

# **Modern Elektrikli, Hibrit Elektrikli ve Yakıt Hücreseli Taşıtlar**

**Üçüncü Baskıdan Çeviri**

**Yazarlar**

**Mehrdad EHSANI**

**Yimin GAO**

**Stefano LONGO**

**Kambiz M. EBRAHIMI**

**Çeviri Editörü**

**Mustafa AKTAŞ**

© Copyright 2021

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da Bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

**Orijinal ISBN**

978-1-4987-6177-2

**ISBN**

978-625-7451-94-9

**Orijinal Adı**

Modern Electric, Hybrid Electric, and  
Fuel Cell Vehicles

**Yayın Koordinatörü**

Yasin DİLMEN

**Yazarlar**

Mehrdad EHSANI  
Yimin GAO  
Stefano LONGO  
Kambiz M. EBRAHIMI

**Sayfa ve Kapak Tasarımı**

Akademisyen Dizgi Ünitesi

**Yayıncı Sertifika No**

47518

**Baskı ve Cilt**

Vadi Matbaacılık

**Kitap Adı**

Modern Elektrikli, Hibrit Elektrikli ve  
Yakıt Hücreli Taşıtlar

**Bisac Code**

TEC009090

**Çeviri Editörleri**

Mustafa AKTAŞ  
ORCID iD: 0000-0002-2608-1000

**DOI**

10.37609/akya.825

**GENEL DAĞITIM**  
**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

*Halk Sokak 5 / A  
Yenişehir / Ankara  
Tel: 0312 431 16 33  
siparis@akademisyen.com*

**www.akademisyen.com**

To my Wonderful Wife, Zohreh

**Mehrdad EHSANI**

To my Wife Anni, and my Daughter, Yuan

**Yimin GAO**

To my Mum, Dad and Little Brother

**Stefano LONGO**

To my Wife and Daughter

**Kambiz EBRAHIMI**



# İçindekiler

|  |           |
|--|-----------|
| Önsöz .....  | xvii      |
| Çeviri Önsözü .....  | xxiii     |
| Mehrdad Ehsani'nin tercüme kitap hakkında yazısı .....                                   | xxiv      |
| Teşekkürler .....  | xxv       |
| Yazarlar .....   | xxvii     |
| <b>1. Modern Taşımacılığın Çevreye Etkisi ve Tarihi.....</b>                             | <b>1</b>  |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ</i>   |           |
| 1.1. Hava Kirliliği .....  | 1         |
| 1.1.1. Nitrojen Oksitler .....   | 2         |
| 1.1.2 Karbon Monoksit .....  | 2         |
| 1.1.3 Yanmamış Hidrokarbonlar .....  | 2         |
| 1.1.4 Diğer Kirleticiler .....   | 2         |
| 1.2 Küresel Isınma.....  | 3         |
| 1.3 Petrol Kaynakları .....  | 5         |
| 1.4 Maliyetler .....   | 7         |
| 1.5 Farklı Taşımacılık Geliştirme Planlarının Gelecekte Petrol Kaynaklarına Etkisi ..... | 8         |
| 1.6 Elektrikli Taşıtların Tarihi .....   | 11        |
| 1.7 HET'lerin Tarihi .....   | 12        |
| 1.8 Yakıt Hücreli Taşıtların Tarihi .....  | 14        |
| Kaynaklar .....  | 15        |
| <b>2. Taşıtlarda Tahrik ve Frenlemenin Temel İlkeleri.....</b>                           | <b>17</b> |
| <i>Çeviri: Doç. Dr. Mesut DÜZGÜN</i>   |           |
| 2.1 Taşıtların Hareketinin Genel Tanımları.....  | 17        |
| 2.2. Taşıtların Direnci .....  | 17        |
| 2.2.1. Yuvarlanma Direnci.....   | 18        |
| 2.2.2 Aerodinamik Direnç.....  | 21        |
| 2.2.3 Eğim Direnci .....   | 21        |
| 2.3 Hareket Denklemi .....   | 23        |
| 2.4 Tekerlek-Zemin Tutunması ve Azami Tahrik Kuvveti .....                               | 25        |
| 2.5 Güç Aktarma Sistemi Tahrik Kuvveti ve Taşıtların Hızı.....                           | 27        |
| 2.6 Taşıtların Performansı.....  | 29        |
| 2.6.1 Taşıtların Azami Hızı .....  | 30        |
| 2.6.2 Tırmanma Kabiliyeti.....   | 31        |
| 2.6.3 İvmelenme Performansı.....   | 31        |

|  |    |
|--|----|
| 2.7 Yakıt Ekonomisi .....  | 34 |
| 2.7.1 İçten Yanmalı Motorların Yakıt Ekonomisi Özellikleri .....       | 34 |
| 2.7.2 Taşıt Yakıt Ekonomisinin Hesaplaması .....                       | 35 |
| 2.7.3 Taşıtın Yakıt Ekonomisini Geliştirmek için Basit Teknikler ..... | 37 |
| 2.8 Fren Performansı .....   | 38 |
| 2.8.1 Frenleme Kuvveti .....   | 39 |
| 2.8.2 Ön ve Arka Akslarda Fren Kuvvet Dağılımı .....                   | 41 |
| 2.8.3 Frenleme Düzenlemesi ve Frenleme Performans Analizi .....        | 45 |
| 2.8.3.1 Frenleme Düzenlemesi .....                                     | 45 |
| 2.8.3.2 Frenleme Performans Analizi .....                              | 47 |
| Kaynaklar .....  | 49 |

### 3. İçten Yanmalı Motorlar..... 51

*Çeviri: Prof. Dr. Can ÇINAR*

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Buji ile Ateşlemeli Motorlar.....  | 51 |
| 3.1.1 Temel Yapısı, Otto Çevrimi ve Çalışma Prensibi .....   | 51 |
| 3.1.2 Çalışma Parametreleri.....   | 53 |
| 3.1.2.1. Nominal Değerler.....   | 53 |
| 3.1.2.2 İndike Tork ve İndike Ortalama Efektif Basınç.....   | 53 |
| 3.1.2.3 Fren Ortalama Efektif Basınç (bmep) ve Fren Torku .....  | 56 |
| 3.1.2.4 Emisyon Ölçümü.....  | 57 |
| 3.1.2.5 İçten Yanmalı Motor Çalışma Karakteristikleri .....  | 58 |
| 3.1.3 İçten Yanmalı Motor Performansı, Verim ve Emisyonları İyileştirmek İçin Kullanılan Temel Yöntemler ..... | 59 |
| 3.1.3.1 Aşırı Doldurma.....  | 59 |
| 3.1.3.2 Doğrudan Benzin Enjeksiyonu ve Fakir Yanmalı Motorlar .  | 61 |
| 3.1.3.3 Çoklu Supap ve Değişken Supap Zamanlaması .....  | 61 |
| 3.1.3.4 Değişken Sıkıştırma Oranı.....   | 62 |
| 3.1.3.5 Egzoz Gaz Resirkülasyonu .....   | 62 |
| 3.1.3.6 Akıllı Ateşleme.....   | 62 |
| 3.1.3.7. Yeni İçten Yanmalı Motor Malzemeleri.....   | 62 |
| 3.1.4 Buji ile Ateşlemeli Motor Kontrol Sistemine Bakış .....  | 62 |
| 3.1.5 Atkinson Çevriminin Çalışma Prensibi.....  | 64 |
| 3.1.5.1 Orijinal Atkinson Motoru .....   | 64 |
| 3.1.5.2 Modern Atkinson Motoru .....   | 65 |
| 3.2 Sıkıştırma ile Ateşlemeli Motorlar.....  | 68 |
| 3.3 Alternatif Yakıtlar ve Motorlarda Alternatif Yakıt Kullanımı .....   | 69 |
| 3.3.1 Alternatif Yakıtlar .....  | 69 |
| 3.3.1.1. Etanol ve İçten Yanmalı Motorlarda Etanol Kullanımı .....   | 69 |
| 3.3.1.2 Sıkıştırılmış Doğalgaz ve Doğalgazlı Motorlar .....  | 71 |
| 3.3.1.3 Geliştirilmiş Hidrojen (H <sub>2</sub> ) Yanması .....   | 72 |
| Kaynaklar .....  | 72 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>4. Taşıt Güç Aktarma Sistemi .....</b>                                | <b>73</b>  |
| <i>Çeviri: Doç. Dr. Tolga TOPGÜL</i>                                     |            |
| 4.1 Güç Sisteminin Özellikleri .....                                     | 73         |
| 4.2 Güç Aktarmanın Özellikleri.....                                      | 76         |
| 4.3 Manuel Vites Kutusu .....  | 78         |
| 4.4 Otomatik Vites Kutusu.....   | 81         |
| 4.4.1 Geleneksel Otomatik Vites Kutusu.....                              | 82         |
| 4.4.1.1 Tork Konvertörünün Çalışması.....                                | 82         |
| 4.4.1.2 Planet veya Episiklik Dişli Sistemi .....                        | 86         |
| 4.4.1.3 Birleşik Episiklik Dişli.....                                    | 88         |
| 4.4.2 Otomatikleştirilmiş Manuel ve Çift Kavramalı Vites Kutusu .....    | 89         |
| 4.5 Sürekli Değişken Vites Kutusu.....                                   | 91         |
| 4.6 Sonsuz Değişken Vites Kutusu.....                                    | 91         |
| 4.7 Özel Hibrit Güç Aktarma Sistemleri.....                              | 92         |
| Kaynaklar .....  | 93         |
| <b>5. Elektrikli Taşıtlar .....</b>                                      | <b>95</b>  |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ</i>                                   |            |
| 5.1 Elektrikli Taşıtların Özellikleri.....                               | 95         |
| 5.2 Elektrikli Taşıtların Performansı .....                              | 98         |
| 5.2.1 Tahrik Motoru Özellikleri.....                                     | 98         |
| 5.2.2 Tahrik Kuvveti ve Aktarım İhtiyacı.....                            | 99         |
| 5.2.3 Taşıt Performansı .....  | 101        |
| 5.3 Normal Sürüşte Tahrik Gücü.....                                      | 103        |
| 5.4 Enerji Tüketimi .....  | 105        |
| Kaynaklar .....  | 110        |
| <b>6. Hibrit Elektrikli Taşıtlar .....</b>                               | <b>113</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Necmi ALTIN</i>                                     |            |
| 6.1 Hibrit Elektrikli Aktarma Elemanı Kavramı.....                       | 113        |
| 6.2 Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi Mimarileri .....                   | 116        |
| 6.2.1 Seri Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi (Elektrikli bağlantı) ..... | 117        |
| 6.2.2 Paralel Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi (Mekanik bağlantı) ..... | 119        |
| 6.2.2.1 Moment Birleştirici ile Paralel Hibrit Aktarma Sistemi .....     | 120        |
| 6.2.2.1.1 Moment Birleştirici Cihazlar.....                              | 120        |
| 6.2.2.1.2 Moment Birleştirici ile Aktarma Sistemi Özellikleri.....       | 121        |
| 6.2.2.2 Hız Birleştirici ile Paralel Hibrit Aktarma Sistemi .....        | 126        |
| 6.2.2.2.1 Hız Birleştirici Elemanları .....                              | 126        |
| 6.2.2.2.2 Hız Birleştirici ile Aktarma Sistemi Yapısı.....               | 129        |
| 6.2.2.3 Moment ve Hız Birleştirici ile Hibrit Aktarma Sistemi ...        | 132        |
| 6.2.2.3.1 İsteğe Bağlı Birleştirici Seçilebilen Çalışma Modu .....       | 132        |
| 6.2.2.3.2 Her iki Birleştirici ile Çalışma Modu.....                     | 133        |
| Kaynaklar .....  | 136        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>7. Elektrikli Tahrik Sistemleri .....</b>  | <b>139</b> |
| <i>Çeviri: Dr. Öğr. Üyesi Tayfun GÜNDOĞDU</i>   |            |
| 7.1 DA Motor Sürücüleri .....   | 142        |
| 7.1.1 Çalışma Prensibi ve Performansı .....   | 142        |
| 7.1.2 Birleşik Armatür Gerilimi ve Alan Kontrolü .....  | 145        |
| 7.1.3 DA Motorlarının Kıyıcı ile Kontrolü.....  | 145        |
| 7.1.4 Kıyıcı Beslemeli DA Motor Sürücülerinin Çok-Bölgeli Kontrolü .                          | 150        |
| 7.1.4.1 İleri Sürüş ve Rejeneratif (Geri-kazanımlı)<br>Frenlemenin İki Bölgeli Kontrolü ..... | 150        |
| 7.1.4.1.1 Ters Anahtarlı Tek Kıyıcı.....  | 150        |
| 7.1.4.1.2 C Sınıfı İki Bölge Kıyıcı .....   | 151        |
| 7.1.4.2 Dört Bölgede Çalışma.....   | 152        |
| 7.2 Asenkron Motor Sürücüleri .....   | 153        |
| 7.2.1 Asenkron Motorların Temel Çalışma İlkeleri .....  | 154        |
| 7.2.2 Kararlı Durum Performansı .....   | 157        |
| 7.2.3 Sabit Gerilim/Frekans Kontrolü.....   | 159        |
| 7.2.4 Güç Elektronik Kontrolü .....   | 160        |
| 7.2.5 Alan Yönlendirme Kontrolü.....  | 163        |
| 7.2.5.1 Alan Yönlendirme İlkeleri.....  | 163        |
| 7.2.5.2 Kontrol.....  | 171        |
| 7.2.5.3 Doğrudan Rotor Akı Yönlendirme Şeması.....  | 172        |
| 7.2.5.4 Dolaylı Rotor Akı Yönlendirme Şeması .....  | 175        |
| 7.2.6. Alan Yönlendirme Kontrolü için Gerilim Kaynaklı İnverter .....                         | 177        |
| 7.2.6.1. Gerilim Kaynaklı İnverterde Gerilim Kontrolü .....                                   | 179        |
| 7.2.6.2 Gerilim Kaynaklı İnverterde Akım Kontrolü .....                                       | 181        |
| 7.3 Kalıcı Mıknatıslı FDAM (Fırçasız Doğru Akım Motor)  |            |
| Motor Sürücüleri .....  | 184        |
| 7.3.1 FDAM Motor Sürücülerinin Temel Prensipleri.....   | 185        |
| 7.3.2 FDAM Makine Yapısı ve Sınıflandırması .....   | 185        |
| 7.3.3 KM Malzemelerinin Özellikleri.....  | 189        |
| 7.3.3.1 Alnico.....   | 189        |
| 7.3.3.2 Ferritler .....   | 189        |
| 7.3.3.3 Nadir Toprak Mıknatısları .....   | 190        |
| 7.3.4 FDAM Makinelerinin Performans Analizi ve Kontrolü.....                                  | 190        |
| 7.3.4.1 Performans İnceleme .....   | 190        |
| 7.3.4.2 FDAM Motor Sürücülerinin Kontrolü.....  | 193        |
| 7.3.5 Hız Arttırma Teknolojisi.....   | 194        |
| 7.3.6 Sensörsüz Teknikler.....  | 195        |
| 7.3.6.1 Ölçümleri ve Matematiği Kullanan Yöntemler .....                                      | 195        |
| 7.3.6.2 Gözlemci Kullanan Yöntemler.....  | 196        |
| 7.3.6.3 Zıt EMK Algılamayı Kullanan Yöntemler .....   | 196        |
| 7.3.6.4 Özel Sensörsüz Teknikler .....  | 197        |



|  |            |
|--|------------|
| 7.4 Anahtarlamalı Relüktans Motor (ARM) Sürücüleri .....                     | 198        |
| 7.4.1 Temel Manyetik Yapı .....  | 198        |
| 7.4.2 Moment Üretimi .....   | 201        |
| 7.4.3 ARM Sürücü .....   | 204        |
| 7.4.4 Çalışma Modları .....  | 206        |
| 7.4.5 Generatör Modu Çalışma (Rejeneratif/Geri-Kazanımlı<br>Frenleme) .....  | 207        |
| 7.4.6. Sensörsüz Kontrol .....   | 209        |
| 7.4.6.1 Faz Akı Bağlantısına Dayalı Yöntem .....                             | 210        |
| 7.4.6.2 Faz Endüktansına Dayalı Yöntem .....                                 | 211        |
| 7.4.6.2.1 Faz Toplu Endüktansına Dayalı Sensörsüz Kontrol .....              | 211        |
| 7.4.6.2.2 Faz Artımlı Endüktansa Dayalı Sensörsüz Kontrol .....              | 212        |
| 7.4.6.3 Modüle sinyal ilave edilen yöntemler .....                           | 212        |
| 7.4.6.3.1 Frekans Modülasyon Yöntemi .....                                   | 213        |
| 7.4.6.3.2 Genlik Modülasyon ve Faz Modülasyon<br>(GM ve FM) Yöntemleri ..... | 213        |
| 7.4.6.3.2 Darbe Tabanlı Teşhis Yöntemi .....                                 | 213        |
| 7.4.6.4 Ortak Endüklenen Gerilim Tabanlı Yöntem .....                        | 214        |
| 7.4.6.5 Gözlemciye Dayalı Yöntemler .....                                    | 214        |
| 7.4.7 ARM Sürücülerinin Kendiliğinden-Ayar Teknikleri .....                  | 215        |
| 7.4.7.1 Aritmetik Yöntemle Kendiliğinden Ayar .....                          | 215        |
| 7.4.7.1.1 Dengeli Endüktans Değerleri ile Optimizasyon .....                 | 216        |
| 7.4.7.1.2 Parametre Değişimleri Durumunda Optimizasyon .....                 | 216        |
| 7.4.7.2 Yapay Sınır Ağı (YSA) Kullanarak<br>Kendiliğinden Ayarlama .....     | 216        |
| 7.4.8 ARM'de Titreşim ve Ses Gürültüsü .....                                 | 218        |
| 7.4.9 ARM Tasarımı .....   | 220        |
| 7.4.9.1 Stator ve Rotor Kutup Sayısı .....                                   | 220        |
| 7.4.9.2 Stator Dış Çapı .....  | 221        |
| 7.4.9.3 Rotor Dış Çapı .....   | 221        |
| 7.4.9.4 Hava Aralığı .....   | 222        |
| 7.4.9.5 Stator Boyunduruğunun İç Kavisi .....                                | 222        |
| 7.4.9.6 Stator Boyunduruğu .....   | 222        |
| 7.4.9.7 Performans Tahmini .....   | 222        |
| Kaynaklar .....  | 223        |
| <b>8. Seri (Elektrik Bağlantılı) Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi .....</b> | <b>229</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Necmi ALTIN</i>   |            |
| 8.1 Çalışma Modelleri .....  | 229        |
| 8.2 Kontrol Yöntemleri .....   | 231        |
| 8.2.1 Azami PPS SOC'si Kontrol Yöntemi .....                                 | 232        |
| 8.2.2 Motor Açma-Kapatma veya Termostat Kontrol Yöntemi .....                | 233        |

|   |            |
|---|------------|
| 8.3 Seri (Elektrik Bağlantılı) Hibrit Aktarma Sisteminin Tasarım İlkeleri.....                            | 234        |
| 8.3.1 Elektrikli Birleştirme Cihazı.....  | 234        |
| 8.3.2 Tahrik Motorunun Güç Değeri Tasarımı .....  | 238        |
| 8.3.3 İYM/Generatörün Güç Değeri Tasarımı .....   | 241        |
| 8.3.4 PPS'nin Tasarımı .....  | 243        |
| 8.3.4.1 PPS'nin Güç Kapasitesi .....  | 245        |
| 8.3.4.2 PPS'nin Enerji Kapasitesi .....   | 245        |
| 8.4 Tasarım Örneği .....  | 246        |
| 8.4.1 Tahrik Motoru Boyutunun Tasarımı.....   | 246        |
| 8.4.2 Dişli Oranının Tasarımı .....   | 246        |
| 8.4.3 Hızlanma Performansının Doğrulanması.....   | 247        |
| 8.4.4 Tırmanma Kabiliyetinin Doğrulanması .....   | 247        |
| 8.4.5 İYM/Generatör Boyutu Tasarımı .....   | 247        |
| 8.4.6 PPS'nin Güç Kapasitesi Tasarımı .....   | 249        |
| 8.4.7 PPS'nin Enerji Kapasitesi Tasarımı.....   | 250        |
| 8.4.8 Yakıt Tüketimi .....  | 251        |
| Kaynaklar .....   | 252        |
| <b>9. Paralel (Mekanik Olarak Bağlı) Hibrit Elektrik Güç Aktarma Sistemi Tasarımı .....</b>               | <b>255</b> |
| <i>Çeviri: Doç. Dr. Fatih ŞAHİN</i>   |            |
| 9.1 Güç Aktarım Sistemi Yapısı ve Tasarım Hedefleri .....   | 255        |
| 9.2 Kontrol Yöntemleri.....   | 256        |
| 9.2.1 PPS Azami Şarj Durumu Kontrol Yöntemi.....  | 257        |
| 9.2.2 İçten Yanmalı Motor Aç-Kapa (Termostat) Kontrolü.....   | 260        |
| 9.2.3 İçten Yanmalı Motor Kısıtlı Aç-Kapa Kontrol Yöntemi.....  | 261        |
| 9.2.4 Bulanık Mantık Kontrol Tekniği.....   | 263        |
| 9.2.5 Dinamik Programlama Tekniği .....   | 264        |
| 9.3 Güç Aktarma Sisteminin Parametre Tasarımı .....   | 267        |
| 9.3.1 İçten Yanmalı Motor Gücü .....  | 267        |
| 9.3.2 Aktarım Elemanı Tasarımı .....  | 270        |
| 9.3.3 Elektrik Motoru Tahrik Gücü .....   | 271        |
| 9.3.4 PPS Tasarımı.....   | 275        |
| 9.4 Simülasyonlar.....  | 277        |
| Kaynaklar .....   | 278        |
| <b>10. Seri-Paralel (Moment ve Hız Birleştirme) Hibrit Güç Aktarma Sistemi Tasarımı ve Kontrolü .....</b> | <b>281</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Ahmet Faruk BAKAN</i>  |            |
| 10.1 Güç Aktarma Sistemi Yapısı.....  | 281        |
| 10.1.1 Hız-Birleştirme Analizi.....   | 281        |
| 10.1.2 Güç Aktarma Sistemi Özellikleri.....   | 283        |

|   |            |
|---|------------|
| 10.2 Güç Aktarma Sistemi Kontrol Yöntemi.....                     | 291        |
| 10.2.1 Kontrol Sistemi.....                                       | 291        |
| 10.2.2 İYM Hız Kontrol Yaklaşımı.....                             | 291        |
| 10.2.3. Tahrik Momenti Kontrolü .....                             | 292        |
| 10.2.4. Güç Aktarma Sistemi Kontrol Yöntemleri .....              | 293        |
| 10.2.4.1. İYM Hız Kontrol Yöntemi.....                            | 294        |
| 10.2.4.2 Tahrik Momenti Kontrol Yöntemi .....                     | 296        |
| 10.2.4.2.1. Düşük Hız Bölgesi.....                                | 296        |
| 10.2.4.2.2. Orta Hız Bölgesi .....                                | 297        |
| 10.2.4.2.3. Yüksek Hız Bölgesi.....                               | 297        |
| 10.2.4.3. Geri Kazanımlı (Rejeneratif) Frenleme Kontrolü.....     | 298        |
| 10.3. Güç Aktarma Sistemi Parametre Tasarımı.....                 | 298        |
| 10.4. Örnek Bir Taşıtın Benzetimi .....                           | 299        |
| Kaynaklar .....   | 302        |
| <b>11. Fişli (Şebekeden Şarjlı) Hibrit Elektrikli Taşıtların</b>  |            |
| <b>Tasarım ve Kontrol İlkeleri.....</b>                           | <b>305</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Ahmet Faruk BAKAN</i>                        |            |
| 11.1. Günlük Sürüş Mesafesi İstatistikleri .....                  | 305        |
| 11.2 Enerji Yönetimi Yöntemi .....                                | 306        |
| 11.2.1. AER Merkezli Kontrol Yöntemi.....                         | 307        |
| 11.2.2. Karma Kontrol Yöntemi.....                                | 312        |
| 11.3 Enerji Depolama.....   | 320        |
| Kaynaklar .....   | 322        |
| <b>12. Hafif Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi Tasarımı .....</b> | <b>323</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Necmi ALTIN</i>                              |            |
| 12.1 Frenleme ve Güç Aktarımında Harcanan Enerji.....             | 323        |
| 12.2 Paralel Hafif Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi.....         | 325        |
| 12.2.1 Tasarım.....   | 325        |
| 12.2.2 Çalışma Durumları ve Kontrol Yöntemi .....                 | 325        |
| 12.2.3 Aktarma Sistemi Tasarımı .....                             | 326        |
| 12.2.4 Performans.....  | 329        |
| 12.3 Seri-Paralel Hafif Hibrit Elektrikli Aktarma Sistemi .....   | 331        |
| 12.3.1 Planet Dişli ile Aktarma Sistemi Tasarımı.....             | 331        |
| 12.3.2 Çalışma Durumları ve Kontrol .....                         | 336        |
| 12.3.2.1 Hız Birleştirici Çalışma Durumu .....                    | 336        |
| 12.3.2.2 Moment Birleştirici Çalışma Durumu .....                 | 337        |
| 12.3.2.3 Yalnız İYM Tahrik Modu .....                             | 338        |
| 12.3.2.4 Yalnız Motor Tahrik Modu .....                           | 338        |
| 12.3.2.5 Geri Kazanımlı Frenleme Modu .....                       | 339        |
| 12.3.2.6 İYM'nin Çalıştırılması .....                             | 339        |

|   |            |
|---|------------|
| 12.3.3 Kontrol Yöntemi.....   | 339        |
| 12.3.4 Statoru Dönen Motor ile Aktarma Sistemi.....                                 | 340        |
| Kaynaklar .....   | 341        |
| <b>13. Anlık Güç Kaynakları ve Enerji Depolama .....</b>                            | <b>343</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL</i>   |            |
| 13.1 Elektrokimyasal Bataryalar .....   | 343        |
| 13.1.1 Elektrokimyasal Tepkimeler.....  | 345        |
| 13.1.2 Termodinamik Gerilim.....  | 346        |
| 13.1.3 Özgül Enerji.....  | 347        |
| 13.1.4 Özgül Güç.....   | 349        |
| 13.1.5 Enerji Verimliliği .....   | 351        |
| 13.1.6 Batarya Teknolojileri.....   | 351        |
| 13.1.6.1 Kurşun-Asit Batarya .....  | 352        |
| 13.1.6.2 Nikel Temelli Bataryalar.....  | 353        |
| 13.1.6.2.1 Nikel-Demir Batarya .....  | 353        |
| 13.1.6.2.2 Nikel-Kadmiyum Batarya .....   | 353        |
| 13.1.6.2.3 Ni – MH Batarya.....   | 354        |
| 13.1.6.3 Lityum Temelli Bataryalar.....   | 355        |
| 13.1.6.3.1 Li–P Batarya.....  | 355        |
| 13.1.6.3.2 Li–I Batarya .....   | 355        |
| 13.2 Ultrakapasitörler (Süperkapasite).....   | 356        |
| 13.2.1 Ultrakapasitörlerin Özellikleri.....   | 356        |
| 13.2.2 Ultrakapasitörlerin Temel İlkeleri .....                                     | 357        |
| 13.2.3 Ultrakapasitörlerin Performansı.....   | 358        |
| 13.2.4 Ultrakapasitör Teknolojileri .....   | 361        |
| 13.3 Ultra Yüksek Hızlı Volanlar .....  | 363        |
| 13.3.1 Volanların Çalışma İlkeleri.....   | 363        |
| 13.3.2 Volan Sistemlerinin Güç Kapasitesi .....                                     | 365        |
| 13.3.3 Volan Teknolojileri .....  | 367        |
| 13.4 Enerji Depolarının Karışımı .....  | 369        |
| 13.4.1 Hibrit (Karma) Enerji Depolama .....   | 369        |
| 13.4.2 Batarya ve Ultrakapasitör ile Pasif ve<br>Aktif Hibrit Enerji Depolama ..... | 370        |
| 13.4.3 Batarya ve Ultrakapasitör Boyut Tasarımı.....                                | 371        |
| Kaynaklar .....   | 374        |
| <b>14. Geri Kazanımlı Frenlemenin Temelleri .....</b>                               | <b>377</b> |
| <i>Çeviri: Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha ŞEN</i>  |            |
| 14.1 Şehir İçi Sürüşte Tüketilen Frenleme Enerjisi.....                             | 377        |
| 14.2 Frenleme Enerjisi ve Taşıt Hızı İlişkisi.....                                  | 378        |

|   |            |
|---|------------|
| 14.3 Frenleme Enerjisi ve Frenleme Gücü İlişkisi .....  | 381        |
| 14.4 Frenleme Gücü ve Taşıt Hızı İlişkisi .....   | 381        |
| 14.5 Frenleme Enerjisi ve Taşıt Yavaşlama İvmesi İlişkisi .....   | 382        |
| 14.6 Ön ve Arka Akslarda Frenleme Enerjisi .....  | 383        |
| 14.7 ET, HET ve YHT'lerin Fren Sistemleri .....   | 384        |
| 14.7.1 Paralel Hibrit Fren Sistemi .....  | 385        |
| 14.7.1.1 Elektrikli ve Mekanik Fren Kuvveti Dağılımının<br>Sabit Oranlı Tasarım ve Kontrol İlkeleri ..... | 386        |
| 14.7.1.2 Azami Geri Kazanımlı Fren Enerjisi için Tasarım ve<br>Kontrol İlkeleri .....                     | 387        |
| 14.7.2 Tamamen Kontrol Edilebilir Hibrit Fren Sistemi .....   | 390        |
| 14.7.2.1 En Uygun Frenleme Performansı için Kontrol Yöntemi .....   | 391        |
| 14.7.2.2 En Uygun Enerji Geri Kazanımı için Kontrol Yöntemi .....   | 393        |
| Kaynaklar .....   | 394        |
| <b>15. Yakıt Pilleri .....</b>  | <b>397</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Hamit SOLMAZ</i>   |            |
| 15.1 Yakıt Pillerinin Çalışma İlkesi .....  | 397        |
| 15.2 Elektrot Gerilimi ve Akım-Gerilim Eğrisi .....   | 400        |
| 15.3 Yakıt ve Oksitleyici Madde Tüketimi .....  | 403        |
| 15.4 Yakıt Hücresi Sistemi Özellikleri .....  | 404        |
| 15.5 Yakıt Hücresi Teknolojileri .....  | 406        |
| 15.5.1 Proton Alışverişine Dayanan Membran Yakıt Hücreleri .....  | 406        |
| 15.5.2 Alkali Yakıt Hücreleri .....   | 407        |
| 15.5.3 Fosforik Asit Yakıt Hücreleri .....  | 409        |
| 15.5.4 Erimiş Karbonat Yakıt Hücreleri .....  | 410        |
| 15.5.5 Katı Oksit Yakıt Hücreleri .....   | 410        |
| 15.5.6 Doğrudan Metanol Yakıt Hücreleri .....   | 411        |
| 15.6 Yakıt Kaynağı .....  | 412        |
| 15.6.1 Hidrojen Depolama .....  | 412        |
| 15.6.1.1 Sıkıştırılmış Hidrojen .....   | 412        |
| 15.6.1.2 Dondurucu (Kriyojenik) Sıvı Hidrojen .....   | 414        |
| 15.6.1.3 Metal Hidritler .....  | 414        |
| 15.6.2 Hidrojen Üretimi .....   | 416        |
| 15.6.2.1 Buhar Reforming (Dönüşümü) .....   | 416        |
| 15.6.2.2 Kısmi Oksidasyon Reformasyonu (Dönüşümü) .....   | 417        |
| 15.6.2.3 Ototermal Reformasyon (Dönüşüm) .....  | 417        |
| 15.6.3 Hidrojen Taşıyıcı Olarak Amonyak .....   | 418        |
| 15.7 Hidrojensiz Yakıt Pilleri .....  | 418        |
| Kaynaklar .....   | 419        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>16. Yakıt Pili Hibrit Elektrikli Tahrik Sistemi Tasarımı.....</b>              | <b>421</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Hamit SOLMAZ</i>   |            |
| 16.1 Genel Yapısı .....   | 421        |
| 16.2 Kontrol Yöntemi .....  | 423        |
| 16.3 Parametrik Tasarım .....   | 424        |
| 16.3.1 Elektrik Motoru Gücünün Belirlenmesi.....                                  | 425        |
| 16.3.2 Yakıt Pili Sistem Gücünün Belirlenmesi.....                                | 425        |
| 16.3.3 PPS Gücü ve Enerji Kapasitesinin Belirlenmesi .....                        | 426        |
| 16.3.3.1 PPS'nin Güç Seviyesi.....  | 426        |
| 16.3.3.2 PPS'nin Enerji Miktarı.....  | 426        |
| 16.4 Tasarım Örneği .....   | 428        |
| Kaynaklar .....   | 430        |
| <br>  |            |
| <b>17. Arazi Taşıtları için Seri Hibrit Güç Aktarma Sistemi Tasarımı .....</b>    | <b>431</b> |
| <i>Çeviri: Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha ŞEN</i>                                      |            |
| 17.1 Hareket Direnci.....   | 431        |
| 17.1.1 Zemin Sıkıştırma Kaynaklı Hareket Direnci.....                             | 432        |
| 17.1.2 Zemin Yol Düzleme Kaynaklı Hareket Direnci .....                           | 434        |
| 17.1.3 Güç Aktarma Sisteminin İç Direnci .....                                    | 435        |
| 17.1.4 Arazinin Tahrik Kuvveti .....  | 436        |
| 17.1.5 Çeki Demiri Kuvveti.....   | 437        |
| 17.2 Paletli Seri Hibrit Taşıt Güç Aktarma Sistemi Mimarisi .....                 | 437        |
| 17.3 Güç Aktarma Sisteminin Parametre Tasarımı .....                              | 438        |
| 17.3.1 Tahrik Motoru Güç Tasarımı .....   | 439        |
| 17.3.1.1 Taşıt Tahrik Gücü ve Taşıt Hızı .....                                    | 439        |
| 17.3.1.2 Motor Gücü ve Hızlanma Performansı .....                                 | 440        |
| 17.3.1.3 Motor Gücü ve Tırmanma Performansı.....                                  | 441        |
| 17.3.1.4 Paletli Taşıtların Direksiyon Manevrası .....                            | 443        |
| 17.4 İçten Yanmalı Motor/Generatör Güç Tasarımı.....                              | 447        |
| 17.5 Enerji Depolama Sisteminin Güç ve Enerji Tasarımı .....                      | 449        |
| 17.5.1 Tahrik Sistemi için Azami Anlık Güç .....                                  | 449        |
| 17.5.2 Tahrik için Kullanılmayan Anlık Tepe Gücü .....                            | 450        |
| 17.5.3 Batarya/Süper-Kapasitörlerin Enerji Tasarımı .....                         | 452        |
| 17.5.4 Batarya ve Süper-kapasitör Birleşimleri .....                              | 452        |
| Kaynaklar .....   | 454        |
| <br>  |            |
| <b>18. En Uygun Hibritleştirme Oranı ile Tam Boyutlu</b>                          |            |
| <b>    İYM Kullanılan HET Tasarımı .....</b>                                      | <b>457</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Can ÇINAR, Prof. Dr. Tolga TOPGÜL, Prof. Dr. Fatih ŞAHİN</i> |            |
| 18.1. Tam Boyutlu İYM Kullanılan HET'in Tasarım Anlayışı .....                    | 457        |
| 18.2. En Uygun Hibritleştirme Oranı.....  | 459        |

|   |            |
|---|------------|
| 18.2.1. Otoyol Sürüş Şartlarında Simülasyon .....   | 460        |
| 18.2.2. Elektrikli Tahrik Gücünün En Uygun Hibritleştirilmesi.....  | 463        |
| 18.3 10-25 kW Elektrikli Tahrik Paketleri .....   | 463        |
| 18.3.1 İçten Yanmalı Motor Maksimum Gücüne Duyarlılık.....  | 464        |
| 18.3.2 Taşıt Kütlesine Duyarlılık .....   | 464        |
| 18.3.3 10-25 kW Elektrikli Tahrik Gücü Aralığı.....   | 464        |
| 18.3.4 Binek Otomobiller için Elektrikli Tahrik Paketi .....  | 468        |
| 18.4 Piyasada Bulunan Binek Otomobillerle Karşılaştırma .....   | 468        |
| 18.4.1 2011 Model Toyota Corolla ile Karşılaştırma .....  | 469        |
| 18.4.2 2011 Model Toyota Prius Hibrit ile Karşılaştırma.....  | 470        |
| Kaynaklar .....   | 471        |
| <b>19. Güç Aktarma (Tahrik) Sistemi Optimizasyonu.....</b>  | <b>473</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL</i>   |            |
| 19.1 Güç Aktarma Sistemi Modelleme Teknikleri .....   | 473        |
| 19.1.1 İleri Yön Taşıt Modeli .....   | 474        |
| 19.1.2 Geri yön Taşıt Modeli .....  | 474        |
| 19.1.3 İleri Yön ve Geri yön Modellerin Karşılaştırılması .....   | 475        |
| 19.2 Performans Ölçülerinin Tanımı .....  | 476        |
| 19.2.1 Depodan Tekerleğe Emisyonlar .....   | 476        |
| 19.2.2 Petrol Kuyusundan Tekerleğe Emisyonlar.....  | 477        |
| 19.3 Güç Aktarma Sistemi Simülasyon Yöntemleri.....   | 478        |
| 19.4 Modüler Güç Aktarma Sistemi Yapısı.....  | 480        |
| 19.4.1 Önerilen Yazılım Paketinin Çerçevesi .....   | 481        |
| 19.4.2 Modüler Güç Aktarma Sistemi Yapısı.....  | 481        |
| 19.4.3 En Uygun Hale Getirme .....  | 485        |
| 19.5 Optimizasyon Problemi.....   | 486        |
| 19.5.1 En Uygun Hale Getirmeyi Birden Fazla Güç Aktarma<br>Sistemi Yapısını Destekleyecek Şekilde Genişletme..... | 486        |
| 19.5.2 Çok Amaçlı Optimizasyon .....  | 488        |
| 19.6 Vaka Sunumları: Güç Aktarma Sistemi Yapısını ve<br>Eleman Boyutunu En Uygun Hale Getirme .....               | 488        |
| 19.6.1 Vaka Sunumu 1: Depodan Tekerleğe ve Kuyudan Tekerleğe CO <sub>2</sub> .....                                | 489        |
| 19.6.1.1 Kuyudan Tekerleğe En Düşük CO <sub>2</sub> Emisyonları .....   | 490        |
| 19.6.1.2 Tanktan Tekerleğe En Düşük CO <sub>2</sub> Emisyonu.....   | 491        |
| 19.6.1.3 Çok Amaçlı Optimizasyon.....   | 492        |
| 19.6.2 Vaka Sunumu 2: Kuyudan Tekerleğe Karşı CO <sub>2</sub><br>Güç Aktarma Sistemi Maliyeti .....               | 494        |
| Kaynaklar .....   | 498        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>20. Çok Amaçlı Optimizasyon Yazılımı Paketi için Kılavuz.....</b> | <b>499</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL</i>                              |            |
| 20.1 Yazılım Hakkında .....  | 499        |
| 20.2 Yazılımın Yapısı.....   | 499        |
| 20.2.1 Giriş Sayfası .....   | 499        |
| 20.2.2 Genetik Algoritma.....  | 500        |
| 20.2.3 Uygunluk Değerlendirme Algoritması .....                      | 500        |
| 20.2.4 Taşıt Davranış Özelliklerinin Simülasyonu.....                | 500        |
| 20.2.5 Mevcut Bileşen Modelleri .....                                | 500        |
| 20.2.6 Simülasyonun Çalıştırılması .....                             | 501        |
| 20.2.6.1 Sürüş Çevriminin Tanımı .....                               | 501        |
| 20.2.6.2 Maliyet Fonksiyonunun Seçimi.....                           | 501        |
| 20.2.6.3 Güç Aktarma Türü Seçimi .....                               | 502        |
| 20.2.6.4 Gelişmiş Ayarlar .....                                      | 503        |
| 20.2.7 Simülasyonun Çalıştırılması .....                             | 503        |
| 20.2.8 Sonuçlar .....  | 505        |
| 20.3 Yazılımın Kabiliyetleri ve Sınırlamaları.....                   | 506        |
| <b>Ek: Toyota Prius'a Teknik Bakış.....</b>                          | <b>507</b> |
| <i>Çeviri: Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ</i>                               |            |
| <b>İndeks .....</b>  | <b>525</b> |



---

## Önsöz

---

Elektrikli ve Hibrit Elektrikli taşıtlar günümüzde çok iyi bilinmekte ve uluslararası alanda kabul görmektedir. Ancak, fosil yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan küresel ısınma sorununa giderek artan bilinçlenmeye rağmen, otomobil pazarına tam olarak girememiştir. Bu durum kısmen içten yanmalı motorların düşük maliyeti ve fosil yakıtların bol miktarda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Hidrokarbon yakıtların bolluğu onlarca yıldır ve belki de yüzyıllardır değişmemektedir. Dolayısıyla elektrikli ve hibrit elektrikli taşıtlar, ancak otomobil kullanıcısının bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçlarına daha iyi ve daha uygun ürünlerin sunulması halinde otomobil pazarına hâkim olabilecektir. Örneğin, düşük maliyetli bir elektrikli taşıt, orta sınıf bir ailenin satın alması ve kullanması için, geleneksel taşıtların çok daha pahalı olduğu, kendi fosil yakıt kaynağı olmayan gelişmekte olan ülkelerde otomotiv pazarına egemen olabilir. Ayrıca, normal boyutlu içten yanmalı motora sahip geleneksel bir taşıt, küçük bir tahrik motoru/generatör ilave edilmesi ile performans, yakıt ekonomisi, emisyon ve maliyet için en uygun hale getirilebilir. Böyle bir taşıt, gelişmiş dünya pazarları için küçük bir maliyet artışı ile geleneksel taşıtlara kıyasla daha üstün bir ürün olabilir.

Kitabımızın üçüncü baskısı, bu alandaki uygun teknolojileri ve tasarım yöntemlerini tanıtarak yukarıdaki amaçlara katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bu baskı, kitabın önceki baskılarının okuyucularının önerileri, birçok öğrencinin ve akademisyenlerin önerilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

İçten yanmalı motor kullanan otomobillerin gelişimi, modern teknolojinin en büyük başarılarından biridir. Ancak, son derece gelişmiş otomotiv endüstrisi ve dünya çapında kullanımda olan otomobil sayısındaki artış, çevre ve hidrokarbon kaynakları için ciddi problemlere sebep olmaktadır. Bozulan hava kalitesi ve küresel ısınma konuları, modern yaşam için ciddi tehditler haline gelmektedir. Daha sıkı emisyon ve yakıt verimliliği standartları, daha temiz, daha güvenli ve daha verimli taşıtların hızlı bir şekilde geliştirilmesini sağlamaktadır. Elektrikli, hibrit elektrikli ve yakıt hücresi ile çalışan güç aktarma sistemi teknolojilerinin, tahmini-öngörülebilir gelecek için en umut verici taşıt çözümleri olduğu artık iyi bilinmektedir.

Bu meselenin üstesinden gelmek için, ABD’de ve dünya çapında artan sayıda mühendislik bölümleri, lisans ve lisansüstü düzeylerde ileri enerji ve taşıt teknolojileri alanında akademik programlar başlatmıştır. Texas A&M Üniversitesi’nde makine ve elektrik mühendisliği öğrencileri için ilk yüksek lisans dersine “Gelişmiş Taşıt Teknolojileri-Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Taşıtların Tasarım Yöntemi” ismi ile 1998 yılında başladık. Bu ders kapsamında müfredat hazırlarken, teknik makaleler ve raporlar şeklinde zengin bilgi birikimi olmasına rağmen, böyle bir derse katılmak isteyebilecek öğrenciler ve öğretim

üyeleri için titiz ve kapsamlı bir ders kitabı olmadığını gördük. Ayrıca uygulama mühendislerinin de bu yeni teknolojinin esaslarını tam olarak anlamak için düzenli bir referans kitabına ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu kitabın ilk baskısı, bu ihtiyacı karşılama çabamız içindir. Mevcut üçüncü baskı, önceki baskılara ilave yeni konular ve daha derin yaklaşımlar getirmiştir.

Bu kitap, geleneksel içten yanmalı motorlu (İYM) taşıtlar, elektrikli taşıtlar (ET), hibrit elektrikli taşıtlar (HET) ve yakıt hücreli taşıtlar (YHT)'nin temelleri, teorik dayanakları ve tasarım yöntemlerini ele almaktadır. Matematiksel titizlikle modern taşıtlar için taşıt performans özellikleri, yapıları, kontrol yöntemleri, tasarım yöntemleri, modelleme ve simülasyon-benzetim çalışması kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Aktarma elemanları mimarisi analizi, İYM tabanlı aktarma elemanları, ET ve HET yapıları, elektrikli tahrik sistemleri, seri/paralel/hafif hibrit elektrikli aktarma elemanları tasarım yöntemleri, enerji depolama sistemleri, geri kazanımlı frenleme, yakıt hücreleri ve bunların taşıtlardaki ve yakıt hücreli hibrit elektrik aktarma elemanları tasarımı üzerine uygulamaları ele alınmıştır. Kitabın kapsamı, yalnızca tek tek bileşenlerden değil, tüm aktarma elemanları sistemini kapsamaktadır. Tasarım yöntemi matematiksel terimlerle adım adım açıklanmıştır. Ayrıca, her bir aktarma elemanının tasarım yöntemi açıklanırken, tasarım örnekleri benzetim sonuçlarıyla birlikte sunulmuştur.

Daha belirgin olarak, üçüncü baskı, birinci ve ikinci baskılardaki maddelerin birçok düzeltme ve güncellemelerini içermektedir. Dört yeni bölüm ve bir ek (bölüm) dahil edilmiştir. Bunlar, Bölüm 4: Taşıt Güç Aktarma Sistemi; Bölüm 18: En Uygun Hibritleştirme Oranı ile Tam Boyutlu İYM Kullanılan HET Tasarımı; Bölüm 19: Güç Aktarma (Tahrik) Sistemi Optimizasyonu; Bölüm 20: Çok Amaçlı Optimizasyon Yazılımı Paketi için Kılavuz; ve Ek: Toyota Prius'a Teknik Bakış. Ayrıca eski bölümlere bol miktarda yeni bilgiler eklenmiştir. Üçüncü baskıya yapılan tüm bu yeni katkılar, kitabı okuyucu için daha eksiksiz ve kullanışlı yapmaktadır.

Genel olarak bu kitap yirmi bölüm ve bir ek bölüm'den oluşmaktadır. Bölüm 1'de modern ulaşımın sosyal ve çevresel önemi tartışılmaktadır. Bu bölüm, modern ulaşımın gelişmesiyle ilişkili olarak hava kirliliği, küresel ısınma ve petrol kaynaklarının tükenmesi konularını içermektedir. Bu bölümde, gelecekteki taşıt teknolojilerinin yakıt temini üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Sonuçlar, yeni nesil taşıtların geliştirme yöntemlerine yardımcı olmaktadır. Ek olarak, ET, HET ve YHT'nin gelişim tarihi kısaca ele alınmıştır.

Bölüm 2'de taşıt performanslarının temel fikri, güç sistemi özellikleri, aktarım sistemi özellikleri ve taşıt performanslarını açıklamak için kullanılan denklemler verilmektedir. Bu bölümün esas amacı, taşıt güç aktarma elemanları tasarımı için gerekli olan temel bilgileri sağlamaktır. İlk baskıya bir iyileştirme olarak, fren sistemi ve onun tasarımı ve geliştirilmiş malzeme, ET, HET ve YHT'de hibrit fren sistemi tasarımı için daha sağlam bir temel elde etmek amacıyla kuvvetlendirilmiştir.

Bölüm 3'te, farklı İYM'lerin temel çalışma özellikleri gösterilmektedir. Ana güç sistemi olarak İYM, geleneksel ve hibrit aktarma elemanı sistemlerinde en önemli alt sistemdir. İYM özelliklerinin tam olarak anlaşılması, geleneksel taşıtlar gibi hibrit elektrikli taşıtların tasarımında ve kontrolünde gereklidir.

Bölüm 4'te, geleneksel ve hibrit elektrikli taşıt için taşıt aktarma sistemi açıklanmaktadır. Geleneksel ve gelişmiş aktarım sistemlerinin çoğu türleri gösterilmekte ve incelenmektedir.

Bölüm 5'te elektrikli taşıtlar gösterilmektedir. Bu bölüm genel olarak elektrikli tahrik sistemi ve onun enerji depolama biriminin tasarımını, tahrik motoru ve onun aktarım sisteminin tasarımını, taşıt performansının kestirim yöntemi ve sistem benzetim sonuçlarını içermektedir.

Bölüm 6'da ilk olarak hibrit tahrik sisteminin temel kavramı gösterilmiştir. Ardından, hibrit elektrikli taşıtların değişik türleri ele alınmıştır. Bunlar seri hibrit, paralel hibrit, hibritlerin moment bileşimi ve hız bileşimi ve diğer türleri içermektedir. Bu yapıların temel çalışma özellikleri de ayrıca verilmektedir.

Bölüm 7'de çeşitli güç sistemleri ele alınmaktadır. Bunlar DA, AA, kalıcı mıknatıslı fırçasız DA ve anahtarlamalı relüktans motor sürücülerini içermektedir. Tahrik sistemi açısından, onların temel yapıları, çalışma kaideleri, kontrol ve çalışma özellikleri tarif edilmektedir.

Bölüm 8'de, seri hibrit elektrikli tahrik sisteminin tasarım yöntemi gösterilmektedir. Bu bölüm İYM, enerji depolama, tahrik motoru, aktarma sistemi, kontrol yöntemi ve güç dönüştürücü sistemlerine yönelik tasarıma odaklanmakta ve bir tasarım örneği de verilmektedir. İlk baskıya iyileştirme olarak, çeşitli güç dönüştürücü yapıları ilave edilmiştir.

Bölüm 9'da paralel hibrit elektrikli tahrik sisteminin tasarım yöntemi verilmektedir. Bu bölüm, sürüş şekli ve sürüş periyodu analizi, kontrol yöntemi, ana bileşenlerin tasarımı (İYM, enerji depolama ve aktarma gibi) ve taşıt performans benzetimi (simülasyonu) içermektedir. İlk baskıya ek olarak, açık ve kapalı kontrol uygulanmış İYM, bulanık mantık kontrolü ve dinamik programlamaya dayalı kontrol optimizasyonu ilave edilmiştir.

Bölüm 10'da seri-paralel hibrit tahrik sisteminin çalışma özellikleri, tasarım yöntemi ve kontrol türleri sunulmaktadır. Bu, ikinci baskıda yeni bir bölüm olarak yer almıştır.

Bölüm 11'de, fişli (plug-in) hibrit taşıtın tasarım ve kontrol ilkeleri açıklanmaktadır. Bu bölüm esas olarak güç aktarım sistemi kontrol yöntemi, enerji depolama tasarımı ve elektrik motoru tasarımı ile ilgili olarak şarj beslemeli hibrit tahrik sistemini ele almaktadır. Bu aynı zamanda yeni bir bölümdür.

Bölüm 12'de, paralel moment bağlantısı ve seri/paralel moment-hız bağlantılı iki temel yapıyla birlikte hafif hibrit tahrik sistemi tasarım yöntemi açıklanmaktadır. Bu bölüm sistemin analitik incelemesi, kontrol sistemi geliştirme ve sistem benzetimine odaklanmıştır.

Bölüm 13'te, bataryalar, süper kapasitörler ve volanlar dahil olmak üzere farklı enerji depolama teknolojileri ele alınmıştır. Bu çalışma, güç ve enerji ka-

biliyetlerine odaklanmaktadır. Hibrit enerji depolama kavramı da bu bölümde açıklanmaktadır.

Bölüm 14'te, hibrit fren sistemlerinin tasarım ve kontrol ilkeleri açıklanmıştır. Fren güvenliği ve geri kazanılabilir enerji temel konulardır. Normal sürüş çevrimlerinde, taşıt hızına ve fren gücüne göre uygun frenleme enerjisi özellikleri incelenmektedir. Ön ve arka tekerleklerdeki fren kuvveti dağılımı, güvenli taşıt frenleme performansını sağlamak için ele alınmıştır. Ayrıca bu bölüm, elektriksel geri kazanımlı ve mekaniksel frenler arasında toplam frenleme kuvvetinin dağıtılmasının önemini ele almaktadır. Kontrol yöntemleri de dahil olmak üzere iki gelişmiş hibrit fren sistemi verilmektedir. Bu bölüm, son araştırmamız temel alınarak yeniden yazılmıştır.

Bölüm 15'te, farklı yakıt hücre sistemleri, çalışma ilkelerine ve özelliklerine, çeşitli teknolojilere ve onların yakıtları dikkate alınarak tarif edilmiştir. Özellikle, yakıt hücrelerinin taşıt uygulamaları açıklanmıştır.

Bölüm 16'da yakıt hücreli hibrit tahrik sisteminin düzenli bir tasarımı açıklanmıştır. İlk olarak yakıt hücreli hibrit taşıtlar kavramı ifade edilmiştir. Ardından, çalışma prensipleri ve aktarım kontrol sistemleri incelenmiştir. Son olarak, yakıt hücresi, elektrikli tahrik sistemi ve enerji depolama sistemine odaklanan bir tasarım yöntemi verilmiştir. Bir tasarım örneği ve bu tasarımın performansına ait benzetim (simülasyon) sonuçları verilmiştir.

Bölüm 17'de, bir arazi paletli seri hibrit taşıtın tasarım yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışma, yumuşak zeminlerde hareket direnci hesaplaması, tahrik motor sistemi tasarımı, motor/generatör sistemi tasarımı ve azami güç kaynağı sistem tasarımı odaklanmaktadır.

18, 19 ve 20. bölümleri, üçüncü baskı için yeni bölümlerdir. Bu bölümler, yeni tam boyutlu İYM en uygun hibrit taşıt tasarım kavramını ve taşıt güç sisteminin hibrit hale getirilmesi ve ona bağlı yazılımları açıklamaktadır.

Bu baskıda bir çalışma eki yer almaktadır. Bu ek bölüm, Toyota Prius hibrit sistemine genel bir bakıştır. Amaç, okuyucuya ticari bir hibrit elektrikli tahrik sisteminin mimarisi, çalışma şekilleri, kontrol sistemi ve diğer bileşenlerinin gerçek bir örneğini vermektir.

Bu kitap, ileri düzey taşıtlarda lisansüstü veya üst düzey lisans eğitimi dersi için uygundur. Bu kitaptaki içeriğe destek olmak üzere tasarlanan yazılım (© 2018 Ganesh Mohan, Francis Assadian, Marcin Stryszowski ve Stefano Longo) kitabın CRC Press web sitesinde ([www.crcpress.com/9781498761772](http://www.crcpress.com/9781498761772)) bulunmaktadır. Makine veya elektrik mühendisliği gibi farklı disiplinlerdeki öğrencilerin temel bilgilerine bağlı olarak, ders hocaları kendi derslerine uygun özel içeriği seçme esnekliğine sahiptir. Bu kitap, Texas A&M Üniversitesi'nde yirmi yıldır lisansüstü düzeyde ders olarak öğretilmektedir. Bu kitabın taslağı, dersimizdeki öğrencilerden gelen yorumlar ve geri bildirimlere dayanarak yıllar boyunca birçok kez revize edilmiştir. Öğrencilerimizin yardımları için onlara minnettarız.

Bu kitap modern otomotiv sistemleri ile ilgilenen mühendisler, öğrenciler, araştırmacılar ve kamu ve akademide görevli olanlar dahil olmak üzere otomotivle ilgili endüstrilerde çalışan diğer profesyoneller için derinlemesine bir kaynak ve kapsamlı bir referanstır.

Diğer çalışmalara ek olarak, bu kitapta ortaya konulan teknolojilerin ve ilerlemelerin çoğu, yazarlar ve Texas A&M Üniversitesi'ndeki İleri Taşıt Sistemleri Araştırma Programının diğer üyeleri tarafından uzun yıllar süren araştırma ve geliştirmelerin neticesidir. Bu kitaba büyük katkılarda bulunan Texas A&M'deki Gelişmiş Taşıt Sistemleri Araştırma grubu ve Güç Elektroniği ve Motor Sürücüler grubunun tüm özverili personeline minnettarız.

Taylor & Francis Grup çalışanlarının, özellikle de Nora Konopka'nın çabaları ve yardımları için şükranlarımızı sunarız. Son olarak, ailelerimize bu kitabı yazarken uzun emekler boyunca gösterdikleri sabır ve destekleri için teşekkür ederiz.

**Mehrdad Ehsani**  
**Yimin Gao**  
**Stefano Longo**  
**Kambiz Ebrahimi**  
**Ocak, 2018**

MATLAB® ve Simulink®, MathWorks şirketinin tescilli ticari markasıdır. Ürün bilgileri için lütfen iletişime geçiniz:

The MathWorks, Inc.  
3 Apple Hill Drive  
Natick, MA 01760-2098 USA  
Tel: 508-647-7000  
Fax: 508-647-7001  
E-mail: [info@mathworks.com](mailto:info@mathworks.com)  
Web: [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)



---

## Çeviri Önsözü

---

Artan çevre kirliliği, küresel ısınma ve fosil kökenli yakıtların kısıtlı rezervlere sahip olması her geçen gün hibrit ve elektrikli taşıtlara olan ilgiyi arttırmaktadır. Elektrikli taşıtlar kavramı; hibrit elektrikli taşıtlar, bataryalı elektrikli taşıtlar ve yakıt hücreli elektrikli taşıtları kapsamaktadır. Çevirisi yapılan bu kitap söz konusu hibrit ve elektrikli taşıtlara yönelik genel bir perspektif ortaya koymayı hedeflemektedir.

Literatürde, Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Taşıtlar alanında önde gelen bu kaynak kitabın Türkçe'ye tercümesi kararımızda, bu alanda yayınlanmış Türkçe kaynak kitap olmaması ve kitabın yazarı Prof Dr Mehrdad EHSANI'nin teşviki bizleri cesaretlendirmiştir.

Kitabın tercümesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Hakkari Üniversitesi'nden ilgili alanlarda akademik çalışmaları olan uzman 10 Öğretim Üyesi tarafından yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada dil açısından verdiği destekler için Prof. Dr. Mehmet Oruç BİLGİÇ'e de teşekkür ediyoruz.

İlk yerli ve elektrikli otomobili üretmeyi hedefleyen TOGG projesi, ülkemizde elektrikli taşıtlara verilen önemi göstermektedir. Bu amaçla kitabın Elektrik-Elektronik, Otomotiv, Makine ve ilgili diğer mühendislik alanlarında eğitim alan önlisans, lisans ve lisansüstü öğrencilere, otomotiv sektöründe çalışan mühendis ve teknik personele, araştırmacılara, akademisyenlere faydalı olacağı ve ülkemiz sanayii ve ekonomisine katkı sağlayacağı kanaatindeyiz. Ayrıca, piyasada alt yapısı son 20 yıldır gelişen Elektrikli Taşıtlara ait faaliyet gösteren firmalara ve mühendislerine de faydalı olacaktır.

Kitapta geçen bazı mesleki kelime ve kelime gruplarının Türkçe'ye kazandırılmasında ilk olması nedeniyle çok dikkat edilmeye çalışılmıştır. Okuyucudan gelecek olan her türlü önerilere de açık olduğumuzu belirtmekte fayda vardır.

Kitabın basımında yabancı yayınevinden (CRC Press Taylor & Francis Group) telif hakkının alınmasında destek sağlayan "Cengiz Enerji"ye teşekkür ederiz.

Bize bu kitabı basım imkânı veren başta Yasin Dilmen olmak üzere "Akademi Kitabevi" çalışanlarına teşekkür ederiz. Bu değerli eserin öğrencilerimize, akademi camiamıza ve Türk Otomotiv Sanayii'ne hayırlı olmasını temenni ediyoruz. Bu kitabı Türkçe'mize kazandırıyor olmak ta bizim için ayrıca bir mutluluktur. Gayret bizden takdir Allah'tan.

Mustafa AKTAŞ

## Mehrdad Ehsani'nin tercüme kitap hakkında yazısı

I am delighted to hear that the translation of my book by you is complete.

This book is the result of over thirty years of work on electric and hybrid electric vehicle power trains by this researcher, his graduate students, his research staff and the many visiting scholars that have worked in my lab. Many of these graduate students and visiting scholars came from Turkey. Among these Turkish visiting scholars were Professor Mustafa Aktas and Professor Oruc Bilgich.

I offer my thanks to all of my past graduate students and the visiting scholars whose research work resulted in the advancement of the of EV and HEV technologies. I also hope that the present Turkish edition of the book will help develop the future generation of graduate students and scholars in Turkey and around the world.

**Professor Mehrdad Ehsani**

October 2021

Mehrdad (Mark) Ehsani, Ph. D., P. E., L.F. IEEE, F. SAE, M. AAAS

Robert M. Kennedy Professor,

Sustainable Energy and Vehicle Engineering Program

Power Electronics & Motor Drives Laboratory

Department of Electrical & Computer Engineering

Texas A&M University

College Station, Texas 77843

Phone: 979-845-7582

Email: ehsani@ece.tamu.edu

Web Address: <http://engineering.tamu.edu/electrical/people/mehsani>



---

## *Teşekkürler*

---

Geçmişteki ve şimdiki öğrencilerimizin ve araştırma personelimizin çoğu, son yirmi yılda, bu kitabın meydana gelmesi çalışmalarına katkıda bulundular. Özellikle, Teksas A&M Üniversitesi'ndeki doktora tezi sayesinde 18. Bölüme katkıda bulunan Lin Lai'nin çalışmasına teşekkür ediyoruz. Texas A&M Üniversitesi İleri Taşıt Sistemleri Araştırma Programı'ndaki doktora öğrencilerimiz Nima Ersahd, Ahmet Yeksan, Own Golden ve Yiqi Wang'a da yardımları için teşekkür ediyoruz.

Yazarlar, "Güç Aktarma Sistemi Topolojisi ve Bileşen Boyutlandırma için Optimizasyon Teknikleri" ve "Çok Amaçlı Optimizasyon Yazılımı Paketi için Kılavuz" bölümleri ve bu kitapla sağlanan yazılım için, Dr. Ganesh Mohan, Profesör Francis Assadian ve Marcin Staszowski'ye teşekkür etmektedir. Güç aktarım sistemi optimizasyonu tekniklerini ve bu kitapla elde edilebilen MATLAB® tabanlı yazılımı geliştirdiğinde, Dr. Mohan Cranfield Üniversitesi'nde doktora öğrencisiydi. O, şimdi Jaguar Land Rover şirketinde mühendis olarak çalışmaktadır. Esas danışmanı Profesör Assadian, ABD'deki California Davis Üniversitesi'nde profesörlüğe kabulünden önce bu çalışmanın büyük bölümünü yönetti. Staszowski, Cranfield Üniversitesi'nde halen doktora öğrencisidir. Staszowski yukarıda bahsedilen iki bölüm için içerik geliştirme ve yazılım iyileştirmesine katkıda bulunmuştur. Çalışmalarıyla yaptıkları olağanüstü katkısı ve yayınlamamıza izin verdikleri için kendilerine teşekkürü bir borç biliriz.



---

## Yazarlar

---



**Mehrdad Ehsani**, Teksas A&M Üniversitesi'nde Elektrik Mühendisliği'nin "Robert M. Kennedy" Profesörüdür. 1974'ten 1981'e kadar Teksas Üniversitesi Fusion Araştırma Merkezi'nde araştırma mühendisi ve Argonne Ulusal Laboratuvar (Argonne, Illinois)'nda yardımcı araştırma görevlisi idi. 1981'den beri Texas A&M Üniversitesi (College Station, Teksas)'nde Elektrik Mühendisliği'nde profesör ve İleri Taşıt Sistemleri Araştırma Programı ve Güç Elektroniği ve Motor Sürücüler Laboratuvarı'nın yöneticisidir.

Anahtarlamalı güç kaynakları, yüksek gerilim mühendisliği, güç elektroniği, motor sürücüler, ileri taşıt sistemleri ve sürdürülebilir enerji mühendisliği alanlarında 400'den fazla yayının yazarıdır. "Hibrit elektrikli taşıtların teorisine ve tasarımına katkıları" için verilen IEEE Vehicular Society 2001 Avant Garde Ödülü'nü de içeren 100'den fazla uluslararası onur ve takdirlere ilaveten, IEEE-Industry Applications Society tarafından verilen birçok Prize Paper Ödüllerinin de sahibidir. 2003'de, "güç elektroniği ve sürücülerinin ileri müfredat geliştirme ve öğretilmesine olağanüstü katkıları için" IEEE Lisans Eğitimi Ödülü'ne layık görülmüştür. 2005'de Society of Automotive Engineers (SAE) Üyeliğine seçilmiştir. Güç elektroniği, motor sürücüler ve ileri taşıt sistemleri üzerine 17 farklı kitabın ortak yazarlarından. Kesinleşmiş ve bekleyen 30'dan fazla ABD ve AB patentine sahiptir. Şu anki araştırma çalışmaları güç elektroniği, motor sürücüler, hibrit taşıtlar ve bunların kontrol sistemleri ve sürdürülebilir enerji mühendisliği üzerinedir.

Dr. Ehsani, IEEE Güç Elektroniği Topluluğu (PELS:Power Electronics Society) AdCom üyesi, PELS Eğitim İşleri Heyeti başkanı, IEEE-IAS Endüstriyel Güç Dönüştürücüler Heyeti başkanı ve IEEE Myron Zucker Öğrenci-Hoca Ödülü programı başkanıdır. 1990'daki IEEE Power and Propulsion Konferansı'nın genel başkanıdır. IEEE Power and Propulsion Conference'nin kurucusu, IEEE VTS Vehicle Power and Propulsion'ın kurucu başkanı ve Convergence Fellowship Heyetleri başkanı'dır. 2002'de VTS yönetim kuruluna seçildi. Ayrıca birçok teknik dergilerin yayın kurulunda görev yapmaktadır ve *IEEE Transactions on Industrial Electronics* ve *IEEE Transactions on Vehicular Technology*'nin editör yardımcılığını yapmıştır. IEEE'nin yaşam boyu onur üyesi, IEEE Industrial Electronics Society ve Vehicular Technology Society'nin seçkin konuşmacısı ve IEEE Industry Applications Society ve Power Engineering Society'nin seçkin öğretim üyesidir. Kendisi ayrıca Teksas eyaletinde kayıtlı profesyonel bir mühendistir.



**Yimin Gao**, tümü Jilin Teknoloji Üniversitesi (Changchun, Jilin, Çin)'nden olmak üzere sırasıyla 1982, 1986 ve 1991 yıllarında makine mühendisliğinde (otomotiv sistemlerinin geliştirilmesi, tasarımı ve üretimi alanında) lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 1982'den 1983'e kadar Dongfeng Motor Şirketi (Shiyan, Hubei, Çin)'nde taşıt tasarım mühendisi olarak çalıştı. 5 tonluk bir kamyonun (EQ144) yerleşim tasarımını bitirdi ve aracın prototip oluşturma ve testinde görev aldı. 1983'ten 1986'ya kadar Jilin Teknoloji Üniversitesi (Changchun, Jilin, Çin) Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde lisansüstü öğrenci idi. Buradaki çalışma alanı, motor ve şanzımanın en uygun eşleşmesi ile taşıt yakıt ekonomisinin iyileştirilmesidir.

1987'den 1992'ye kadar Jilin Teknoloji Üniversitesi (Changchun, Jilin, Çin) Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde doktora eğitimini aldı. Bu süre zarfında, tekerlekli taşıtlar için hareketin güç olduğu arazi şartlarında imkân dahilinde çalışabilen ayaklı taşıtların araştırma ve geliştirmesi üzerine çalıştı. 1991'den 1995'e kadar, Jilin Teknoloji Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü'nde doçent ve otomotiv tasarım mühendisiydi. Bu dönemde, lisans öğrencilerine birçok kez otomotiv teorisi ve tasarımı dersi ve yüksek lisans öğrencilerine iki kez otomotiv uygulama tekniği dersi verdi. Bu arada, taşıt performansı, şasi ve parçaların incelemesini de gerçekleştirdi ve ayrıca şasi tasarımı, güç aktarma sistemi tasarımı, süspansiyon tasarımı, direksiyon sistemi tasarımı ve fren tasarımı dahil olmak üzere otomotiv tasarımını gerçekleştirdi.

1995 yılında Texas A&M Üniversitesi'nde Advanced Vehicle Systems Research Programına araştırma görevlisi olarak katıldı. Halen, bu programda elektrikli ve hibrit elektrikli taşıtların araştırma ve geliştirilmesi üzerine çalışmaktadır. Araştırma alanları esas olarak elektrikli ve hibrit elektrikli güç aktarımının temelleri, mimarisi, kontrolü, modellemesi, tasarımı ve esas bileşenleridir. Gao SAE üyesidir.



**Stefano Longo**, elektrik ve elektronik mühendisliği'nden mezun olduktan sonra, 2007 yılında Sheffield Üniversitesi (İngiltere)'nde kontrol sistemlerinde yüksek lisans ve 2010 yılında Bristol Üniversitesi (İngiltere)'nde yine kontrol sistemleri alanındaki doktora derecesini elde etti. Doktora tezi, kontrol mühendisliği alanındaki önemli başarıları nedeniyle Mühendislik ve Teknoloji Enstitüsü (IET:Institution of Engineering and Technology) Kontrol ve Otomasyon Ödülü'ne layık görüldü. 2010'da Imperial College Londra (İngiltere)'de Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Kontrol ve Güç Grubu'na araştırma görevlisi olarak atandı ve burada kontrol sistemleri tasarımı ve donanım uygulaması ortak alanlarında

çalıştı. 2012’de Cranfield Üniversitesi (İngiltere) Otomotiv Mühendisliği Bölümü’nde (şimdiki adı İleri Taşıt Mühendisliği Merkezi) taşıt elektrik ve elektronik sistemleri alanında hoca (doktor öğretim üyesi) olarak atandı. 2012’den 2016’ya kadar Imperial College Londra’da fahri araştırma görevliliği yaptı. 2017’de, Dr. Longo, otomotiv kontrol ve optimizasyon alanında kıdemli hoca (doçent) pozisyonuna terfi etti ve 2014’ten beri otomotiv mekatronik alanında yüksek lisans için ders yöneticisi olarak görev yapmaktadır.

Dr. Longo, 70’in üzerinde hakemli araştırma makalesi ve bir kitap, *Optimal and Robust Scheduling for Networked Control Systems* (CRC Press, 2017) yayınlamıştır. Otomotiv mekatroniği, optimizasyon ve kontrol alanlarında çeşitli lisansüstü dersler vermekte, doktora öğrenci danışmanlığı ve akademik araştırma ve danışmanlık yürütmektedir.

Dr. Longo, IEEE’nin kıdemli üyesi, Elsevier dergisi *Mechatronics*’in yardımcı editörü, birçok IEEE ve IFAC dergisinin teknik editörü ve hakemi, yeminli mühendis ve IET Control & Automation Network’ün seçilen yönetici üyesi, *Mechatronic Systems and Automotive Control*’de IFAC teknik heyeti üyesi ve Yüksek Öğretim Akademisi üyesidir.



**Kambiz M. Ebrahimi**, makine mühendisliği lisans derecesini Plymouth Polytechnic (İngiltere)’ten, yüksek lisans derecesini UWIST’den sistem mühendisliği’nde (Galler Üniversitesi) ve doktorasını Cardiff Üniversitesi (İngiltere)’nden dinamik ve matematiksel modelleme alanında almıştır.

Şu anda, Loughborough Üniversitesi (İngiltere) Havaçılık ve Otomotiv Mühendisliği Bölümü’nde ileri tahrik sistemleri profesörüdür. Loughborough’ya girmeden önce, Galler Üniversitesi’nde bir AB projesinde modele dayalı durum izleme üzerine ve Bradford Üniversitesi’nde dağıtık-toplu modelleme ve asgari güç ile kontrol yöntemleri üzerinde araştırma görevlisi olarak çalıştı. Daha sonra, Bradford Üniversitesi (İngiltere) makine mühendisliği’nde okutman, doçent ve profesör oldu.

Başlıca araştırma alanları sistemler ve kontrol teorisi; çok değişkenli ve büyük ölçekli sistemler; mekatronik sistemlerin modellenmesi ve özellikleri; hibrit güç aktarma sistemlerinin enerji yönetimi ve kontrolü; sistem izleme, arıza teşhisi ve Turbomakine kanat ucu zamanlaması; hibrit, elektrikli ve L-sınıfı taşıtlardır. Ulusal ve uluslararası dergi ve konferanslarda 100’den fazla makalenin yazarı veya ortak yazarıdır.

Dr. Ebrahimi, yetkili bir makine mühendisi ve ASME ve SAE üyesidir ve 2012’den beri Powertrain Modelling and Control Conference’nın başkanı ve düzenleyicisi olarak görev yapmaktadır; 2012’den beri *International Journal of Powertrains*’in yayın kurulu üyesidir ve 2009’da the Challenges in Powertrain Testing toplantılarının düzenleyicisidir. Aynı zamanda, *Application of Multi-Va-*

*riable System Techniques* (1998, Professional Engineering Publishing) kitabının yardımcı editörü ve *Multi-Body Dynamics* (2000, Professional Engineering Publishing) kitabının yardımcı editörlüğüne ilaveten *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics*'in de yayın kurulu üyesidir.

AVL, Ford Motor Şirketi, Cummins Turbocharger Teknolojileri, Jaguar ve Land Rover gibi bağlantıları aracılığıyla endüstri ile araştırma iş birliğinde aktif olarak yer almaktadır.

---

## *Tercüme Kurulu*

---

**Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Elektrik  
Elektronik Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0002-2608-1000

**Prof. Dr. Necmi ALTIN**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Elektrik Elektronik Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0003-3294-9782

**Prof. Dr. Ahmet Faruk BAKAN**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik  
Elektronik Fakültesi, Elektrik  
Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0002-0399-0359

**Prof. Dr. Can ÇINAR**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Otomotiv Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0001-6944-8864

**Doç. Dr. Mesut DÜZGÜN**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Otomotiv Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0003-0582-4183

**Dr. Öğr. Üyesi Tayfun GÜNDOĞDU**

Hakkâri Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Elektrik Elektronik  
Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0002-7150-1860

**Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Elektrik  
Elektronik Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0001-9995-1460

**Prof. Dr. Hamit SOLMAZ**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Otomotiv Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0003-0689-6824

**Doç. Dr. Fatih ŞAHİN**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Otomotiv Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0002-4423-6619

**Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha ŞEN**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina  
Fakültesi, Makina Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0002-8604-3962

**Doç. Dr. Tolga TOPGÜL**

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Otomotiv Mühendisliği  
ORCID iD: 0000-0003-1347-9594