CONFERENCE BOOK



BURSA
3. ULUSLARARASI
MATEMATİK VE MÜHENDİSLİK
KONGRESİ

20 - 22 Eylül 2024
Bursa

YÜZYÜZE ve ONLINE

www.bursakongresi.org|

ISBN :978-625-6283-75-6

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE

BURSA 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING
SEPTEMBER 20 - 22, 2024 BURSA

Edited By
ASSOC. PROF. DR. ELİF AKPINAR KÜLEKÇİ

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conferences : Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Ali Bilgili
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Hülya Çiçek
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Həcər Hüseynova
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Naile Bilgili
Organizing Committee Member: Doç. Dr. Nazilə Abdullazadə
Organizing Committee Member: PROF. DR. BAŞAK HANEDAN
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dwi Solisworo
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Dody Hartando
Organizing Committee Member: Prof. Dr. Raihan Yusoph
Organizing Committee Member: Assoc. Prof. Dr. Ivaylo Staykov
Organizing Committee Member: Assist. Prof. Dr. K. R. Padma
Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Organizing Committee Member: Dr. Amaneh Manafidizaji
Organizing Committee Member: Aynurə Əliyeva

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.
Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.
Academy Conference–2024 ©

Issued: 27.10.2024
ISBN: 978-625-6283-75-6

CONFERENCE ID

BURSA
3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING

DATE – PLACE
SEPTEMBER 20 - 22, 2024
BURSA

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – Kazakhstan – Japan – Mongolia- Taiwan- Singapore- China- **Vietnam- South Korea- South Africa- Bangladesh- Pakistan-**

PRESENTATION

Oral and Poster presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
At the conference, 6 paprs were presented by participants from Turkey and 22 papers by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an "official assignment letter"

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BILGILI – Turkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Turkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Turkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Turkiye
Prof Dr. Bülent KURTİŞOĞLU – Turkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBIGI – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Turkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Turkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Turkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Turkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Turkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Turkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Turkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia

Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDIBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Turkiye
Assist. Prof. Dr. Nihayet KOÇYİĞİT - Turkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Personel Daire Başkanlığı

Sayı : E-16710634-03-903.07.02-2300384284 01.12.2023
Konu : Doç.Dr.Elif AKPINAR KÜLEKÇİ'nin Görevlendirilmesi

MİMARLIK VE TASARIM FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 29.11.2023 tarihli ve E-53120705-000-2300381989 sayılı belge.

Fakülteniz Peyzaj Mimarlığı Bölümü öğretim üyelerinden Doç.Dr.Elif AKPINAR KÜLEKÇİ'nin, Yükseköğretim Genel Kurulunun 15.06.2023 tarihli, 10 sayılı oturumunda alınan 2023.10.183 sayılı kararı gereğince Doçentlik Başvuru Şartlarında bulunan ve doçent olacak adaylardan istenen "Diğer uluslararası/ ulusal bilimsel toplantının düzenleme komitesinde resmi olarak görevlendirilmiş üniversite akademisyen temsilcisi bulunması zorunludur." maddesi gereğince, Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz ve gündeliksiz olarak görevlendirilmesi Rektörlüğümüzce uygun görülmüştür.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Ömer ÇOMAKLI
Rektör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 87c7a395-d4b6-4f7a-abc6-5dee8674e3d1 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys

Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2311023
Elektronik Ağ: www.atauni.edu.tr
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr
Bilgi: Mehmet KOÇ
Faks: +90 442 2361014
E-Posta: personel@atauni.edu.tr

BURSA 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES
BURSA 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES
BURSA 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATIC AND ENGINEERING
ARTDergi 2nd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
September 20 - 22, 2024
BURSA
Meeting ID: 816 0458 4722 Passcode: 202224

21 Eylül / September 21, 2024 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)

Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	**Dr.Öğr.Gör. OĞUZ KÜRŞAT DEMİRCİ**	1	ANALYSIS OF CRYPTOCURRENCY TIME SERIES DATA USING MACHINE LEARNING	Dr.Volkan ALTINTAŞ
		2	TİCARİ ARAÇLARDA MANUEL PARK FRENİ VE ELEKTRONİK PARK FREN SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	Ar-Ge Elektrik Donanım Ekip Lideri, Ezgi Aslane Ar-Ge Elektrik Yazılım Mühendisi, Mehmet Kuş
		3	INVESTIGATION OF THE CONTRIBUTION OF REGENERATIVE BRAKING SYSTEMS USED IN ELECTRIC VEHICLES TO THE INCREASE OF MILEAGE	Dr.Öğr.Gör. OĞUZ KÜRŞAT DEMİRCİ Prof. Dr. MURAT ÇETİN
		4	BEAM DESIGN VIA NEW SWARM-BASED METAHEURISTICS	Betül ÜSTÜNER Erkan DOĞAN
		5	MINIMUM WEIGHT OPTIMIZATION OF 3-D STEEL FRAME SYSTEM	Betül ÜSTÜNER Erkan DOĞAN
		6	AN ANALYSIS ON THE POTENTIAL FOR INCREASED EFFICIENCY AND ENERGY SAVINGS IN TURBO GENERATOR SYSTEMS	Mechanical Engineer, Samet ARAT Dr. Lec. Member, Hasan Donat YILDIZAY
		7	İKLİM NÖTRLÜĞE GEÇİŞTE ULUSLARARASI AKSİYONLARA BAKIŞ	Doç. Dr. Erdem IŞIK Hande ALYANAK BİLGİN

ISBN: 978-625-6283-75-6

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN REJENERATİF FREN SİSTEMLERİNİN MENZİL ARTIRIMINA KATKISININ İNCELENMESİ

Dr.Öğr.Gör. OĞUZ KÜRŞAT DEMİRCİ
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, 0000-0003-1572-2607

Prof. Dr. MURAT ÇETİN
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, 0000-0003-0076-9648

ÖZET

Günümüzde elektrikli araçların (EV) yaygınlaşmasıyla birlikte, enerji verimliliği ve menzil artırımı konuları otomotiv teknolojilerinin merkezinde yer almaktadır. Bu bağlamda, rejeneratif fren sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Rejeneratif frenleme, frenleme sırasında ortaya çıkan kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi yerine, bu enerjiyi geri kazanarak elektrik enerjisine dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Bu süreç, aracın bataryasının şarj edilmesine olanak tanıyarak genel menzil performansına doğrudan katkı sağlar. Bu çalışmada elektrikli araçlarda bulunan rejeneratif fren sistemlerinin sürüş menziline olan katkısı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Rejeneratif fren sistemi, elektrikli araçlar, sürüş menzili.

INVESTIGATION OF THE CONTRIBUTION OF REGENERATIVE BRAKING SYSTEMS USED IN ELECTRIC VEHICLES TO THE INCREASE OF MILEAGE

ABSTRACT

Nowadays, with the widespread use of electric vehicles (EVs), energy efficiency and range extension issues are at the center of automotive technologies. In this context, regenerative braking systems play an important role. Regenerative braking aims to recover the kinetic energy generated during braking and convert it into electrical energy instead of converting it into heat. This process allows the vehicle's battery to be charged, thus directly contributing to the overall range performance. In this study, the contribution of regenerative braking systems in electric vehicles to driving range was investigated.

Keywords : Regenerative braking system, electric vehicles, driving range.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte, otomotiv endüstrisi de köklü değişimler yaşamaktadır. Elektrikli araçlar (EV), bu değişimlerin en belirgin örneklerinden birini temsil etmektedir. Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlar yerine elektrikle çalışan motorlar kullanır. Bu araçlar, enerji depolamak için genellikle lityum iyon bataryalar kullanarak elektrik enerjisini depolar ve bu

ISBN: 978-625-6283-75-6

enerjiyi motora ileterek hareket ederler. Elektrikli araçlar, sıfır emisyonlu taşıma alternatifleri olarak öne çıkmakta ve çevre dostu bir ulaşım çözümü sunmaktadırlar [1,2].
Enerji verimliliği, elektrikli araçların temel avantajlarından biridir. Geleneksel içten yanmalı araçlar, enerjinin büyük bir kısmını ısı enerjisine dönüştürerek kaybederken, elektrikli araçlar enerji dönüşümünde daha yüksek bir verimlilik oranı sunmaktadır. Elektrikli motorlar, %90'ın üzerinde bir enerji verimliliği sunabilirken, içten yanmalı motorlarda bu oran genellikle %20-30 bandındadır. Yani, elektrikli araçlar, depoladıkları elektriği daha etkin bir şekilde kullanabilmekte ve bu nedenle daha az enerji tüketerek daha uzun mesafeler kat edebilmektedirler. Bu durum hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlamaktadır [3].

Rejeneratif frenleme, elektrikli araçların enerji verimliliğini daha da artıran önemli bir teknolojidir. Bu sistem, frenleme sırasında motoru jeneratör olarak kullanma prensibine dayanır. Normal frenleme işlemi sırasındaki kinetik enerji kaybını geri kazanarak devreye giren rejeneratif frenleme sistemi, aracın hareket halindeyken sahip olduğu kinetik enerjiyi elektriğe dönüştürür. Dönüştürülen elektrik enerjisi ise bataryalara geri beslenerek tekrar kullanılmak üzere depolanır. Böylece, frenleme sırasında kaybedilen enerji, aracın menzilini uzatmak üzere geri kazanılmış olur [4].

Rejeneratif frenleme sistemi, özellikle şehir içi kullanımlarda büyük avantajlar sunmaktadır. Sık sık dur-kalk yapılan bir şehir trafiğinde, bu sistem sayesinde enerji kayıplarının azaltılması mümkün hale gelebilir. Ani frenlemeler hariç normal seyir esnasında gerçekleştirilen frenlemelerde fren balatasının diske sürtünmesi ile yavaşlama yerine elektrik motorunun kullanılması, hem enerji geri kazanımına katkıda bulunur hem de fren sisteminin ömrünü uzatır. Bu sistem, elektrikli araçların sürüş menzilini önemli ölçüde artırarak kullanıcıların şarj etme gereksinimlerini azaltır [4,5].

Dünyada elektrikli araçların benimsenmesi, özellikle menzil kaygılarının azaltılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Kullanıcılar, elektrikli araçlarında menzil endişesi yaşamadan uzun mesafeler kat edebilme isteği taşımaktadır. Rejeneratif fren sistemi, bu bağlamda kullanıcı deneyimini ciddi şekilde iyileştirmekte ve elektrikli araçların cazibesini artırmaktadır. Enerjinin geri kazanılması, özellikle uzun yolculuklar esnasında menzil kaygısını önemli ölçüde hafifletmektedir [4-6].

Ayrıca, rejeneratif fren sisteminin sağladığı enerji geri kazanımı, elektrikli araçların toplam enerji maliyetlerini düşürmektedir. Enerji maliyetlerinin ve kilometre başına harcanan enerji miktarının kullanıcı öncelikleri içerisinde önemli bir yer tutması ve bu maliyetlerinin azaltılması, elektrikli araçların uzun vadeli sahiplik giderlerini göz önüne aldığımızda büyük bir avantaj sunar. Araç sahipleri, enerjinin daha verimli kullanılması sayesinde uzun süreli şarj gereksinimlerini azaltabilir ve bu sayede toplam sahip olma maliyetlerinde tasarruf sağlanmış olur [5,6].

ISBN: 978-625-6283-75-6

2. REJENERATİF FREN SİSTEMLERİ

2.1. Geleneksel ve Rejeneratif Frenleme Mekanizması

Geleneksel frenleme sistemleri, genellikle mekanik ve hidrolik bileşenler kullanarak aracı yavaşlatma ya da durdurma işlevini gerçekleştirir. En yaygın türleri disk ve tambur frenlerdir. Disk fren sistemlerinde, fren kaliperleri balatalar aracılığı ile disk yüzeyine baskı yaparak sürtünme oluşur ve bu sürtünme ile araç yavaşlar. Tambur fren sistemlerinde ise, fren pabuçları tamburun iç yüzeyine temas eder ve benzer bir sürtünme etkisi ile frenleme süreci gerçekleşir. Geleneksel fren sistemlerinin en büyük dezavantajı, enerji kaybıdır. Frenleme işlemi sırasında kinetik enerji, ısıya dönüşerek atmosfere salınır ve bu durum, enerji verimliliğini olumsuz etkiler. Ayrıca, bu sistemler sıklıkla fren aşınması ve bakım gereklilikleri nedeniyle kullanıcılar için ek maliyetler doğurur. Bu açıdan, geleneksel sistemler, frenleme işlevini etkin bir şekilde yerine getirse de sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada yetersiz kalmaktadır [7,8].

Rejeneratif fren sistemleri ise özellikle elektrikli ve hibrit araçlarda kullanılan yenilikçi bir teknolojidir. Bu sistemler, frenleme sırasında oluşan kinetik enerjiyi elektriğe dönüştürerek bataryalarda depolar. Dolayısıyla geleneksel fren sistemlerine göre enerji tasarrufu sağlar. Rejeneratif frenleme, frenleme veya yavaşlama esnasında tekerleklerin dönüş hareketinin elektrik motorunun tersi yönde çalışmasıyla gerçekleşir; bu durumda, elektrik motoru jeneratör olarak işlev görür [9].

Rejeneratif fren sisteminin çalışması şu şekilde özetlenebilir: Araç hızlandığında kullanılan enerji ile ilerlerken, frenleme sırasında bu enerji, motorun jeneratör moduna geçmesiyle birlikte geri kazanılır. Bu frenleme işlemi ile birlikte, aracın bataryası yeniden şarj olurken, aynı zamanda frenleme için gereken enerji de azalır. Böylece hem enerji verimliliği artırılır, hem de fren sistemlerinin aşınma oranları düşürülerek bakım maliyetleri azaltılır [10].

Geleneksel frenleme sistemleri ve rejeneratif fren sistemleri, otomotiv mühendisliği alanında önemli farklılıklar ve avantajlar taşımaktadır. Geleneksel sistemler, sağlamlığı ve etkinliği ile tanınırken, enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliği açısından rejeneratif fren sistemleri bir adım öne çıkmaktadır. Gelecek otomotiv teknolojilerinin gelişimi ve elektrifikasyon süreçleri göz önüne alındığında, rejeneratif fren sistemlerinin önemi daha da artacak ve çevre dostu ulaşım tercihleri oluşturma yolunda büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, otomotiv endüstrisinin geleceği açısından bu iki fren teknolojisinin detaylı bir analizi, mühendislik çalışmaları ve araştırmalar için önemli bir konudur [11].

2.2. Rejeneratif Frenlemenin Çalışma Prensibi ve Bileşenleri

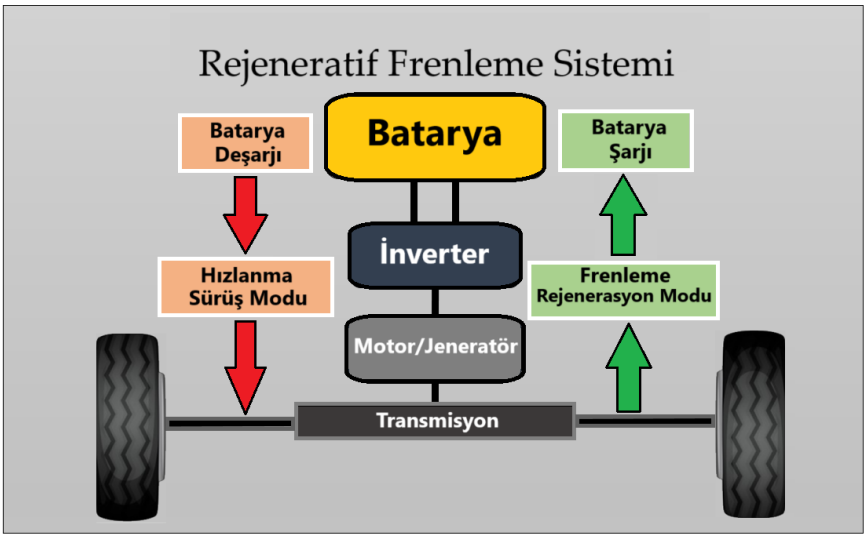
Rejeneratif frenleme, elektrik motorlarının jeneratör gibi çalışmasına dayanmaktadır. Bu sistemde, araç hızlandığında elektrik motoru, bataryadan aldığı elektrik enerjisi ile tahrik edilir.

ISBN: 978-625-6283-75-6

Ancak frenleme esnasında motor, elektriksel bir yük olarak çalışmaya başlar. Kinetik enerji, motorun rotorunda dönerken birkaç fiziksel mekanizmayı devreye sokarak elektrik enerjisine dönüştürülür [12].

Frenleme sırasında, aracın hareket enerjisi azalır ve motor, bu düşen hızın etkisiyle gerilim üretmeye başlar. Motor, rotorun dönüşü aracılığıyla indüklenmiş bir akım elde eder. Üretilen bu elektrik enerjisi, sistemdeki inverter aracılığıyla düzenlenir ve bataryaya yönlendirilir. Böylece, kinetik enerjinin kapalı bir döngü içinde yeniden kullanılmasını sağlayan bir mekanizma oluşturulmuş olur. Rejeneratif frenlemede kullanılan motorlar genellikle DC (doğru akım) ve AC (alternatif akım) motorlarıdır. Her iki tür motor türünün kendi içerisinde belirli avantajları mevcuttur. Örneğin, DC motorlar daha basit yapıları ve düşük maliyetleri ile öne çıkarken, AC motorlar daha yüksek verimlilik ve dayanıklılık sunar. Rejenerasyonu sağlayan motorların özellikleri içerisinde önemli unsurlardan bir tanesi de frenleme sırasında elektrik üretebilmek için torku artırma özelliğine sahip olmalarıdır. Alçak hızlarda yüksek tork sağlama kapasitesi, frenleme sırasında oldukça önemlidir. Bu bağlamda, senkron ve asenkron motorlar, rejeneratif frenleme sistemleri için yaygın olarak kullanılmaktadır [12,13].

Senkron motorlar elektriği öncelikli olarak motorun rotoruna ileten bir sistemle çalışırlar. Senkron motorlar, sabit bir hızda çalışarak daha verimli enerji dönüşümü sağlarlar. Frenleme sırasında, rotorun hızı azaldıkça motor, jeneratör gibi davranır ve kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Asenkron motorlar ise genellikle daha basit bir yapıya sahiptir ve frenleme sırasında daha büyük bir tork üretebilirler. Bu tür motorlar daha geniş hız aralıklarında çalışabilir ayrıca maliyet açısından daha rekabetçi olabilir [10-13].



Görsel 1. Rejeneratif Frenleme Sistemi Şeması [14]

Rejeneratif frenleme sistemlerinde bir diğer önemli bileşen ise inverterlerdir. İnverterler, elektrik akımının yönünü değiştiren ve motorun çalışma biçimini kontrol eden elemanlardır. Frenleme sırasında, motor jeneratör olarak çalıştığında, inverter devreye girer ve üretilen AC

ISBN: 978-625-6283-75-6

elektrik akımını doğru akıma (DC) çevirerek bataryaya yönlendirir. İnverterlerin etkinliği, rejeneratif frenleme işleminin verimliliği açısından son derece önemlidir. Yüksek verimliliğe sahip inverterler, birim zamanda maksimum enerji dönüşümü sağlayarak sistemin genel performansını artırır. Bunun yanı sıra, inverterlerin kontrol algoritmaları da frenleme sırasında motorun optimum seviyede çalışmasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir [12-14].

Rejeneratif frenleme sistemi, enerji depolama üniteleri olan bataryalarla tamamlanmaktadır. Frenlemeden elde edilen elektrik enerjisi, bataryalarda depolanarak daha sonra ihtiyaç duyulduğunda kullanılmak üzere saklanır. Bu bağlamda, rejeneratif frenleme sisteminin etkinliği, bataryaların kapasiteleri ve şarj alma hızlarıyla doğrudan ilişkilidir. Lityum iyon bataryalar, elektrikli araçlar için en sık tercih edilen enerji depolama çözümüdür. Yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömür ve hızlı şarj olma özellikleri ile rejeneratif frenleme sistemleri için ideal bir çözüm sunarlar. Ayrıca, bataryaların yönetim sistemleri bu süreci optimize etmek ve bataryanın sağlığını korumak için kritik bir rol oynamaktadır [13,14].

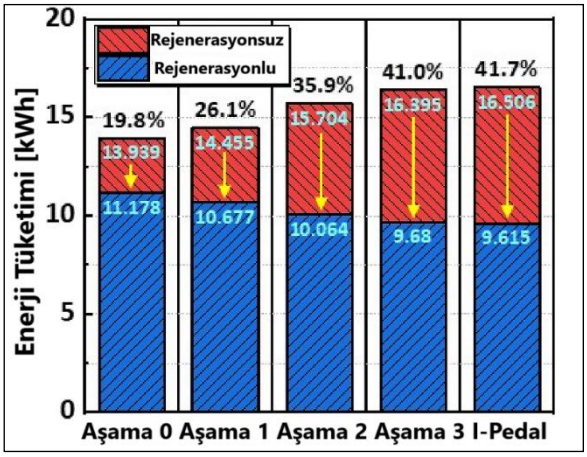
Birçok otomotiv üreticisi, elektrikli araçlarında rejeneratif fren sistemlerini standart hale getirmiştir. TOGG T10X, Tesla Model Y, Nissan Leaf ve BMW i3 gibi modeller, gelişmiş rejeneratif frenleme sistemleri ile donatılmıştır. Bu araçlar, sürücülere çeşitli sürüş modları sunarak frenleme deneyimini optimize eder ve enerji geri kazanımını artırır. Örneğin, Tesla'nın "one-pedal driving" özelliği, sürücünün sadece gaz pedalına basarak hızlanmasını sağlarken, pedaldan ayağını çektiğinde rejeneratif frenlemenin otomatik olarak devreye girmesini sağlar. Bu durum hem sürüş konforunu artırır hem de enerji verimliliğini optimize eder [10-14].

3. REJENERATİF FREN SİSTEMLERİNİN SÜRÜŞ MENZİLİNE KATKISI

Rejeneratif frenleme sisteminin menzile olan katkısı ile ilgili literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde çeşitli yol güzergahlarına, batarya tiplerine ve rejeneratif sistem yönetimine göre farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Erdem'in gerçekleştirmiş olduğu tez çalışmasında Matlab/Advisor programı kullanılarak tasarlanan elektrikli aracın performansı, IM240 sürüş programı çerçevesinde üç farklı eğim koşulunda (yokuş yukarı, düz yol ve yokuş aşağı) rejeneratif frenleme ile elde edilen enerji miktarları üzerinden analiz edilmiştir. Test süresi boyunca, aracın 85. saniyesindeki frenleme sırasında elde edilen negatif çekme kuvveti incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, yokuş yukarıda 4,850 kW, düz yolda 9,002 kW ve yokuş aşağıda 13,058 kW gücün geri kazanıldığı görülmüştür. Ayrıca, standart koşullar altında kurşun asit, NİMH ve lityum-iyon bataryalar simülasyon yöntemiyle test edilmiş ve enerji geri kazanım miktarları analiz edilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları, kurşun asit bataryaların 9,002 kW, NİMH bataryaların 7,367 kW ve lityum-iyon bataryaların ise 6,822 kW güçle enerji depoladığını ortaya koymuştur. Araç menzilinin rejeneratif frenlemeden nasıl etkilendiği, CYC_UDDS, CYC_NEDC ve CYC_US06 sürüş döngülerinde test edilmiştir. Kentsel sürüş koşulunda araç menzili %11.6, yeni Avrupa sürüş döngüsünde %7,2 ve yüksek hız-yüksek hızlanma döngüsünde %8.1 oranında artış göstermiştir. Bu bulgular, rejeneratif frenlemenin elektrikli araçların performansı ve menzilini önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermektedir [15]. Kocakulak ve Solmaz'ın gerçekleştirdiği çalışmada ise elektrikli bir araç modeli oluşturularak modeli geliştirilen aracın NEDC, ECE-15, EUDC, FTP ve US06 sürüş döngüleri üzerinde performansı değerlendirilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları

ISBN: 978-625-6283-75-6

neticesinde, simüle edilen modelin enerji tüketimi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bulanık mantık kontrol stratejisi kullanılarak tasarlanan rejeneratif fren sisteminin elektrikli araç üzerindeki performansı, NEDC testinde %15,4, ECE-15 testinde %19,7 ve EUDC döngüsünde %11,9 oranında enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir. Geleneksel rejeneratif fren sisteminin yerine, bulanık mantık ile kontrol edilen rejeneratif fren uygulamasının, NEDC'de %4,8, ECE-15'te %3,78 ve EUDC sürüş döngüsünde %5,44 artı enerji tasarrufu sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. [16] Lee ve arkadaşları elektrikli bir aracın rejeneratif fren sisteminin gerçek yol ve sürüş koşullarında enerji tüketim karakteristikleri üzerine etkisini incelemek üzere gerçekleştirdikleri çalışmada rejeneratif frenleme aktif halde iken ve rejeneratif frenleme etkisi olmadan 5 farklı sürüş aşamasında testler gerçekleştirmişlerdir. Test sonuçları incelendiğinde toplam batarya enerji tüketiminin rejeneratif frenleme ile 0,1,2,3 ve i-pedal aşamalarında %19,8, %26,1, %35,9, %41,0 ve %41,7 oranlarında iyileştiği görülmüştür [17]. Aşağıdaki şekilde yapılan araştırmaya ait enerji tüketim grafiği verilmiştir [17].



Görsel 2. Rejeneratif Frenleme ile ve Rejeneratif Frenleme Olmadan Gerçekleşen Toplam Enerji Tüketimi [17]

Li ve arkadaşları bulanık sinir ağına dayalı saf elektrikli araçlar için rejeneratif frenleme kontrol stratejisi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, elektrikli araçlar için rejeneratif fren enerjisi geri kazanım sistemlerinin verimliliğini ve güvenliğini araştırmışlardır. Fren yoğunluğu, araç hızı ve batarya şarj durumunun rejeneratif frenleme performansı üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak hidrolik frenleme veya rejeneratif frenlemeyi gerçekleştirmek için üç girişli tek çıkışlı bir bulanık kontrolör geliştirilmiştir. Oluşturulan algoritmayla rejeneratif ve hidrolik frenleme kuvvetleri yeniden dağıtılmıştır. AVL Cruise yazılımı kullanılarak yapılan simülasyon NEDC ve FTP-75 çalışma koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Bulanık sinir ağları kullanılarak elde edilen fren enerjisi geri kazanım verimliliği, NEDC ve FTP-75 koşulları altında sırasıyla %14,52 ve %39,61 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile rejeneratif frenleme için geliştirilen kontrol stratejisinin fren enerjisi geri kazanımı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür [18].

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Rejeneratif fren sistemleri, elektrikli araçların menzil artırımında kritik bir rol oynamaktadır. Enerji geri kazanımı, sürüş verimliliği ve batarya yönetimi gibi unsurlar, bu sistemlerin

ISBN: 978-625-6283-75-6

etkinliğini doğrudan ön plana çıkarmaktadır. Elektrikli araçlardaki menzil artışı toplumun ve bireysel sürücülerin elektrikli araçları benimsenmesi ve kullanım miktarının artması açısından oldukça önemlidir. Gelecekte, bu teknolojinin daha da geliştirilmesi, elektrikli araçların yaygınlığını artıracak ve sürdürülebilir ulaşım hedeflerine ulaşmada önemli bir katkı sağlayacaktır. Elbette, rejeneratif fren sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için sürücü eğitimleri ve teknolojinin tanıtımı da önemli bir faktör olacaktır. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalarda %41,7'ye varan oranlarda enerji kazanımı sağlandığı görülmüştür. Bu orandan da anlaşılacağı üzere rejeneratif frenleme elektrikli araçların vazgeçilmez bir öğesi haline gelmiştir. Gelecekte gerçekleştirilmek istenen çalışmalarda ise rejeneratif fren sistemlerinde kontrol mekanizmalarının makine öğrenmesi ve sürüş tarzına göre optimum enerji kazanımı elde edilmesi üzerine yoğunlaşacağı ön görülmektedir. Ayrıca rejenerasyon sonucu geri kazanılan enerjinin rejenerasyon için daha verimli sonuçların elde edildiği batarya türleri kullanılarak saklanıp-harcanması konusunda da çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Sonuç olarak, elektrikli araçlarda bulunan rejeneratif fren sistemleri, yalnızca enerji verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kullanıcı deneyimini de iyileştirerek, geleceğin ulaşım çözümlerinde önemli bir yer tutacaktır.

KAYNAKÇA

[1] Shafique, M. ve Luo, X. Environmental life cycle assessment of battery electric vehicles from the current and future energy mix perspective, Journal of Environmental Management, 303, 2022.

[2] Huo, H., Cai, H., Zhang, Q., Liu, F. ve He, K. Life-cycle assessment of greenhouse gas and air emissions of electric vehicles: A comparison between China and the U.S., Atmospheric Environment, 108, pp.107-116, 2015.

[3] Shi, S., Zhang, H., Yang, W., Zhang, Q. ve Wang, X. A life-cycle assessment of battery electric and internal combustion engine vehicles: A case in Hebei Province, China, Journal of Cleaner Production, 228, pp.606-618, 2019.

[4] Dong, P., Li, J., Yao, K., Li, S., Wang, S., Xu, X. ve Guo, W. Downshifting strategy of plug-in hybrid vehicle during braking process for greater regenerative energy, Control Engineering Practice, November, 106049, 2024.

[5] Chengqun, Q., Wan, X., Wang, N., Cao, S., Ji, X., Wu, K., Hu, Y. ve Meng, M. A novel regenerative braking energy recuperation system for electric vehicles based on driving style, Energy, November, 283, 2023.

[6] Chidambaram, R.K., Chatterjee, D., Barman, B., Das, P.P., Taler, D., Taler, J. ve Sobota, T. Effect of Regenerative Braking on Battery Life, Energies, 16, 5303, 2023.

[7] Zhou,W., Wang, X., Glaser, Y., Wu, X. ve Xu, X. Developing an improved automatic preventive braking system based on safety-critical car-following events from naturalistic driving study data, Accident Analysis & Prevention, 178, 106834, 2022.

[8] Mulani, S. M., Kumar, A., Shaikh, H.N.E.A., Saurabh, A., Singh, P. K. ve Verma, P.C. A review on recent development and challenges in automotive brake pad-disc system, Materials Today: Proceedings, 56, 447-454, 2022.

ISBN: 978-625-6283-75-6

[9] Liang, J., Walker, P.D., Ruan, J., Yang, H., Wu, J. ve Zhang, N. Gearshift and brake distribution control for regenerative braking in electric vehicles with dual clutch transmission, Mechanism and Machine Theory, 133, 1-22, 2019.

[10] Chavan, D.K., Gorantiwar, S.A., Nalamwar, K.R., Deokar ve R.G. A Comparative Study and Analysis of the Performance of Various Regenerative Braking Systems, International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 8(3), 66–76 2017.

[11] Pandey, H., Shukla, S. ve Jayaswal, P. Regenerative braking system based on hydraulic, motor, and flywheel, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(6), 4725-4729, 2020.

[12] Singh, M., Regenerative Braking: A Good Source of Green Energy, International Journal on Power Engineering and Energy (IJPEE), 4(1), 333-337, 2013.

[13] Valladolid, J., Calle, M. ve Guiracocha, A. Analysis of regenerative braking efficiency in an electric vehicle through experimental tests, Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología, 29, 24-31, 2023.

[14] Yang, C., Sun, T., Wang, W.,Li, Y., Zhang, Y. ve Zha, M. Regenerative braking system development and perspectives for electric vehicles: An overview, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 198, 114389, 2024.

[15] Erdem, Y., Rejeneratif Frenlemenin Elektrikli Araçlarda Etkileri ve Güç Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.

[16] Kocakulak, T. ve Solmaz, H., Elektrikli Bir Aracın Modellenmesi ve Rejeneratif Fren Sisteminin Bulanık Mantık Yöntemi ile Kontrol Edilmesi, The 1st International Symposium on Automotive Science and Technology, 1-11, Ankara, 2019.

[17] Lee, G., Song, J., Han, J., Lim, Y. ve Park, S., Study on energy consumption characteristics of passenger electric vehicle according to the regenerative braking stages during real-world driving conditions, Energy, 283,128745, 2023.

[18] Li, W., Xu, H., Liu, X.,Wang, Y., Zhu, Y., Lin, X., Wang, Z. ve Zhang, Y., Regenerative braking control strategy for pure electric vehicles based on fuzzy neural network, Ain Shams Engineering Journal, 15, 102430, 2024.