

Seri ve Paralel Elektrikli Hibrit Araçların Sayısal Simülasyon ile Karşılaştırılması

Sertan TURAN^{1*}, Onur Özdal MENGİ², Hakan ADATEPE³

Öz

Bu çalışmada dünyanın önde gelen konularından olan hibrit araçların kendi klasmanları arasında performansı kıyaslamıştır. Dünya'nın ekolojisini büyük etkileyen zararlı gazların azaltılması amacıyla geliştirilen sistemlerden biri olan hibrit araç modelleri şüphesiz ki bu etkiyi azaltma yönünde büyük bir avantaj sağlamıştır. Teknolojinin gelişmesiyle hibrit araçlarda kendi aralarında bölümlere ayrılmıştır. Bu çalışmada hibrit araçların iki türü olan seri ve paralel hibrit araçlar AVL Cruise programı ile uygun modeller oluşturularak simülasyonları yapılmıştır. Simülasyon sonucunda her iki modelin de performansları incelenmiştir. İncelenen bu sonuçlar göz önüne alındığında her iki sistemin batarya şarj durumu, tork, güç, hız, kayıplar ve verimleri kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Seri ve Paralel Hibrit Araçlar, İçten Yanmalı Araçlar, Otomobil.

Comparison of Series and Parallel Electric Hybrid Vehicles with Numerical Simulation

Abstract

In this study, we compared the performance of hybrid vehicles, which are among the leading topics in the world, among their classifications. Hybrid vehicle models, one of the systems developed to reduce harmful gases that greatly affect the ecology of the world, undoubtedly provided a great advantage in reducing this effect. With the development of technology, hybrid vehicles are divided into sections among themselves. In this study, two models of hybrid vehicles, serial and parallel hybrid vehicles, were created by AVL Cruise program and simulated by creating suitable models. As a result of the simulation, the performances of both models were examined. Considering these results, battery charge status, torque, power, speed, losses and efficiency of both systems were compared.

Keywords: Series and Parallel Hybrid Vehicles, Internal Combustion Vehicles, The car.

¹Giresun Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, Giresun, Türkiye, sertan.turan@giresun.edu.tr

²Giresun Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, Giresun, Türkiye, onurmengi@yahoo.com

³Giresun Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, Giresun, Türkiye, adatepehakan@yahoo.com

¹<https://orcid.org/0000-0002-6690-1392> ²<https://orcid.org/0000-0001-5669-0766> ³<https://orcid.org/0000-0002-1949-5811>

1. Giriş

Araçlar günümüzde her zaman büyük öneme sahip makinalar arasında olmuştur. Dünya’ da ilk olarak bilinen motorlu karayolu taşıtı 1769 yılında Joseph Cugnot tarafından yapılmıştır. Bu araç dört kişilik olup, güç kaynağı olarak buhar makinesi kullanılmış olan bir araçtır. Ayrıca bu araç bir seferde 15 dakika kadar çalışabiliyor olmasının yanı sıra saatte 3,6 km’lik bir hıza ulaşılmıştır (Çetinkaya, 2004). Dünya araçların avantajlarının farkına varınca, bu konuya büyük bir ilgi duymuş ve talep artışı karşılama için dünyanın her yerinde taşıtlar konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar taşıt teknolojisinin gelişimine katkıda sağlamıştır.

Gelişen teknoloji ve yapılan çalışmalar sonucunda günümüzde büyük paydaya sahip olan içten yanmalı motorların (İYM) en verimli sisteme sahip olmaları için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar sonucunda İYM’a sahip araçlara talebin de olması üreticileri seri üretim itmiştir. İçten yanmalı motorlara sahip araçların seri bir şekilde üretilmesi dünya üzerindeki araç sayısının çok fazla artışına sebep olmuştur ve bunun sonucunda çevre kirliliğinin oluşmasına sebep olmuştur.

İYM’den çıkan emisyonlar (azot oksitler-NO_x, karbon monoksit -CO, küçük partiküller, uçucu organik bileşikler vb.) bölgesel ve hatta global ölçülerde çevreye önemli zararlar vermektedir (TÜBİTAK, 2003). İYM’den çıkan emisyon gazlarını azaltmak için üç yollu katalitik konvektörler, egzoz gazı re sirkülasyonu (EGR), seçici katalitik indirgeme (SCR), partikül filtre, vb. sistemler yer almaktadır (Uymaz ve ark., 2017). Günümüz teknolojinin gelişmesiyle birlikte çıkan zararlı emisyon gazları azaltılmaya ve araçların verimleri artırılmaya çalışılıyor.

Ancak verimleri ne kadar artırılmaya çalışılsa da verimleri istenilen değerlerden bir o kadar düşük kalmıştır. Örneğin bir benzinli aracın motor verimi 1894 yıllarında %20-25’e kadar yükseltilmişken. Bugün ise efektif verim %30-37 arasında değişmektedir (Kunt, 2016; Gürbüz ve ark.,2016). Bu yüzden doğayı kirleten bir görünüş çizen içten yanmalı motorlar ile tahrikli bu araçların yerine artık daha az zararlı olan bir alternatif sistem arama çalışmaları başlamıştır.

Bu çalışmaların sonuçları göz önüne alındığında İYM ile tahrik edilen araç yerine, verimleri daha yüksek olan elektrik motoru ile tahrik edilecek bir araç düşünülmüştür. Aslında bu araç 1835 yılında Thomas Davenport tarafından Amerika Vermont’ta icat edilmişti (Kanna ve ark.,2018). Ancak o günün şartlarında elektrik üretiminin, fosil yakıtların üretimine göre zor olması ve İYM’lara sahip araçların üretimin maliyetinin elektrik motorlu araçlara göre düşük olması araçların içten yanmalı motorla üretimine yönlendirmiştir. İlerleyen süreçte teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrik motorlarının kolay temin edilmesi ve maliyetlerinin düşmesi bu araçları tekrar gündeme getirmiştir. Elektrikli araçların verimlerinin yüksek olması büyük bir avantaj sağlarken bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar genel olarak bataryanın şarj edilmesi, yeterli baz istasyonlarının olmaması, menzillerinin kısa olması ve son olarak bir diğer dezavantajı ise fiyatlarının

günümüz otomobillerine göre pahalı olması şeklinde ifade edebiliriz (Gök, 2018; Kubański, 2019). Bu dezavantajlar üzerine çalışmalar devam etmekte olup ama istenilen seviyede sonuçlara ulaşılamamıştır. Dünya bu sorunlar üzerinde çalışmalar yaparken alternatif bir sistem daha keşfetmiştir.

Bu alternatif sistemde ise menzil ve verim artışı göz önüne alınarak var olan iki sistemi yani elektrik motorunu ve İYM'un birlikte kullanıldığı bir araç sistemi yapılması düşünülmüştür (Şenlik, 2015). Bu tür araçlara da eski yunanca kökenli Hibrit (Karışık, İkili kökenli) kelimesini kullanmışlardır (Kurulay, 2013). İlk hibrit araç 1902 yılında Ferdinand Porsche tarafından Viyanalı bir araç imalatçısı Jacob Lohner ile birlikte "Mixte-Wagen" adını verdiği aracı geliştirmiştir (Kurulay, 2013; Köklükaya ve ark., 2011). Günümüzde ise artık hem elektrikli araç hem de hibrit araç modelleri mevcuttur. Hibrit ve elektrikli araçlar gelecek yıllarda dezavantajları azaltılarak, dünyada çok fazla yaygınlaşacaktır. Literatürde hibrit araçlar üzerine birçok araştırma vardır ancak bilgisayar ortamında yeterli derecede bir araştırma mevcut değildir.

Bu çalışmada AVL Cruise programı kullanılarak iki tane hibrit araç modeli oluşturuldu. Bu oluşturulan modeller seri ve paralel hibrit araç modelleridir. Modellenen araçların simülasyonları yapılarak, , batarya şarj durumları, trokları, güçleri, hızları, kayıpları ve verimleri kıyaslanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metotlar

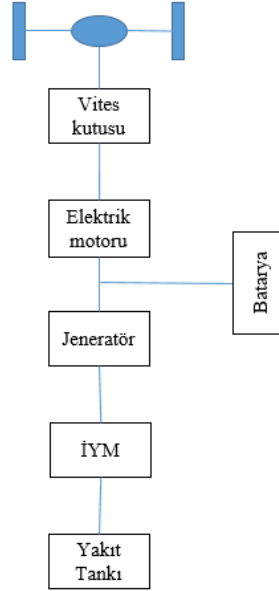
AVL Cruise programı ile günlük hayatta kullanılan bir aracın değerlerine yakın değerlerde bir araç modeli oluşturuldu. Bu çalışmadaki araca göre hibrit aracı denilmiştir. Araç seçimi günlük hayatta kullanılan bir araca yakın değer seçilerek sonuçların doğruluğu artırıldı. Oluşturulan araç modeli seri hibrit modeli ve paralel hibrit model şekilde tek tek simülasyonları yapılarak sonuçlar kaydedildi. Kaydedilen sonuçların yorumlanarak kıyaslanmıştır.

2.1. Güre Hibrit Aracı

Simülasyonda kullanılan araç 4 silindirli 1.4 benzinli ve elektrik motorlu(EM) bir hibrit araçtır. İYM (İçten Yanmalı Motor) 1390 cc, rölanti deviri 850 1/min, max deviri 5800 1/min, yakıt deposu 55 lt, bir motordur. Elektrik motoru ise asenkron motor olarak kullanılan gerilimi 288 V, atalet momenti $0,0226 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, maksimum hızı 6000 1/min ve verimi %65 ile 93 arasında. Taşıtın boş ağırlığı 1201 kg, içten yanmalı motorun azami hızı 210 km/saat olan aracının özellikleridir.

2.2. Seri Hibrit Modeli

Güre seri hibrit araç modeli Şekil 1’de görülmektedir.

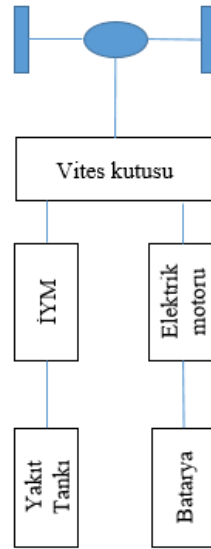


Şekil 1. Güre Seri Hibrit Aracı Modeli.

Şekil 1’de görüldüğü gibi seri hibrit bir taşıtın tahriki elektrik motoru vasıtasıyla sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorun mekanik enerjisi jeneratör ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Aynı şekilde bataryalardan gelen elektrikselsel güç ve jeneratörden sağlanan elektrikselsel güç birleştirilerek elektrik motoru tahrik edilmektedir (Özkan, 2019).

2.3. Paralel Hibrit Modeli

Güre seri hibrit araç modeli Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Güre Paralel Hibrit Aracı Modeli.

Şekil 2’de görüldüğü gibi paralel hibrit bir taşıtın tahriki elektrik motoru ve İYM ile diferansiyelle ayrı ayrı bağlanarak aracın hareketi sağlanmaktadır. Her iki sistemin birlikte ve ayrı ayrı çalışması imkânı sağlanmaktadır. Paralel hibrit modelde düşük devirlerde elektrik motoru sadece çalışırken, yüksek hızlarda yani devirlerde İYM devreye girer (Sezer, 2008).

2.4. İçten Yanmalı Motorun Hesap Modeli

Motor döndürme momenti (M_e) hesaplanacak olursa;

$$F = G \cdot g \quad (1)$$

$$M_e = F \cdot L \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. G uygulanan yük (kg), g yerçekimi ivmesi (m/s^2) ile çarpılarak F kuvvet (N) bulunur. Daha sonra kuvvet’ ten yararlanarak moment kolu olan L (m) ile çarpılarak döndürme momenti elde edilir. Döndürme momentinin bulunmasıyla efektif motor gücü hesaplanabilir.

Efektif güç (N_e);

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{9549} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada $n(\text{dev/dk})$ motorun devir sayısıdır. Motor döndürme momenti ile devirin çarpılması ile efektif gücü elde ettik. Efektif güç (kW) ifade edilir. Bulunan efektif güç üzerinden ortalama efektif basınç ifade edilir;

Ortalama Efektif Basınç;

$$N_e = \frac{P_{me} \cdot V_H \cdot Z \cdot n}{a \cdot 60} \quad (4)$$

$$P_{me} = \frac{a \cdot 60 \cdot N_e}{V_H \cdot Z \cdot n} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada ortalama efektif basınç (MPa), olarak ifade edilir. Z, motorun silindir sayısı, a değeri 2 veya 4 zamanlı motor durumuna göre (1 veya 2), V_H (m³) strok hacmi şeklinde genel olarak bilinen sayısal hesaplama yöntemidir (Yıldız Teknik Üniversitesi, 2020). AVL programı genel olarak bilinen araçların teorik sayısal hesaplama metotlarına göre hesaplamalarını yapar. Bu hesaplama sırasında girdiler, çıktılar ile tam yük ve az yük durumlarına göre işlemlerini yaparak sonuçlarını bize verir.

Tam yük durumuna göre ele alırsak;

$$M_{E,vk} = \frac{P_{E,vk}}{\varphi_{E,out}} \quad (6)$$

ve efektif basınç ise;

$$P_{eff,vk} = \frac{P_{E,vk} \cdot N_{E,stroke} \cdot \pi}{V_{E,h} \cdot \varphi_{E,out}} \quad (7)$$

Tam yükleme gücü hesaplanacaksa;

$$P_{E,vk} = M_{E,vk} \cdot \varphi_{E,out} \quad (8)$$

$M_{E,vk}$ vites kutusuna bağlı olan moment, $P_{E,vk}$ vitese bağlı Tam Yük Azaltma Karakteristik, $\varphi_{E,out}$ hız, $N_{E,stroke}$ motorun kaç zamanlı olduğunu ifade eder. AVL programı simülasyon sırasında bu hesaplamaları girilen girdilerden alarak gaz keleşinin konumuna göre motorun karakteristiği benimseyerek bizlere grafiksel olarak verme imkanı sağlar (Varga ve ark., 2016).

2.5. Elektrik Motorunun Hesap Modeli

AVL programı Em güç aktarımının gerçek bir anı:

$$(9) \quad M_{EM:dt} = M_{EM} - \Theta_{EM,nom} \cdot \ddot{\varphi}_{EM,out}$$

Şeklinde hesaplanabilir. Aşağıdaki hesaplama ise daimi alan makineleri için kullanılıyor:

$$M_{EM}(T_{EM}) = (1 + \beta_{EM,Rem} (T_{EM} - T_{EM,L})) M_{EM}(T_{EM,L}) \quad (10)$$

Güç aktarma kapalı durumda ise:

$$M_{EM} = M_{EM,drag} (\varphi'_{EM} / \varphi'_{EM,max})^2 \quad (11)$$

Daimi alan makineler için demir kayıpları dikkate alınması gerekir.

Güç aktarma;

$$M_{EM} = k M_{EM,max,mot} \quad , \text{ (eğer } k > 0 \text{ ise,)} \quad (12)$$

Aksi takdirde, $M_{EM} = (-k) M_{EM,max,gen}$

Elektriksel güç:

$$P_{EM,el} = P_{EM,mec} + P_{EM,loss} \quad (13)$$

Tamamen ısıya dönüşür. Güç aktarma mekanik güç tarafından tanımlanan:

$$P_{EM,mec} + \varphi'_{EM} \cdot M_{EM} \quad (14)$$

ile ifade edilir. Maksimum tork için aşağıdaki güç kaybı kullanılarak tanımlanır:

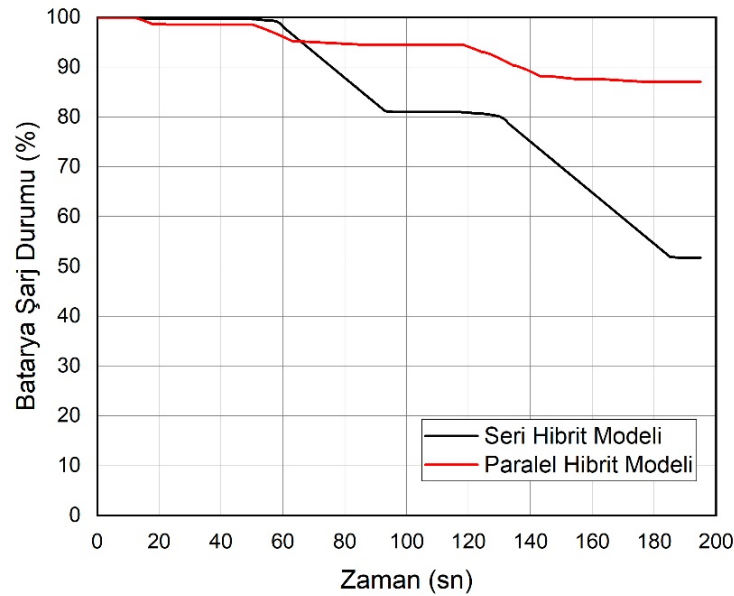
$$R_{th} = \frac{1}{\alpha_{EM,th}} \quad (15)$$

$$I_{EM} = P_{EM,el} \frac{P_{EM,el}}{U_{EM,net}} \quad (16)$$

güç şeklinde hesaplanır. Burada karakteristik haritalar ve eğriler (M_{EM}), atalet momenti ($\Theta_{EM,nom}$), drag torku ($M_{EM,drag}$), Mıknatıs İndüksiyon Sıcaklık katsayısı $\beta_{EM,REm}$, maksimum tork-motor ($M_{EM,max,mot}$), maksimum tork-jeneratör ($M_{EM,max,gen}$), güç kaybı ($P_{EM,loss}$), maksimum açısal hız $\varphi'_{EM,max}$, fiili elektrik güç $P_{EM,el}$, net gerilim $U_{EM,net}$, akım I_{EM} , hareket k ile gösterilmektedir (Mengi, 2018).

3. Simülasyon Bulguları

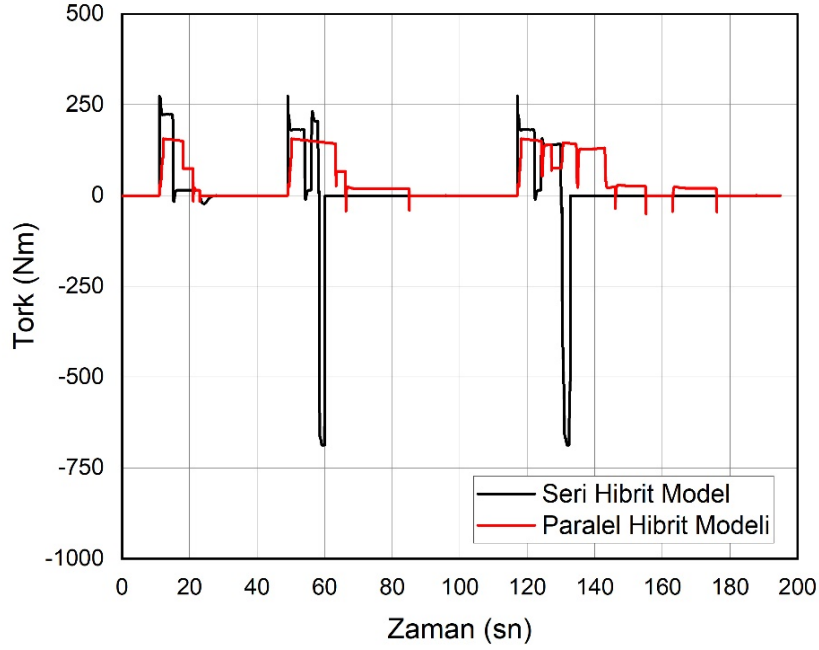
Bu çalışmada otomotobil analiz ve simülasyon programlarından olan AVL'nin Cruise modülü kullanılarak seri ve hibrit modelleri oluşturuldu. Simülasyon çevrimi dünya tarafından kabul edilen Urban Driving Cycle (UDC) çevriminin şehir içi konumuna göre analizi yapıldı. İki sistemin analiz sonuçları birbirlerine göre durumları grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3. Bataryanın İki Model İçin Şarj grafiği

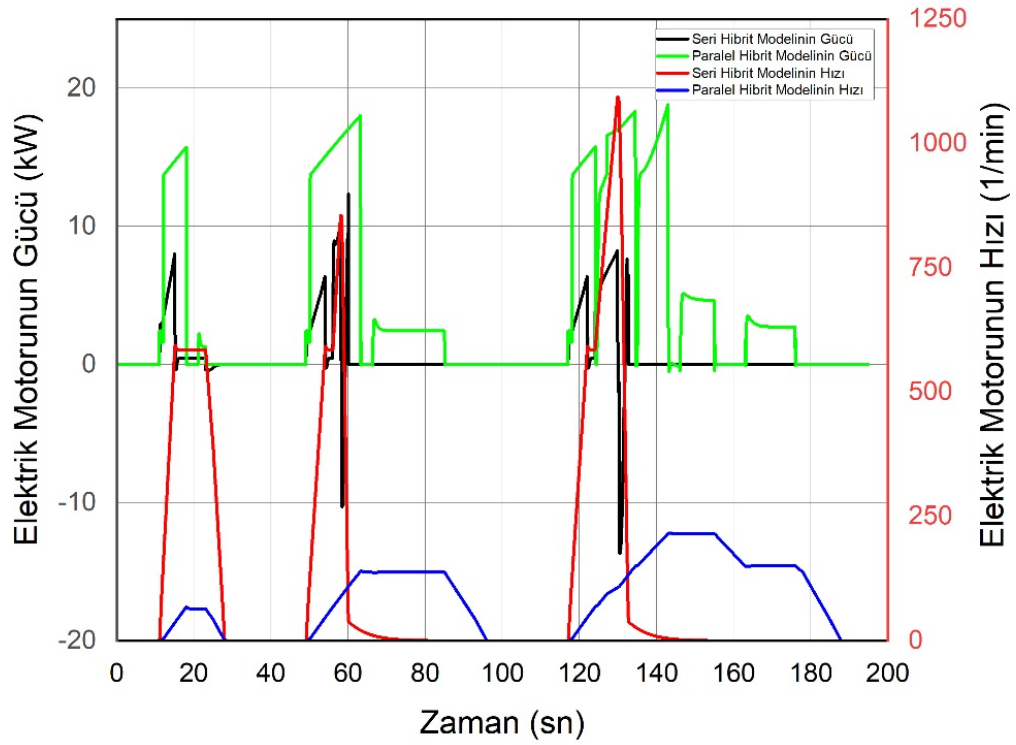
Her iki sistemin aynı özellikte ve aynı çevrimde analiz yapılmasına rağmen şekil 3'te görüldüğü üzere seri model, paralel modelin aldığı yolda batarya şarj durumu daha hızlı bir şekilde azaldığı görülmüştür. Seri model hibrit araçta 180 sn de batarya şarjı %55 iken paralel sistemde %87'dir. Bunun sebepleri arasında seri hibrit modelinde güç aktarma organına sadece elektrik motoru üzerinden güç aktarımı sağlanıyor olmasıdır. Elektrik motoru bu gücü batarya ve jeneratörden karşılamaktadır. Ancak akıllara seri hibrit modelinde jeneratör kullanılmasına rağmen neden bu kadar hızlı bir düşüş olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumu cevaplayacak olursak bilindiği üzere çevrim

şehir içi kullanımlarda gerçekleşiyor. Bu da aracın dur kalk olaylarının fazla olması nedeniyle hareket için ilk ivmelenmede elektrik motorları yüksek bir güç çekiyor olması bu soruyu kısmen de olsa cevabıdır.



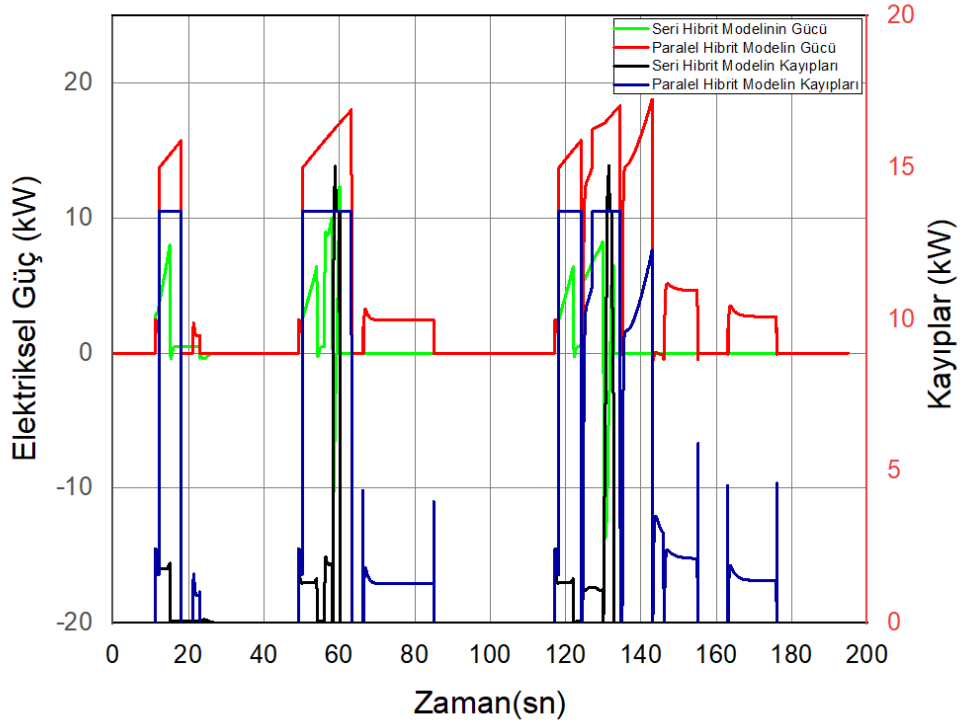
Şekil 4. Aracın diferansiyel çıkışındaki tork grafiği

Şekil 4’de görülen grafikte seri modelde tork’un eksi kısma geçmesi program tarafından İYM sisteme girdiğini gözükümüştür. Buradan anlaşılıyor ki çevrim boyunca modellenen araç en az emisyon yol alınmaya çalıştığı görülmektedir. Paralel modelde ise bu olay bu kadar dalgalanma olmadan İYM ve elektrik motoru birlikte ideal bir sürüşle çalıştığı gözükümüştür.



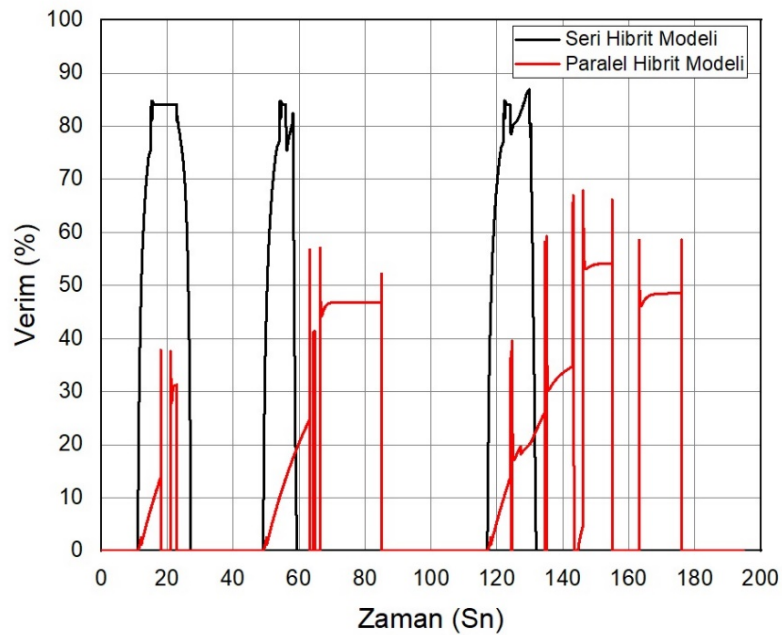
Şekil 5. Elektrik motorunun gücü ve hız grafiği

Şekil 5'te seri modelde elektrik motorundan devamlı tahrik edilmesi üzerine tekerleklere vermesi gereken güç ve hız ihtiyacı daha fazladır. Ancak sistemde paralel modelin gücü 60 sn 18 kW görürken seri modelin gücü ise 12,4 kW görülmüştür. Paralel sistemdeki elektrik motorunun gücünün yüksek olmasının nedeni, sisteme avantaj olarak İYM motorunda tahrik vermesi elektrik motorunun daha iyi güç iletimine yardımcı olduğu gözükümüştür. Bu yüzden paralel sistemde güç grafiği daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 6. Elektrik motorunun güç ile sistem kayıplar grafiği

Şekil 6'da görüldüğü gibi hibrit araçların kayıplarının az olması ve sisteme tahrik için verilen gücün yüksek olması istenir. Elektrik motorları bataryadaki gücü kullandığında kayıplar grafiğinde eksi olarak gözükmemektedir. Kayıplar grafiğindeki artı kısımlar ise sistemin kayıplarını ifade eder. Elektrik motorunun güç grafiği ile kayıplar grafiğindeki artı kısım bir birini karşıladığı görülmüştür.



Şekil 7. Elektrik motorunun verim grafiği

Şekil 7’de görüldüğü üzere seri hibrit araç modeli 60 sn %86’larda verim görülürken, paralel hibrit araç modeli ise 60 sn %55’lerde verim görülmüştür. Elektrik motoru seri hibrit modelin de tahrik sistemine tek başına etkisi pozitif etki sağlarken, paralel hibrit modelin de bulunan İYM’nun tahrik sisteme katkısı elektrik motorunun verimini negatif yönde etkilediği görülmüştür.

4. Sonuçlar ve Öneriler

1. Seri ve paralel hibrit araç modelleri AVL Cruise programı ile simülasyonları gerçekleştirildikten sonra torkları kıyaslandığında seri hibrit modeli, paralel hibrit modeline göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

2. Seri ve paralel hibrit araçların kayıplarına bakıldığında ise sistem gereksinimlerine göre birbirlerine benzeyen bir grafik ortaya koymuştur.

3. Her iki sistemin güçleri kıyaslandığında paralel sistem, seri sisteme göre daha iyi sonuç verdiği bulunmuştur. Bunun sebebi açıklanacak olursa paralel sistemdeki İYM’un sisteme olan güç etkisi elektrik motorunun sisteme daha iyi güç iletmesini sağlamıştır.

4. Her iki sistem de aynı çevrimde ele alındığında batarya şarj durumunda paralel sistem daha iyi bir grafik çizmiştir. Tabi ki seri sistemde kullanılan jeneratör ve İYM’un çalışma sıklığı ideal bir kontrol sistemi ile iyileştirilebilir.

5. Elektrik motorunun verimi her iki sistemin aynı şartlarda çalıştığı göz önüne alınarak incelenirse seri modelin verimi yüksek iken paralel modelin verimi düşük olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi paralel sistemde tahrik sistemine bağlı olan İYM motorun etkisidir. Paralel sistemdeki elektrik motorunun verimi artırmak için elektrik motorunun aracın tahrik sistemine olan etkisi daha fazla olacak şekilde ayarlanarak artırılabilir. Ancak bu durumda da paralel sistemindeki bataryanın şarj durumunu gösteren grafikte azalma olması beklenecektir. Bu yüzden en ideal sistemi elde etmek için birçok simülasyonlar ve deneyler yapılarak tespit edilebilir. Çünkü her iki sistem de farklı değerlerde elektrik motorları, bataryalar ve jeneratörler kullanılması bu iki sistemin performanslarını etkileyecektir.

Teşekkür

Bu çalışmada program desteği konusunda yardımcı olan AVL’nin Türkiye distribütörü olan AVL Research and Engineering Turkey’ ye yardımları ve destekleri için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Çetinkaya, S., (2004), Taşıt Mekaniği. Nobel Yayın Dağıtım Evi, Ankara.
- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi, (2003), Elektrikli Araçlar, Enerji Sistemleri ve Çevre Enstitüsü, Gebze-Kocaeli.
- Uymaz, A., Boz, F., Yılmaz, E., Solmaz, H., Polat, S. (2017) Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler 1, 15-24.
- Kunt, M. A., (2016), İçten Yanmalı Motor Atık Isılarının Geri Kazanımında Termoelektrik Jeneratörlerin Kullanımı, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(2), 192-203.
- Gürbüz, Y., Kulaksız, A. A.,(2016), Elektrikli Araçlar ile Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(2), 117.
- Kanna,G.R.R.,Muthulakshmi, K., Sasiraja, R.M., (2018), History of Electric Vehicle, Journal of Electrical Engineering.
- Gök, B. (2018), Elektrikli Arabaların Tasarımı ve Simülasyonu Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Kubański, M., (2019) Prospects for the Use of Electric Vehicles in Public Transport on the Example of the City of Czechowice-Dziedzice, LOGI 2019 - Horizons of Autonomous Mobility in Europe, 44.
- Şenlik, I. (2015), Uyuyan Devrim: Elektrikli Araçlar, TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası, 455, 64-67.
- Kurulay, N.S.,(2013), Motorlu Taşıtlarda Hibrit Tahrik,TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İzmir.
- Köklükaya, E., Yıldız, M., Bağcı, S., (2011), Hibrit Araçlarda Güç Elektronik Sistemlerinin Genelleştirilmiş Durum Uzay Ortalama Yöntemiyle Modellenmesi, Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu (FEEB 2011) Cilt 1, Elazığ.
- Özkan, A. (2019), Seri Hibrit Taşıt Tasarımı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sezer, V., (2008), Modeling And Optimal Power Management of a Parallel Hybrid Electric Vehicle, Master Thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yıldız Teknik Üniversitesi,(2020), MAK4072 Özel Laboratuvar Ders Kitabı, . Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği, İstanbul
- Varga, O.B., Mariasiu, F., Moldovanu, D., Iclodean, C.,(2016), Electric and Plug-In Hybrid Vehicles, Springer
- Mengi, Ö. O., (2018), Dizel Bir Aracın Elektrikli Araca Dönüşüm Performansının Değerlendirilmesi, Fırat Üni. Müh. Bil. Dergisi, 30 (1), 175 – 182.