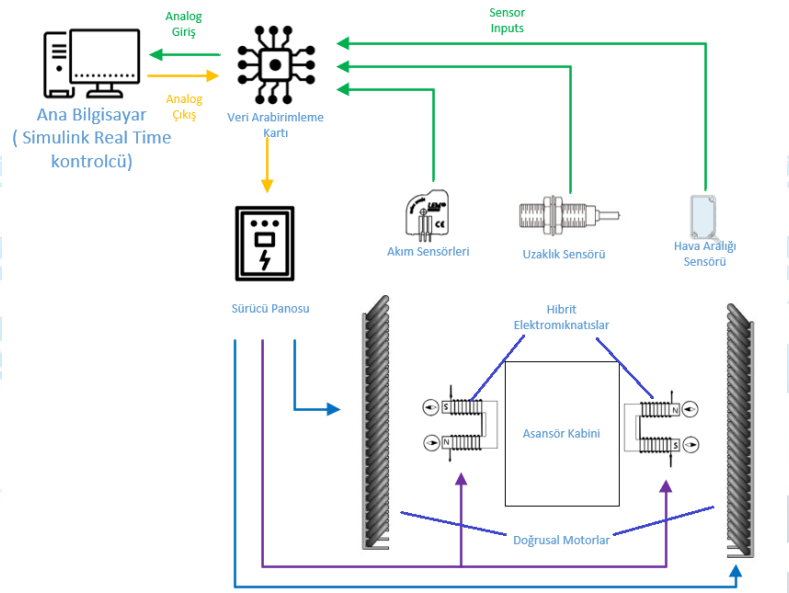
Şekil 1 Mirney Madeni

3. Çözüm

Bu probleme çözüm olarak halatsız bir asansör tasarlanmış ve deneysel çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Asansör mekanik temas olmadan çalışmaktadır bu sayede madenlerde çok büyük risk olan yanabilir ve patlayabilir gazlar ile etkileşime girmeyecek ve güvenli bir sistem olacaktır. Geleneksel asansörlerden farklı bir yapıda bulunduğu için bir makine dairesine ihtiyaç duymamaktadır. Laboratuvarımızda geliştirmiş olduğumuz bir prototip ile sistemin çalışabilirliği kanıtlanmıştır.

4. Yöntem

Prototipin elektromekanik sistem tasarımı, mekanik modelleme , sensör elektroniği, sistem modelleme ve kontrolcü tasarımı olmak üzere bir çok alt başlıktan oluşmaktadır ve çok disiplinlidir. Bu projenin yapımında izlenen yöntemler sistem yapısı ve kontrol tasarımı başlıklarıyla anlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 2 Prototip Sistem Şematiği

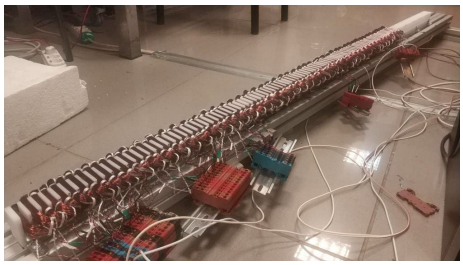
4.1 Sistemin Yapısı

Projeyi meydana getiren temel elemanlar lineer motor, elektromıknatıs, sensörler, kontrolcü, akım sürücüleri ve veri toplama arabirimidir. Bu kısımda, bu elemanlar için hangi yöntemlerin izlendiği başlıklar altında anlatılmıştır.

4.2 Doğrusal Senkron Motor

Sistemde, proje yürütücülerinin özgün tasarımı olan 4 adet hava çekirdekli doğrusal senkron motor kullanılmıştır. Hava çekirdekli yani nüvesiz tasarımı seçme sebebimiz, demir çekirdekli motorların mıknatıslara yatay olarak bozucu kuvvet uygulaması ve yatay dengeleme mekanızmasına bozucu etki göstermesidir. Demir çekirdekli senkron motorların bir diğer sıkıntısı da stator slotlarındaki yükseklik değişimi ile vuruntu yapmasıdır. Sonuç olarak, hava çekirdekli olması performansı düşürmekte fakat kontrolü kolaylaştırmaktadır. Bu performans düşüşünü indirgemek için hava aralığını 1-3 mm arasında tutmaya karar verilmiştir. Çalışılan laboratuvarda bulunan N42

kalitesinde, 35x35x4 mm neodyum demir boron mıknatıslar, kabinin üzerine yerleştirilerek, onun dikey eksende tahrik edilmesini sağlayacaktır. Yapılan elektromanyetik analizlerde bu mıknatıs üzerinden gidilmiştir. Motorun bir statoru 2 modülden oluşmak üzere 1440 mm boyundadır ve 35 mm genişliğine sahiptir.



Şekil 3 Doğrusal Motor

4.1.2 U-tipi Elektromıknatıs

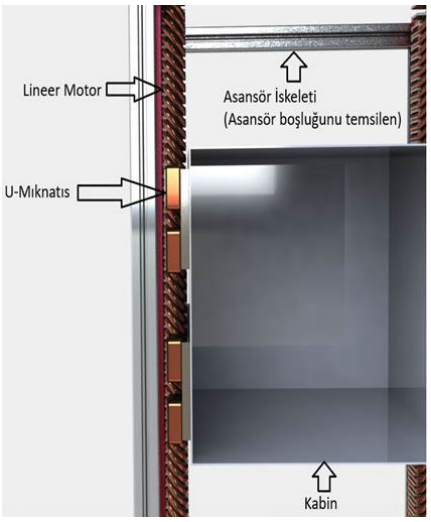
Sistemde 4 adet u-tipi hibrit elektromıknatıs kullanılmıştır. Tamamı ekibimiz tarafından tasarlanıp üretilmiştir. U-tipi elektromıknatısın görevi hava boşluğunu korumak ve sistemi yatay eksende dengede tutmaktır. Doğru akımla çalışmaktadır. Laminasyon demir saclardan bir araya getirilerek küçük boyutta yüksek performans vermesi hedeflenmektedir. U-mıknatısın yeteri kadar eksen sertliğiini sağlaması için, uçlarına kalıcı mıknatıslar koyulmuştur. İdeal şartlarda pasif olarak yatay yastıklama hedeflenmektedir. Elektromıknatısın Eksen dengesizliklerine karşı yeterli etki gösterebilmesi için gereken kuvvetler analitik yöntemler ile hesaplanıp, sonlu yöntem analizleriyle optimize edilip, minimum boyutta tasarım planlanmıştır.

4.1.3 Sensörler

Yatay dengeleme sistemi için hava aralığı geri beslemesi gerekmektedir . Sistemde 4 elektromıknatıs olduğu için 4 adet oldukça hassas ve hızlı örneklemeye sahip bir mesafe sensörü gerekmektedir. Dikey tahrik geri beslemesi için bir adet mesafe sensörü yeterlidir. Çeşitli kontrol algoritmalarını deneme esnekliğine sahip olmak için ve aynı zamanda akım verisini monitörlermek için 4 adet akım sensörü kullanılmıştır.

4.1.4 Asansör İskeleti

Lineer motorları, elektromıknatısların karşısına gelecek çelik levhaları ve sensörler için gerekli ölçüm yüzeylerini içine alan ve asansör boşluğu görevi görecek bir yapıya ihtiyaç vardır. Bu görevi görmesi için alüminyum sigma blokları birbirine kenetleyerek dikdörtgen prizması şeklinde bir iskelet yapılması planlanmaktadır.

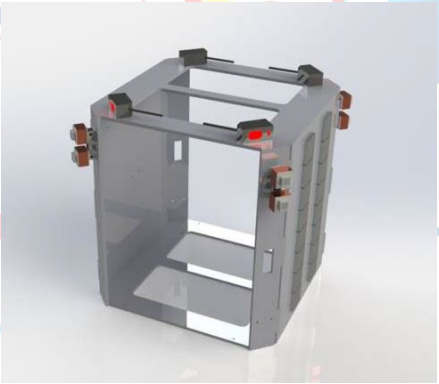


Şekil 4 Asansör 3B Çizimi

4.1.5 Kontrolcü ve Veri Toplama Arabirimi

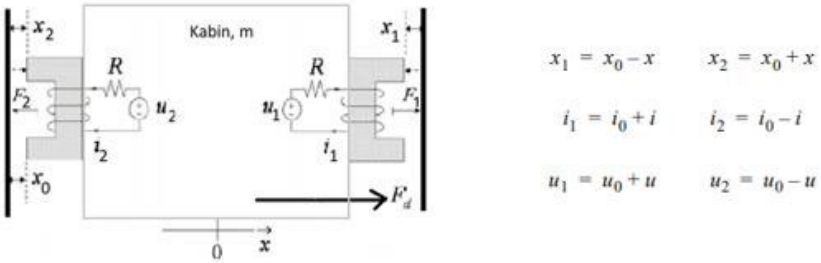
Projede, analog bir kontrolcü yerine Matlab Simulink üzerinden gerçek zamanlı kontrol sağlanacaktır. Simulink ile sistemin haberleşmesi için bir veri toplama arabirimine (DAQ) ihtiyaç vardır. Piyasada bu görevi gören ara birimleme kartlarını yapan Quanser, Dspace, National Instruments gibi çeşitli firmalar bulunmaktadır. Bu sistem için seçilecek veri toplama arabiriminde aranan kıstas giriş çıkış portları sayısı ve veri aktarım hızıdır.

4.2 Kontrol Sistemi



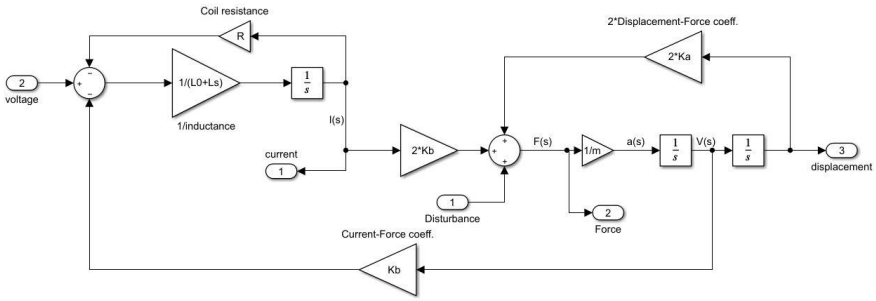
Şekil 5 Kabin

Şekil 5'te görülen kabin modelinde, elektromıknatıslar çaprazlara yerleştirilmiştir. Bu çapraz eksenler alpha ve beta eksenleridir. Alpha ve beta eksenlerindeki elektromıknatıs çiftleri arasında diferansiyel hava aralığı kontrolü gerçekleştrilecektir. Diferansiyel kontrol, toplam eksenlerdeki toplam hava aralığının değişmemesi temeline dayalı olup, bir kenardaki yerdeğişiminin, diğer kenarda toplam hava aralığından farkı diğer kenardaki yerdeğişimine eşittir. Bu konsept, akım ve voltaja da aynı şekilde uygulanabilir. Konsept ile ilgili görseller şekil 6'te gösterilmiştir.



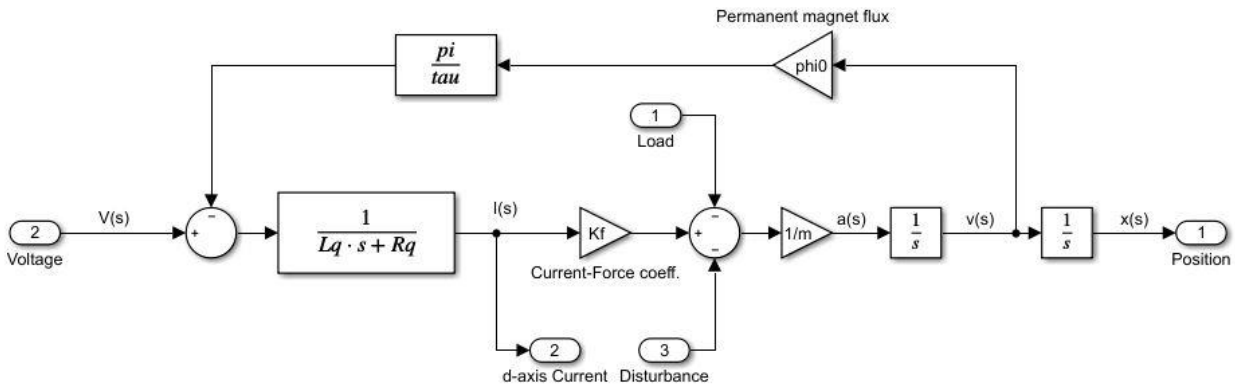
Şekil 6 U-mıknatıs Diferansiyel Kontrol Şeması

Diferansiyel kontrolü göz önünde bulundurarak ve literatürdeki modelleri örnek alarak modellenmiş olan aktif manyetik yastıklama blok diyagramı simulink içinde şekil 7'da gösterilmiştir. Bulgular kısmında yapılacak kontrol simülasyonları bu model üzerinden yapılır.



Şekil 7 Aktif Manyetik Yastıklama Sistemi Blok Diyagramı

Lineer senkron motorların kontrolü vektör kontrol yöntemi ile yapılacaktır. Vektör kontrolünde q-ekseni itki-hareket doğrultusu d-ekseni ise normal-yastıklama doğrultusudur. Motorun itki kuvveti (F_q) ve yastıklama kuvveti (F_d), birbirleri arasında elektriksel olarak 90 derece fark olan i_q ve i_d akımlarında doğrusallaştırılmıştır. Bu iki akım dq-abc dönüşümü ile abc faz akımlarına dönüştürülür. Motor bu abc fazları ile sürülür. Motorun oluşturduğu yastıklama kuvveti (F_d), X ekseninde gürültü oluşturmakta ve kontrolü etkilemektedir, bu yüzden elimine edilmelidir. Bu nedenle $i_d = 0$ yapılarak yastıklama kuvveti (F_d) elimine edilir. Yastıklama kuvveti (F_d) elimine edilince motorda oluşan tek kuvvet itki kuvveti (F_q) olmaktadır. Motorun q-ekseni için sistem modeli şekil 8'de Simulink blok diyagramı ile ifade edilmiştir. Bulgular kısmındaki kontrolcü tasarımında bu model kullanılmıştır.



Şekil 8 Motor q-ekseni Blok Diagramı

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

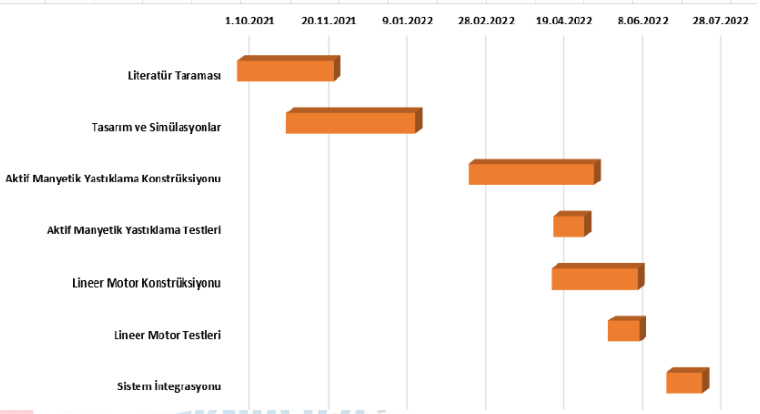
Proje kapsamında geliştirilen asansör tamamen temassız ve kıvılcım üretmeyen bir asansördür. Diğer asansörler ile arasındaki en büyük farklardan biri asansörün dikey hareket mesafesi arttıkça taşıma kapasitesinin değişmemesidir bu sayede asansör istenilen derinliğe kolayca inebilecektir.

6. Uygulanabilirlik

Projede geliştirilen asansör sistemi kömür madenlerinde kullanılan vagonlara benzetilebilir. Bu vagonlardan farkı daha yüksek yük kapasitesine sahip olması, dik hareket edebilmesi, mekanik temassız hareket edebilmesi ve yatayda hareket edebilmesidir. Yatay hareketi sayesinde bir hatta birden fazla asansör kabini hareket edebilmektedir bu da asansörün yük taşıma kapasitesini efektif olarak arttırmaktadır. Ayrıca otonom hareketi sayesinde maden endüstrisine Endüstri 4.0 kapısını açmaktadır.Otonom maden kazı araçları ile birleştirildiği takdirde insansız madenler hayata geçirilebilir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Yapılacaklar	Başlangıç Tarihi	Süre(Gün	Son Tarih
Literatür Taraması	1.10.2021	61	1.12.2021
Tasarım ve Simülasyonlar	1.11.2021	82	22.01.2022
tif Manyetik Yastıklama Konstrüksiyo	25.02.2022	80	16.05.2022
Aktif Manyetik Yastıklama Testleri	20.04.2022	20	10.05.2022
Lineer Motor Konstrüksiyonu	19.04.2022	55	13.06.2022
Lineer Motor Testleri	25.05.2022	20	14.06.2022
Sistem İntegrasyonu	1.07.2022	23	24.07.2022



Şekil 9 Gantt Şeması

- **Literatür Taraması:** Projenin temel prensiplerinin öğrenilmesi, tasarım ve simülasyon süreci için gereken mühendislik bilgisinin edinilmesi süreçlerini içerir.
- **Tasarım ve Simülasyonlar:** Sistemin mühendislik yazılımları, çizim programları aracılığı ile bilgisayar ortamında tasarlanması ve bu tasarımın simülasyonlar aracılığı ile ilgili testlerinin yapılması süreçlerini içerir.
- **Aktif Manyetik Yastıklama Konstrüksiyon:** Sistemin en önemli kısımlarından olan aktif manyetik yastıklama sistemi, kabinin yatay eksendeki dengesinin temassız olarak sağlanması için kilit rol oynamaktadır. Bu yapı için u tipi mıknatısların üretilmesi, bobinlerin sarımı, sabit mıknatısların üretilmesi, mıknatısların sabitleme aparatlarının

tasarlanması ve tümünün entegrasyonu süreçlerini içerir. Ayrıca u mıknatısların sürücü ve elektronik devrelerinin içinde bulunduğu pano üretilmiştir.

- **Aktif Manyetik Yastıklama Testleri:** Bu süreçte ilgili mıknatıslara düşürme testi uygulanmıştır. Düz bir yüzeye sabitlenen mıknatısların ucuna ağırlığı bilinen metal plakalar asılmış olup, bobinler üzerinden akım geçirilerek sabit mıknatıslara karşı bir kuvvet oluşturulmuştur. Bu karşı kuvvet u mıknatısların etkisini zayıflatıp ucundaki metal plakanın düşmesini sağlamıştır.
- **Lineer Motor Konstrüksiyon:** Lineer motorlar sistemin dikey hareketini sağlayan önemli bir komponenttir. Sistemimizde her biri 1,5 metre uzunluğunda 4 adet motor bulunmaktadır. Bu süreçte motorlara yerleştirilecek 480 adet bobinin sarımı, motorun çekirdeğinin freze işlemine tabi tutularak üretimi, çekirdek üzerine slotların açılması ve bobinlerin birbirine bağlanması gibi işlemler yapılmıştır. Ayrıca bu motorun kontrolcüsü ve elektrik devrelerini içeren pano da üretilmişitr.
- **Lineer Motor Testleri:** Üretimi tamamlanmış ve entegrasyonu yapılmış motora akım verilerek üzerine yerleştirilen metal plakanın sinüs dalgası yardımı ile hareket ettirilerek motorun çalıştığı test edilmiştir.
- **Sistem Entegrasyonu:** Üretilip test edilen tüm komponentlerin bir araya getirilmesi sürecidir. Bu süreçte tüm komponentlerin bir arada nasıl davranış gösterdiği incelenecek olup, gereken iyileştirmeler yapılarak hazır hale getirilecektir.

Malzemeler ve Üretim İşleri	Fiyat
Delrin Blok	600 TL
Delrin Blok İşleme Maliyeti	1700 TL
Mıknatıslar	220 TL
Motor Sargıları İçin Bakır Tel	600 TL
Asansör İskeleti İçin 30x30x9800 Sigma Profil	514 TL
Elektronik Aksam (Kablolar, Temel Elektronik Elemanlar vs.)	300 TL
3D Baskı İçin Filament ABS	234 TL
Motor Sürücü	730 TL
Lamine Demir Profil	300 TL
Toplam	5000 TL

8. **Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):**

Projenin hedef kitlesi madenciler, maden mühendisleri ve maden şirketleridir.

9. Riskler

No	Riskler	B Planı
1	Hava boşluğunu ölçen sensörün yanlış ölçüm yapması.	-Sensör kalibrasyonunun tekrar yapılması. -Sorun devam ederse sensörün değiştirilmesi.
2	Tasarlanan lineer motorların yeterli manyetik alanı oluşturamaması.	-Sarım sayıları arttırılıp yeniden tasarlanması. -Bozucu ve sönümleyici etkiye sebep olan etkenlerin ortadan kaldırılması. -Kaldırılamıyorsa tasarım tekrardan değiştirilmesi.
3	Manyetik yastıklama işleminin yeterince iyi çalışmaması sonucu sistemin yalpalaması.	-Daha hızlı işlem yapabilen bir kontrolcü kullanılması. -Kontrol algoritmasının optimize edilmesi.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

Kaynakça

- Ropeless elevator with linear switched reluctance motor drive actuation systems. *IEEE transactions on industrial electronics*, 2007, 54.4: 2209-2218.
- YOON, Se Young; LIN, Zongli; ALLAIRE, Paul E. *Control of surge in centrifugal compressors by active magnetic bearings: Theory and implementation*. Springer Science & Business Media, 2012.
- TAKAHASHI, N, et al. Basic study of optimal design of linear motor for rope-less elevator. 2008.
- GUNEY, Omer Faruk; BOZKURT, Ahmet Fevzi; ERKAN, Kadir. Centralized gap clearance control for maglev based steel-plate conveyance system. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 2017, 17.3: 101-106.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ