

# Hibrit Araçlarda Kullanılan Bataryaların Karşılaştırmalı Performans Analizi

Ulas Tan Aras<sup>1</sup>

Nuran Yörükeren<sup>2</sup>

Y.Gürcan Şahin<sup>3</sup>

Ayşe Amaç<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ford Otosan, Gölcük, Kocaeli

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Müh. Böl., İzmit

<sup>3</sup>Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Eğitimi, Böl., İzmit

## Özet

Bu çalışmada, Hibrit elektrikli araçlarda kullanılan batarya sistemlerinin, ADVISOR kullanılarak yapılan karşılaştırmalı performans analizleri sunulmaktadır. Günümüzde bir yandan çevreye karşı duyarlılığın, diğer yandan enerji ihtiyacının giderek artması, hibrit elektrikli araçların daha çok ticari hale gelmesine ve yaygın kullanılmasına yol açmaktadır. Hibrit elektrikli araç sistemini oluşturan en önemli elemanlardan biri de batarya sistemidir. Bu amaçla çok çeşitli bataryalar kullanılmaktadır. Bu batarya tiplerinin her birinin sağladığı avantajlar ve kullanımı sırasında getirdiği sakıncalar mevcut olmakla birlikte esas itibariyle aracın performansına etkisi çok daha önemlidir. Bu nedenle bu makalede seçilen bir güzergahta paralel bir hibrit elektrikli araçta farklı tipteki bataryaların (Nicad, NiMh, Li, Pb, NiZn) performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Hibrit araçlar, Batarya, ADVISOR.*

## 1. Giriş

Günümüzde bir yandan çevreye karşı duyarlılığın, diğer yandan enerji ihtiyacının giderek artması otomobil üreticilerini yeni arayışlara itmektedir. Fosil enerji kaynaklarının azalması, enerjinin verimli kullanımını ön plana çıkarmış ve yeni alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. En önemli enerji kaynağı olan petrolün giderek azalması ve fiyatının zaman zaman aşırı artması en çok ulaşım sektörünü etkilemektedir. Bu aşırı artışlar bu araçlara ilişkin AR&GE faaliyetlerinin ve çalışmalarının artmasını sağlamıştır. Bu gelişmeler gelecekte hibrit elektrikli araçların daha çok ticari hale gelmesine ve yaygın kullanılmasına yol açacaktır [1]. Bu araçlar geleneksel fosil yakıtlı araçlar ile karşılaştırıldığında performanslarına göre önemli yakıt ekonomisi sağladığı görülmektedir [2,3,4].

Hibrit elektrikli araçların en önemli elemanlarından biri de bataryasıdır. Günümüzde çok çeşitli batarya sistemleri mevcuttur ve bunların gösterdikleri performanslar ile sağladığı üstünlükler kullanım durumları için oldukça önemlidir [5,6,7]. Diğer yandan, batarya sistemlerinin şarj durumu, güvenli işletimi ve ömürleri de dikkate alınması gereken unsurlardır [8]. Bütün bu etkilerin gerçek araçta denemesi oldukça zor olması nedeniyle bu amaçla ADVISOR adlı bir benzetişim programı kullanılmaktadır.

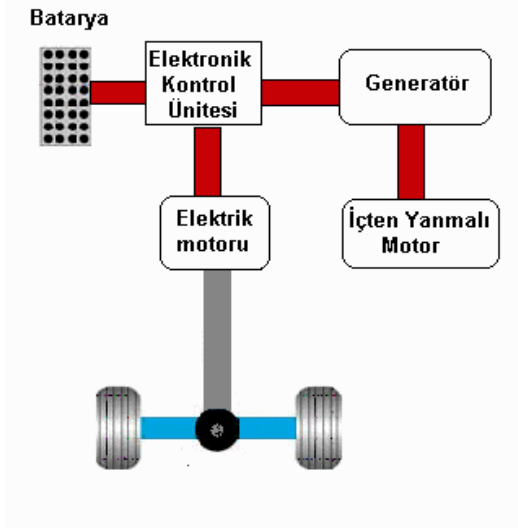
İleri araç benzetişim programı olarak bilinen ADVISOR İngilizce “**Advanced Vehicle Simulator**” kelimelerinden elde edilmiş bir kısaltma olup ilk

olarak American Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nda (National Renewable Energy Laboratory-NREL), Ford, General Motors ve Daimler Chrysler otomotiv firmalarının destekleri ile geliştirilmiştir [9]. ADVISOR, bir aracın alt sistemlerinin MATLAB-Simulinkte benzetişimi için deneysel bileşen verilerini kullanan bir uygulamadır. Program sürücünün hareketleri de dâhil tüm aracın hızlı benzetişimine olanak tanır. Böylece kullanıcının, mevcut bileşenlerden yararlanarak farklı deneysel araç düzenekleri için benzetişim yapmasını sağlar. Bu programın kısa tanıtımı ve kullanımı Türkçe olarak yayımlanan bir makalede verilmiştir [10].

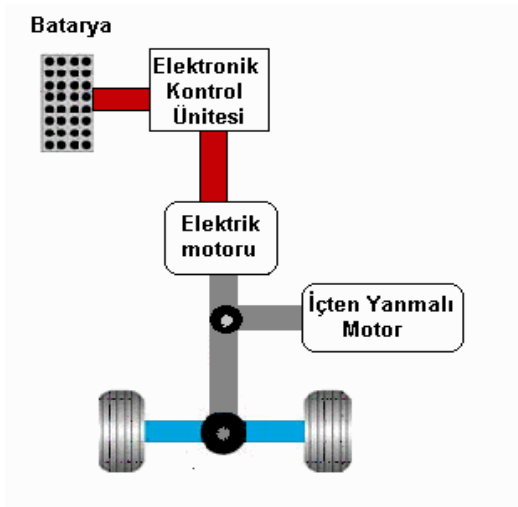
## 2. Sistemin Tanıtımı

Hibrit elektrikli araçlar seri ve paralel sistemler olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılabilir. Seri hibrit araçlarda elektrik sistemi daha yüksek kapasitede ve daha güçlü olmalıdır. Çünkü Şekil-1'de görüldüğü gibi seri sistemde elektrik motoru tahrik gücünü tek başına karşılamaktadır. Bu nedenle batarya daha büyük kapasitede ve daha yüksek gerilimlerde çalışabilmelidir. Bunun yanı sıra yüksek güçlü elektrik makinesi ile birleşik olan bataryanın hızlı şarj/deşarjından sakınılmalıdır. Seri hibrit sistem uygulanmalarında, büyük otobüsler küçük ticari araçlardan daha uygundur. Çünkü otobüsler genellikle tüm zamanlarda düşük hızlarda çalışır. Üstelik bataryaları koymak için büyük alanları mevcuttur.

Paralel hibrit sistemlerde ise, Şekil-2’de görüldüğü gibi, hem içten yanmalı motor ve hem de elektrik motoru mekanik olarak dişli kutusuna bağlanmıştır. Bu da; her iki motorun, tahrik için, ayrı ayrı ya da aynı anda moment sağladığı anlamına gelmektedir. Paralel hibrit araçlarda elektrik motorunun boyutu, seri hibrit araçlarda kullanılan elektrik motorlardan genellikle daha küçüktür. Paralel hibrit elektrikli araçlar, tasarım olarak elektrik-destekli geleneksel araçlara yakındır.



Şekil-1 Seri hibrit elektrikli araç yapısı

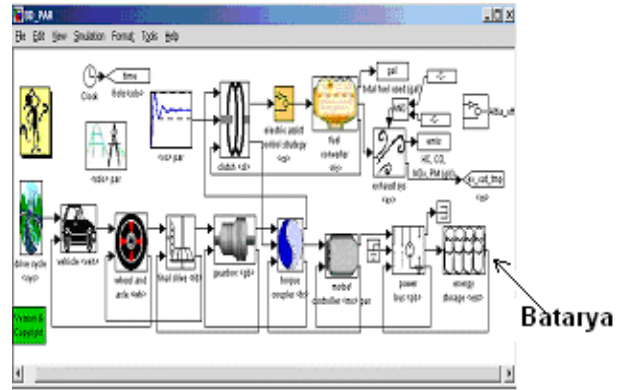


Şekil-2 Paralel hibrit elektrikli araç yapısı

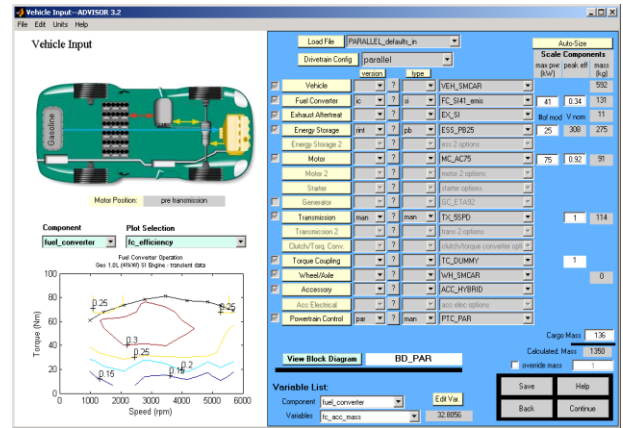
Seri hibrit elektrikli araçlarda, çekişte maksimum gücü elde etmek için büyük bir batarya ve yüksek güçlü elektrik motoruna ihtiyaç duyulurken, paralel hibrit elektrikli araçlarda batarya ve elektrik motoru daha küçük güçlü olabilir. Ancak paralel hibrit aracın kontrolü, mekanik yapısından dolayı seri hibrit aracın kadar kolay değildir. Paralel hibrit elektrikli araçların avantajları, bataryaların şarj şekilleri, regeneratif frenleme ve içten yanmalı motordan elde edilen artı güçtür.

## 2. Benzetişim Programı ve Sistem Modeli

ADVISOR, bir aracın alt sistemlerinin MATLAB-Simulinkte benzetişimi için deneysel bileşen verilerini kullanan bir uygulamadır. Şekil-3’de görüldüğü gibi Program tüm aracın hızlı benzetişime olanak tanıyacak alt modellerin bileşiminden oluşmaktadır. Şekil-4’de görülen program benzetişim giriş penceresi sayesinde ise kullanıcının, mevcut bileşenlerden yararlanarak farklı deneysel araç düzenekleri için benzetişim yapması mümkündür. Program ile araçları modellemenin yanı sıra, aracın kullanılacağı zemin ve çevrenin de modellenmesi mümkündür.

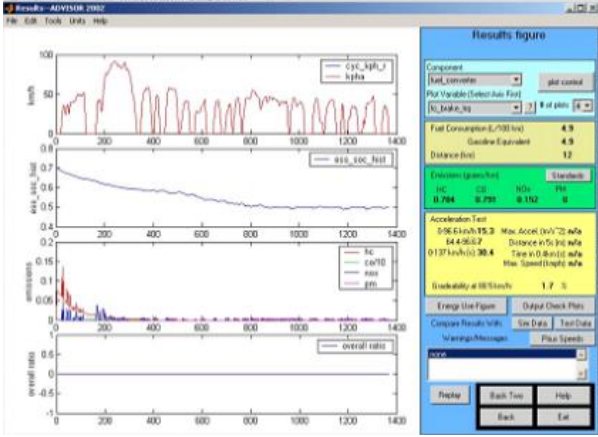


Şekil-3 ADVISOR programını oluşturan alt modeller



Şekil-4 ADVISOR benzetişim giriş penceresi

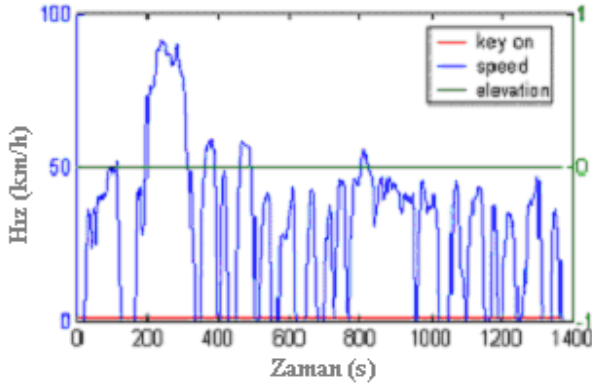
Bu ekran grafiksel kullanıcı ara yüzeyi (GUI) ile oluşturulmuş olan kullanıcı bu ara yüzey sayesinde, araç çeşitleri (seri, paralel, geleneksel vb.) seçilebilir. Seçilen aracın sürüş seyri boyunca, moment, hız, gerilim, akım ve bir bileşenden diğerine aktarılan gücü belirten performans karakteristiği alt kısımda görülür. Bu pencerede çok sayıda oluşum yapılabilir ve istenirse bunlar gelecekte kullanım için kaydedilir. Sonuçlar çok sayıda sonuç pencerelerinde görüntülenir. Bu pencerelerden biri Şekil-5’de görülmektedir.



Şekil-5 ADVISOR sonuç penceresi

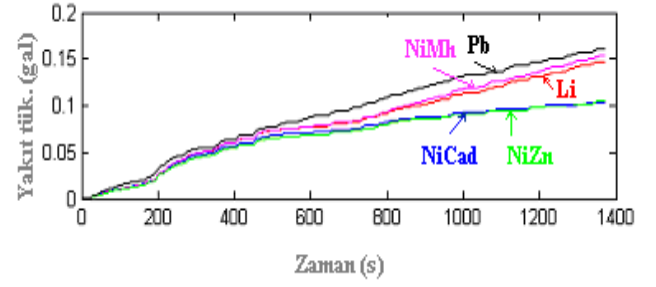
### 3. Benzetişim Sonuçları ve Değerlendirme

Batarya performanslarının analizi için NiMh, Pb, NiCad, Li, NiZn olmak üzere beş çeşit batarya seçilmiştir. Seçilen bu batarya çeşitleri programda mevcut paralel bir hibrit elektrikli araç (Prius) için analiz edilmiştir. Benzetişimde, batarya sisteminin fazla zorlanması amacıyla benzetişim davranışı, hız-zaman grafiği Şekil-6'da görülen şehir içi seyri değişimi program tarafından oluşturulmaktadır. Güzergah 1400 saniyelik bir güzergah olup hız değişimi son derece düzensiz ve sık değişken (Durkalk) bir yapıya sahiptir.



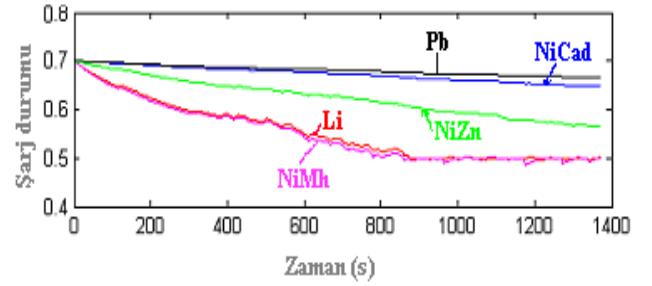
Şekil-6 Aracın sürüş seyri

Şekil-7'de hibrit elektrikli aracın yakıt tüketiminin (gallon) belirtilen güzergah boyunca batarya tiplerine göre nasıl değiştiği görülmektedir. Şekil-7'de hibrit elektrikli araçta en çok yakıt tüketimi kurşun asit (pb) batarya kullanıldığında gerçekleştiği, en az yakıt tüketimi ise Nikel-Kadmiyum (NiCad) ve Nikel-Çinko (NiZn) bataryaları kullanıldığında gerçekleştiği görülmektedir. Diğer bataryalarda ise Nikel-Metal (Ni-Mh) ile Lityum (Li) bataryaları aracın yakıt tüketiminde benzer performans gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil-7 Batarya çeşitlerine göre yakıt tüketimi

Yine program tarafından elde edilen sonuçlardan biri olan Şekil-8'de bataryaların güzergah boyunca şarj durumları görülmektedir. Hibrit elektrikli araç harekete başlarken bataryaların hepsinin şarj düzeyleri aynı seviyededir. Zaman ilerledikçe yakıt tüketiminin en çok kurşun asit (pb) bataryada gerçekleştiği, en az ise Nikel-Kadmiyum (NiCad) ve Nikel-Çinko (NiZn) bataryaları kullanıldığında gerçekleşmektedir. Nikel-Metal (Ni-Mh) ile Lityum (Li) bataryalar aracın yakıt tüketiminde benzer performans göstermektedirler.



Şekil-8 Bataryaları şarj durumu

Diğer yandan hibrit elektrikli aracı oluşturan elemanların performansları da bataryanın işlevselliğinden oldukça etkilenmektedir. Bu amaçla programdan her bir batarya kullanımındaki aracı oluşturan elemanların verimleri ile tüm sistemin verimi Tablo-1'de verilmektedir.

Tablo-1 Karşılaştırma tablosu

Parametre	Li	NiMh	NiZn	NiCad	Pb
<b>Yakıt tüketimi (kj)</b>	17842	18603	12602	<b>12507</b>	19368
<b>Generatör verimi</b>	0,66	0,69	<b>0,72</b>	0,7	0,69
<b>Motor verimi</b>	0,81	0,81	<b>0,82</b>	<b>0,82</b>	<b>0,82</b>
<b>Enerji depolama verimi</b>	0,94	0,81	0,81	<b>0,97</b>	0,82
<b>Sistem verimi</b>	0,118	0,114	0,142	<b>0,146</b>	0,134

Tablo-1 incelendiğinde hibrit elektrikli araçlarda kullanılan batarya çeşitlerinde en az yakıt tüketimi ile en yüksek sistem verimi sağlayan bataryanın Ni-Cad batarya olduğu görülmektedir. Diğer yandan en yüksek yakıt tüketimi Pb bataryada meydana geldiği ve Li ile NiMh batarya tiplerinde de yüksek yakıt tüketimi olduğu görülmektedir. Bataryaların enerji depolama verimi bakımından da yine Ni-Cad en yüksek verime sahip olduğu görülmektedir. Generatör veriminde NiZn ve motor veriminde ise NiZn ile NiCad tipi bataryaların daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4.Sonuç

Hibrit elektrikli araçların en önemli elemanlarından biri olan bataryanın tiplerine göre performans analizi belirli bir hız-zaman değişiminde değerlendirildiğinde en iyi performansı Ni-Cad bataryanın gösterdiği görülmektedir. Ancak tüm sistemler veya güzergahlar için geçerli olduğu sonucu buradan çıkarılmamalıdır. Sadece bu seyir için ör: Otobüs veya minibüs gibi şehir içi ulaşımı sağlayan ve çok dur-kalk yapan toplu taşıma araçları için daha uygun bir batarya oldu söylenebilir. Aracın çeşidi, yapısı, güzergah, bataryanın ağırlığı vb etkiler analizleri doğrudan etkileyecektir. Bu nedenle her araç için analizler yeniden yapılması ve değerlendirmesi gerekmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] Maggetto, G. Van Mierlo, J. Vrije Univ., Brussels “Electric and electric hybrid vehicle technology: a survey”, IEE Electric, Hybrid and Fuel Cell Vehicles (Ref. No. 2000/050), 2000On pp(s): 1/1-111, Durham, UK
- [2] Dawood, V., Emadi, A. “Performance and fuel economy comparative analysis of conventional, hybrid, and fuel cell heavy-duty transit buses” IEEE 58th Vehicular Technology Conference, 6-9 pp.3310– 3315, vol.5. Oct. 2003
- [3] Tyrus, J., M., Long, R., M., Kramskaya, M., Fertman, Y., Emadi, A., ‘Hybrid Electric Sport Utility Vehicles’, IEEE Transactions on Vehicular Technology, , Vol. 53, pp. 1607-1622, 2004.
- [4] Lukic, S., M., Emadi, A., ‘Effects of Drivetrain Hybridization on Fuel economy and Dynamic Performance of Parallel Hybrid Electric Vehicles’, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 53, pp. 385-389, 2004.
- [5] Otmar B., and Guenter G. ”Systems for hybrid cars” Journal of Power Sources 127 8–5 (2004)
- [6] Ravindra P. Joshi and Anil P. Deshmukh “Hybrid Electric Vehicles:The Next Generation Automobile Revolution” IEEE 0-7803-9794-0/06, 2006.
- [7] Ahmad A. Pesaran “Battery thermal models for hybrid vehicle simulations” Journal of Power Sources 110 (2002) 377–382.

- [8] D. U. Sauer, E. Karden, B. Fricke, H. Blanke, M. Thele, O. Bohlen, J. Schiffer, J. B. Gerschler, R. Kaiser “Charging performance of automotive batteries An underestimated factor influencing lifetime and reliable battery operation” Journal of Power Sources 168 (2007) 22–30
- [9] T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O’Keefe, S. Sprik, K. Wipke “ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling” Journal of Power Sources 110 (2002) 255–266.
- [10] Ayşe Ergün A., Yusuf Gürçan Şahin, Faruk Aras “ADVISOR ile Otomotiv Elektrik Sistemlerinin Benzetimi ve Analizi”, Eleco 2008, Bursa