

ELEKTRİKLİ SCOOTERLARDA REJENERASYONUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İbrahim CAN

İmalat Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye

(ican@cumhuriyet.edu.tr)

Özet – Son yıllarda e-scooter olarak da adlandırılan elektrikli düşük güçlü iki tekerlekli pratik araçlar dikkate değer bir artış trendi yakalamıştır. Kirletici gaz emisyonu ve gürültü avantajlarının yanı sıra uygun boyutları sayesinde e-scooter'lar özellikle kalabalık şehirlerin artan trafik, ulaşım ve park sorunlarını hafifletmeye yardımcı olabilir. Bu çalışmada, Sivas şehrinde gerçekleştirilen gerçek bir sürüş çevrimi benzetim analizi yapılmıştır. Analiz şartları Sivas ili şartlarında bu tür araçlar için e-scooter kullanımı ve şarj altyapısı yeterli olurken, subjektif güvenlik, hava koşulları ve bagaj kapasite kısıtlayıcı niteliklerdir.

Anahtar Kelimeler – E-Scooter, E-Bike, Rejenerasyon, Elektrikli Araçlar

I. GİRİŞ

Özellikle gelişmiş toplumlarda temel ihtiyaçlarından birisi ulaşımıdır. Ulaşım insanı için gerekli ihtiyaçların karşılanması ve yeryüzünün olanaklarından yararlanmamızı sağlar. Ancak mobilitenin artmasıyla birlikte şehirlerde nüfusları arttıkça ulaşım alt yapısı gibi birçok parametreye bağlı olarak kentsel ortamlarda dezavantajları vardır. Kötü hava kalitesi, trafik sıkışıklığı ve park yeri eksikliği büyümenin bir sonucudur. Bu sorunları bireysel ulaşımında ciddi kısıtlamalar getirilmeden çözmek için bireysel kullanılan İçten yanmalı motorlarla çalışan taşıtlara alternatifler gereklidir. Bu alternatiflerden biri de elektrikle çalışan iki tekerlekli bireysel taşıtlardır. Geleneksel olarak çalışan emsallerinden farklı olarak bu araçlar, piller ve elektrikli bir sistem kullanırlar[1].

Artan insan nüfusu ile birlikte şehirlerde araç sayısı da artmaktadır. Buna bağlı olarak trafikte geçen süre her zamankinden daha fazla olmaktadır. Oyun eğlence kullanımının yanı sıra trafikte daha rahat sürüş sağlamak ve hacimce daha az yer kaplaması hafif elektrikli araçların

tercih edilme nedenlerinden biridir [2, 3]. Pandeminin etkisiyle birlikte toplu taşıma araçlarına rağbet gitgide azalmıştır. Bu fırsatı iyi değerlendiren üreticiler piyasaya daha çok hafif elektrikli araç sunmaya başlamışlardır. Bu şekilde bu araçların trafikte kullanılabilirliğinin benimsenmesi için doğal bir ekosistem oluşmuştur. Hafif elektrikli araçlar ile kısa mesafe yolculuk yapmak çok idealdir. Bu yolculuklar için son zamanlarda gittikçe popüleritesi artan elektrikli scooterlar kısa seyahatlerde oldukça pratik, güvenli ve keyiflidir. Bu tip araçların kullanımı için geliştirilen paylaşımlı kullanım modeli de bu araçların insanlar tarafından tercih edilmesini efektif hale getirmiştir. Kampüslere, yol kenarlarına, alışveriş merkezlerine, kalabalık cadde ve sokaklara bırakılan elektrikli scooterlar paylaşımlı sistemler olarak kullanılabilir. Ayrıca kişisel olarak satın alınıp kısa mesafelerde örneğin işe gidip gelme gibi amaçlarla kullanılabilir. Elektrikli scooterların ve tüm elektrikli araçların en büyük sorunu menzilin istenilen seviyede olmamasıdır. Bilim adamları ve üreticiler bu sorunu ortadan kaldırabilmek için

yoğun Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) çalışmaları yapmaktadırlar.

II. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bilim insanları için elektrikli araçlarda, enerji geri kazanımı oldukça dikkat çekici bir araştırma konusudur. Özellikle trafikte dur-kalkların çok olduğu şehir içi sürüşlerde rejenerasyon araştırmaları hız kazanmış ayrıca bu bölgelerde yani dur-kalkların çok olduğu yerlerin simülasyonlarını yaparak ne denli enerji geri kazanılacağını öngörmüşlerdir. Ayrıca gerçek sürüş testleri ile benzetim çalışmaları yapmışlardır. Literatürde rejeneratif frenleme uygulaması ve sürüş döngüleri üzerine çokça çalışmalar bulunmaktadır. Kocakulak ve Solmaz (2019) bulanık mantık kontrol yöntemiyle rejeneratif fren sistemini modellemişlerdir. 75 kW güç ve 8000 dev/dk doğru akım elektrik motoru ve lityum demir fosfat batarya kullanmışlardır. Sisteme üyelik fonksiyonu olarak araç hızı, batarya şarj doluluk oranı (SOC), fren pedal konumu ve batarya akım değerlerinin girdisi sağlamışlardır. Fren pedalına düşük ve orta seviyelerde şiddet uygulanınca rejeneratif frenleme daha etkin olmuştur. Tam frenleme gerçekleştiğinde enerji kazanım verimi düştüğünü gözlemlemişlerdir. Frenleme anlarında batarya iç direnci sürekli değişmekte ve batarya ömrüne olumsuz yansıdığı için batarya şarjı %10 altında ve %90 değerinin üstünde olduğu zamanlarda rejeneratif frenleme etkinliği azaltmışlardır. Bu yöntemle sürüş döngüleri Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi (NEDC) %15,4, Kentsel Sürüş Döngüsü (UDC) %19,7 ve Şehir Dışı Sürüş Döngüsü (EUDC) %11,9 oranlarında enerji tasarrufu sağlamışlardır. Rejeneratif fren sisteminin geleneksel kontrol sistemi yerine bulanık mantık kontrol ile gerçekleşmesiyle birlikte sürüş döngüleri; NEDC %4,8, ECE-15 %3,78 ve EUDC %5,44 oranında tasarruf sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmayla bulanık mantık yönteminin rejeneratif frenlemeye olumlu etkisini açıklamışlardır[4]

Bhatt ve ark. (2019) yüksek verimliliği ve güç tasarrufu olan fırçasız doğru akım (BLDC) bir motor üzerinde gerçekleştirilen rejeneratif

frenlemenin menzile olan etkisi incelenmişlerdir. P-kanallı metal oksit yarı iletken alan etkili transistör (MOSFET) ve H Köprü İnverter Devresi yardımıyla frenleme sırasında boşa harcanan maksimum enerjiyi yeniden üretecek bir sistem hayata geçirmişlerdir. Sonuç olarak teorik de rejeneratif fren sisteminde yakıt tüketiminde %30 tasarruf sağlamışlardır [5].

Billah ve ark. (2017) hafif elektrikli araçlar için geliştirdikleri rejeneratif frenleme sisteminde stator voltajını değiştirerek menzile olan etkisini araştırmışlardır. Ultra kapasitör ve karmaşık anahtarlama teknikleri gibi yüksek maliyetli sistemlerden daha verimli bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada basit olarak 3 fazlı doğrultucu, döner mekanik anahtar ile bu anahtarın fren pedal konumuna bağlı olarak farklı stator voltajı uygulaması için çok hücreli bir batarya sistemi geliştirmişlerdir. 3 fazlı BLDC motora değişken yükler uygulayarak stator akımının tüketimi incelemişlerdir. Ayrıca BLDC motora deneysel olarak 36 kg, 51 kg, 66 kg ve 81 kg yük bindirimi uygulayarak her biri için frenleme voltajını sabit tutup rejeneratif frenleme süresinin yük etkisini incelemişlerdir. Rejeneratif frenleme anında stator voltajının düşürülmesi ile birlikte düşük frenleme süresi elde edilmiş ve buna karşılık olarak daha fazla negatif akım çekerek bataryayı şarj olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yapılan deneyler neticesinde yaklaşık %29 oranında batarya performansının arttığını kanıtlamışlardır. Yapmış oldukları Rejeneratif frenleme sisteminin hafif elektrikli araçlarda uygulanabilir olduğunu ve diğer sistemlere göre daha etkili olduğunu kanıtlamışlardır [6].

Cherry ve Cervero (2007) tarafından yapılan Çin şehirlerindeki eBisikletlerin kullanımı konulu analiz incelendiğinde, bisiklet, eBike ve sıvılaştırılmış petrol gazlı (LPG) scooter kullanıcıları arasında bir anket gerçekleştirilmiştir. Analizler 2006 yılında Kunming ve Şanghai'da yapıldı ve kullanıcı özelliklerine ve aralarındaki kullanım farklılıklarına odaklanılmıştır. Sonuçlar, ortalamanın üzerindeki eğitim ve hane gelirine sahip olan insanların ulaşım biçimi olarak günlük yaşamlarında eBisiklet ve LPG'li scooter'lar en çok tercih ettiğini göstermektedir.

Ayrıca, analiz aynı zamanda birçok kullanıcının eBisikletler ve LPG'li scooterları evlerinde ikinci bir araç olarak kullanıldığını göstermektedir[7]. Çalışmadan da anlaşılacağı üzere ebisikleteler ve escooterların arabalara kıyasla ekonomik işletme maliyetleri, güvenlik ve aşırı kalabalıktan kaçınma, düşük kalite üretim standartları gibi avantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte trafikte bu araçların kullanılması yeni problemler doğurmakta ve çözüm için trafik kurallarında birtakım değişikliklere ihtiyaç duyulacaktır.

Wang ve ark. (2014) elektrikli bir scooter da tekerlek içi elektrik motoru kullanarak rejeneratif frenleme üzerine çalışma yapmışlardır. MATLAB/Simulink grafiksel kullanıcı ara yüzü (GUI) ortamında yazılım ve simülasyonlar gerçekleştirilmişlerdir. Frenleme anında, frenleme kuvveti dağılımı için ön ve arka tekerleklere gelen gücü hesaplayarak optimum rejeneratif frenleme ile daha fazla enerji kazanmayı hedeflemişlerdir. Düşük hızlarda rejeneratif frenleme verimi yeterli olmadığı için hız limitini 10 km/h olarak belirlemişlerdir. Rejeneratif frenleme olmadan scooter toplam 31,2 km yol kateterken, rejeneratif frenleme ile 43,6 km yol gittiğini gözlemlemişlerdir. Rejeneratif frenleme ile yaklaşık 12 km menzilin arttığını tespit etmişlerdir. Buda menzilin yaklaşık %38 artırarak daha fazla seyahat özgürlüğü sunduğunu ispatlamışlardır [8]. (Wang vd., 2014)

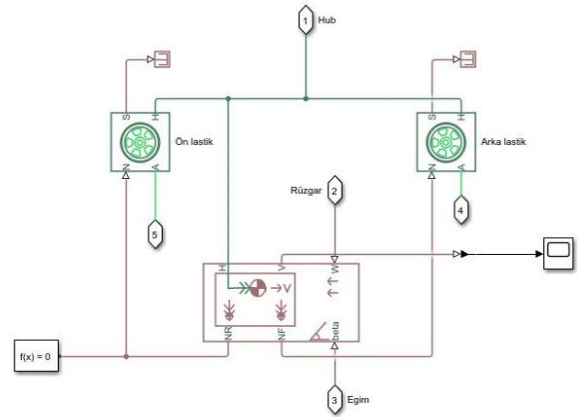
III. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında bahsedilen mevcut problemlerin çözülmesine ve geliştirilmesine yönelik olarak elektrikli scooter da çok hücreli batarya sisteminden ayarlanabilir güç direnci kullanarak şarj ve şarj akımlarının değiştirilmesi yöntemi uygulanarak rejeneratif frenleme uygulaması gerçekleştirilmiş. Şarj ve şarj akımlarının değiştirilmesi yöntemi uygulanarak, standart akımlarda motor beslenirken daha yüksek akımlarda batarya beslenmiştir. Ayarlanabilir güç direnci kullanarak şarj ve şarj akımlarının değiştirilmesi yöntemiyle birlikte rejeneratif frenleme, lityum iyon bataryalarda scooter'ın menzilin arttırılması amaçlanmıştır. Teorik

olarak ise MATLAB programında EKS'nin test analizleri yapılmıştır. Analizler Sivas şartları için belirlenmiş ve yaklaşık 5 km'lik aşırı kalabalık olmayan bir şehir senaryosu için çevrim tanımlaması yapılmıştır.

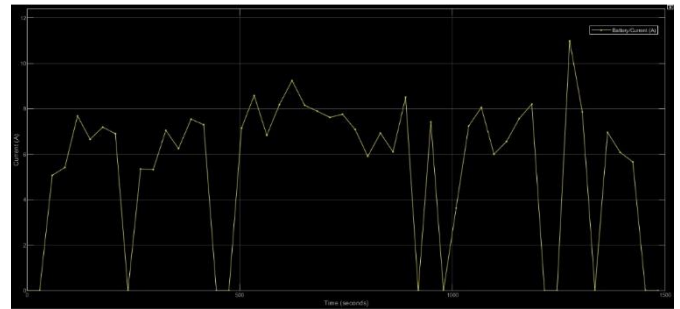
IV. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada EKS bileşenleri ve sürüş çevrimlerini modelleme işlemi MATLAB/simulink tabanında tasarlanmıştır ve oluşturulan dinamik şekilde görülmektedir.

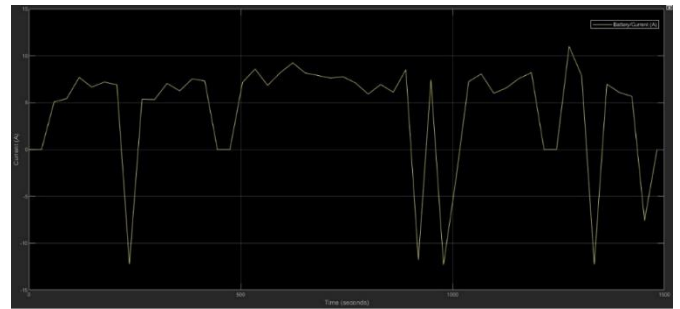


Şekil 1 EKS'nin dinamik modeli

Lityum iyon batarya kullanılarak rejeneratif fren sistemi kullanılarak ve kullanılmadan deney şartları için şekil 2 a – b 'de görülen akım –zaman değişimleri elde edilmiştir.



Şekil 2 a Lityum iyon bataryanın rejeneratif frenleme olmadan akım-zaman grafiği



Şekil 2 b Lityum iyon bataryanın rejeneratif frenleme ile akım-zaman grafiği

Şekil 2 a-b karşılaştırıldığında ayarlanabilir güç direnci kullanılarak şarj ve şarj akımlarının değiştirilmesi yöntemiyle toplamda 6344,331 J enerji bataryadan çekilmiştir ve toplam 4,55 km yol alınmıştır. Buda gösteriyor ki rejeneratif frenleme ile bataryaya 2502,89 J enerji depo edilmiştir. Ayrıca B.D.O. %89,79'dur.

Ayarlanabilir güç direnci kullanılarak şarj ve şarj akımlarının değiştirilmesi yöntemi kullanılarak lityum iyon batarya ile 4,55 km'de, 1,29 km menzile etki etmektedir. Böylelikle yapılan simülasyon sonucu lityum iyon bataryanın menzile etkisi %28,35 olarak bulunmuştur. Bu sebeple basit bir yöntemle bile rejenarasyon yapıldığında elde edilen sonuçların değeri kabul edilebilir seviyede düşük çıkmıştır. Bu şekilde bataryalardaki toplam enerji miktarı ile daha uzun menzillerin elde edilmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Cornelius Hardt, Klaus Bogenberger, Usage of e-Scooters in Urban Environments, Transportation Research Procedia 00 (2018) 000–000.
- [2] Vo-Duy, T., Nguyen, B. H., Ta, M. C., Trovao, J. P., ve Nguyen, N. H. P. (2020). Different voltage and current control schemes for multi-pack battery of electric scooters. *2020 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/VPPC49601.2020.9330937>
- [3] Serter, B., Kıvanç, Ö. C., ve Üstün, Ö. (2020). Elektrikli “kick scooter” sürüş sistemi analizi ve tasarımı. *12th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 233–236.
- [4] Kocakulak, T., ve Solmaz, H. (2019). Elektrikli bir aracın modellenmesi ve rejeneratif fren sisteminin bulanık mantık yöntemi ile kontrol edilmesi. *The 1st International Symposium On Automotive Science And Technology, September 5-6*.
- [5] Bhatt, A., Kadam, A., Mredhul, K., ve Asodariya, J. (2019). Design and Fabrication of Regenerative Braking System. *VIVA-Tech International Journal for Research and Innovation*, 1(2), 1–6.
- [6] Baque Billah, S. M., Jakaria, M., ve Nath, P. (2018). A novel regenerative braking system of BLDC Motor for lightweight electric vehicles: An analysis of braking characteristics. *2nd International Conference on Electrical and Electronic Engineering, ICEEE 2017, December*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/CEEE.2017.8412907>
- [7] Fu, J. (2013). The Role of Electric Two-Wheelers in Sustainable Urban Transport in China: Market analysis,

- trends, issues, policy options. *Sustainable Development, United Nations*, 1–17
- [8] Wang, J. Z., Lu, L., Choucair, M., Stride, J. A., Xu, X., ve Liu, H. K. (2011). Sulfur-graphene composite for rechargeable lithium batteries. *Journal of Power Sources*, 196(16), 7030–7034. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.09.106>