

ADVISOR ile Otomotiv Elektrik Sistemlerinin Benzetişimi ve Analizi

Analysis and Simulation of Automotive Electrical System with ADVISOR

Ayře ERGÜN AMAÇ¹, Yusuf Gürcan řAHİN², Faruk Aras³

^{1,2,3}Elektrik Eęitimi Bölümü

Teknik Eęitim Fakóltesi

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi, 41380 İzmit.

¹e-posta: ayseergun@kocaeli.edu.tr

ygsahin@kocaeli.edu.tr

faruk.aras@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada otomotiv elektrik sistemlerinin, ADVISOR programı kullanılarak benzetişimi yapılmış ve örnek modeller karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bir elektrik sistemi tüm taşıt sistemi içerisinde kritik önem taşıyan ana unsurlardandır. Bu nedenle bir taşıtta elektrik sisteminin; tesis edilmesinden önce, benzetişiminin yapılarak denemesi maliyet ve güvenlik bakımından oldukça önemlidir. Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından geliştirilen ADVISOR programı bu tür sistemlerin benzetişiminin yapılmasını sağlamaktadır. Ancak literatürde yaygın olarak kullanılmasına rağmen ülkemizde çok fazla tanınmamaktadır. Bu makalede de özellikle bu programın nasıl kullanılacağı örnek bir uygulama ile tanıtılmakta, melez ve elektrikli araç karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Abstract

In this study, automotive electrical systems are simulated by using ADVISOR program and comparatively analyzed with a case study. Electrical system of vehicles is the most important part of the entire system. Therefore, electrical system of the vehicle should to be tested with software before its construction due to cost and safety issue. ADVISOR program developed by American National Renewable Energy Laboratory (NREL) is widely used for simulation of the vehicle systems as mentioned in literature. ADVISOR program is introduced with an application, and the obtained results are evaluated by comparing a hybrid vehicle and an electrical vehicle in this article as well.

1. Giriş

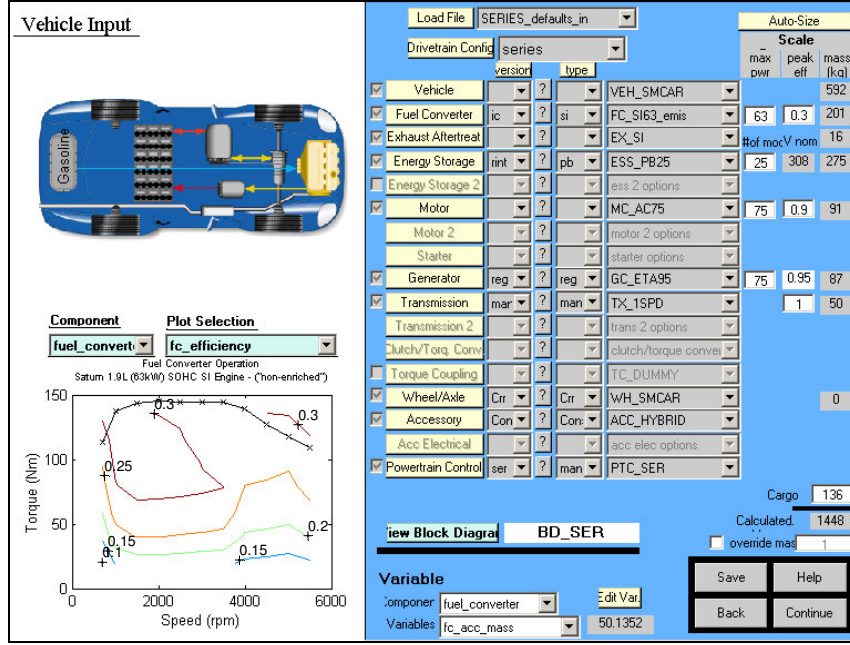
Günümüzde geleneksel ve hidrolik sistemlerin bileşimiyle tahrik edilen otomobil alt sistemlerinde (konfor, güvenlik, ekonomi vb. destek sistemleri) ileri elektrikli düzeneklerin kullanımı, gelişen teknolojiye paralel olarak artarak devam etmektedir. Aslında otomotiv sanayinde elektrik enerjisi talep artışının esas çıkış noktası, yakıt ekonomisinin, zararlı gaz salımlarının, güvenilirliğin, performansın ve güvenliğin

gelişmesidir. Bu hedeflere ulaşabilmek için alternatif tahrik sistemlerinin geliştirilmesi yönünde hızlı bir değişim süreci yaşanmaktadır. Bu süreçte melez elektrikli araçlarda, 12V akü yerine 42V akü kullanılan daha güçlü elektrikli araçlarda ve yakıt hücreli araçlarda elektrik sisteminden alınan güç, aracın tahriki için kullanılmakta olduğundan, elektrikli sistemin incelenmesi tüm aracın incelenmesi aracın performansı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle örneğin en uygun araç tasarımı gerçekleştirebilmek için, tüm sistemin performansını etkileyen elektrikli sistemin de en uygun hale getirilmesi gerekmektedir. [1]-[2]. Bu yeni taşıtlar için belli bir standart olmadığından elektrikli sistemin tasarımı biraz daha karmaşık olmaktadır.

ABD hükümetinin kurduğu Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL-National Renewable Energy Laboratory) bu yakıt-verimli yeni araçların gelişimine ivme kazandırmak için bir benzetişim programı geliştirmiş ve 1994'te ilk ADVISOR (ADvanced Vehİcle SimulatOR) yazılımı yayımlanmıştır [3]. Büyük araba üreticilerinin ve üniversitelerin yazılımın gelişiminde yer almasıyla yazılım güncellenmiş ve yeni özellikler eklenmiştir. Ülkemizde bu program neredeyse hiç kullanılmamaktadır.

ADVISOR, Matlab ve Simulink ile kullanılmak üzere oluşturulan; model, veri ve komut dosyalarından oluşan bir yazılımdır. Bu yazılım; geleneksel, elektrikli, melez elektrikli ve yakıt hücreli araçların performans, yakıt ekonomisi ve zararlı gaz salımlarının analizi için tasarlanmıştır. Bu programın gerçek bir test aracına ihtiyaç duymaksızın aracın performansını tahmin edebilmesi en uygun performansı, yakıt ekonomisini ve zararlı gaz salım karakteristiğini veren bir aracın bileşenlerinin seçiminde ve boyutlandırılmasında yardımcı olmaktadır [1-7]. Bu da ADVISOR yazılımının üstünlüğünü ve yaygın kullanımını sağlamaktadır.

Burada, ADVISOR'ın çalışması, kullanıcının ihtiyacına uygun şekilde yazılımın düzenlenmesi ve modellenmesi örnek bir uygulama ile sunulmaktadır.



Şekil 1: Araç giriş ekranı.

2. Advisor ile modelleme ve benzetişim

Sayfa ADVISOR, Simulinkte aracın alt sistemlerini bilgisayar ortamında değerlendirebilmek için deneysel bileşen verilerini kullanan bir uygulamadır. Üstelik program, sürücünün davranışlarını da içeren tüm aracın benzetişiminin hızlı biçimde yapılmasını olanak sağlamaktadır. Böylece ADVISOR, mevcut bileşenlerin kullanıldığı çeşitli deneysel araç düzeneklerinden faydalanılarak benzetişim yapılmasını da mümkün kılmaktadır. Program içerisinde var olan sistem modelleri; yakıt hücreli araçlar, paralel ve seri melez elektrikli araçlar, elektrikli araçlar ve geleneksel araçlardır. Genellikle, kullanıcı benzetişimi iki adımda gerçekleştirir [4]. Bunlar;

- 1) İlk giriş ekranı aracılığıyla, kullanılan aracın ölçülen, tahmin edilen ya da benzetişimi yapılan bileşenlerinin ve araç verilerinin belirlenmesi,
- 2) İkinci giriş ekranı aracılığıyla, bu aracın sürüş hattı boyunca hız-zaman çizelgesinin çıkarılmasıdır.

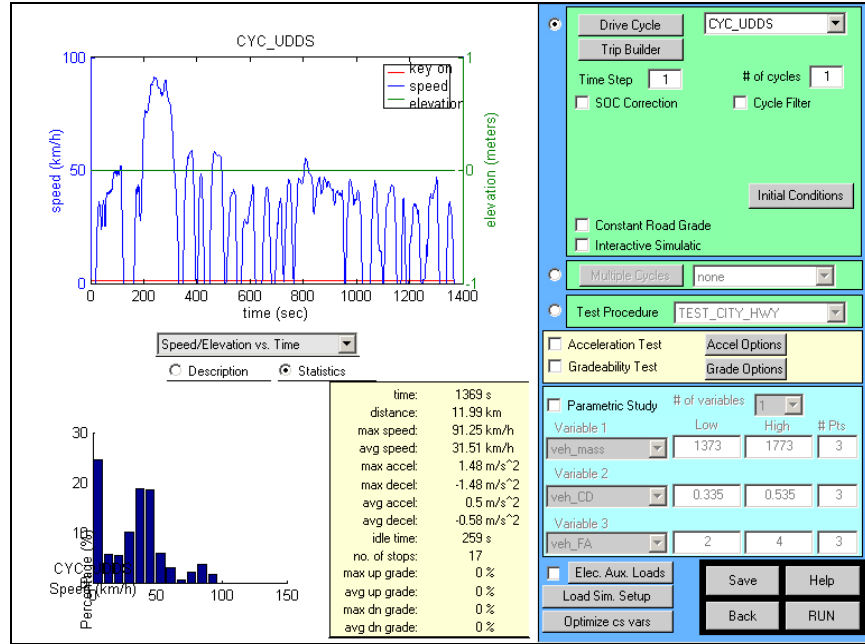
Daha sonra benzetişim çalıştırılır ve çıktılar sonuç ekranında gösterilir. Grafiksel kullanıcı ara yüzü (GUI-Graphical User Interface), kullanıcının; sürüş hattı boyunca hemen hemen bütün moment, hız, gerilim, akım değerlerini ve bir bileşenden diğerine aktarılan gücü izlemesini sağlamaktadır. ADVISOR, programın kullanımını kolaylaştırmak amacıyla, grafiksel kullanıcı ara yüzünden yararlanmaktadır. Benzetişimde iki giriş ekranı ve bir sonuç ekranı mevcuttur. Benzetişimi yapılmak istenen aracın tipinin ve araç bileşenlerinin seçiminde kullanılan ilk ekran Şekil 1'de gösterilmektedir.

Kullanıcı ilk olarak araç tipini seçer. Böylece; kullanılacak Simulink blok diyagramı da seçilmiş ve araç alt sistemleri arasındaki bağlantı tanımlanmış olur.

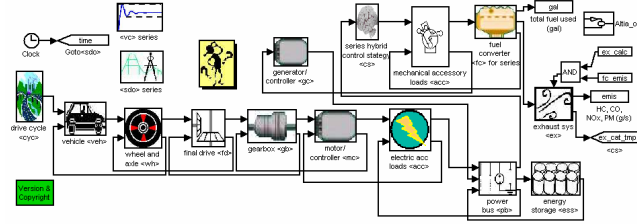
Taşıt düzeneği Şekil 1'de verilen ilk ekranın sol üst köşesinde grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu ekranda taşıtın diğer bütün bileşenleri de tanımlanmıştır. Örneğin cer makinesi olarak içten yanmalı motor, araç olarak da iki kişilik küçük bir araç seçilmiştir.

Daha sonra kullanıcı; araç üzerinde hangi tür testleri yapmak istiyorsa, benzetişim parametrelerinin yer aldığı ekrandan (Şekil 2) bunları seçer. Bu ekranda kullanıcının seçebileceği pek çok türde özel test ve sürüş hattı mevcuttur. Sürüş hattı araç hızının zamanla nasıl değiştiğini göstermektedir. Örneğin şehir içi sürüş planı Şekil 2'de sol üst köşede gösterilmektedir. Ayrıca kullanıcı, özel bir sürüş hattı ekleyerek, problemleri bir sürüş planı için aracın çalışmasının benzetişimini yapabilir [5].

Şekil 3'te seri MEA'nın ADVISOR modelinin temelini oluşturan Simulink blok diyagramı gösterilmiştir. Blok diyagramın her bir bloğu, belirli bir alt sistemin parametrelerini tanımlayan, kendi içerisinde yardımcı bir Matlab (m-dosyası) dosyasına sahiptir. Kullanıcı ihtiyacına göre; blokla yardımcı m-dosyalarının yanı sıra bloğun içerisindeki modeli de değiştirme olanağına sahiptir. Örneğin, kullanıcı elektrik motor bloğu için daha kesin bir modele ihtiyaç duyabilir. Girişler ve çıkışlar aynı olduğu sürece, var olan bir model farklı bir modelle yer değiştirebilir. Ya da, kullanıcı modele dokunmaz ve yalnızca blok diyagramla ortaklaşa çalışan m-dosyasını değiştirebilir.



Şekil 2: Benzetişim parametreleri ekranı.



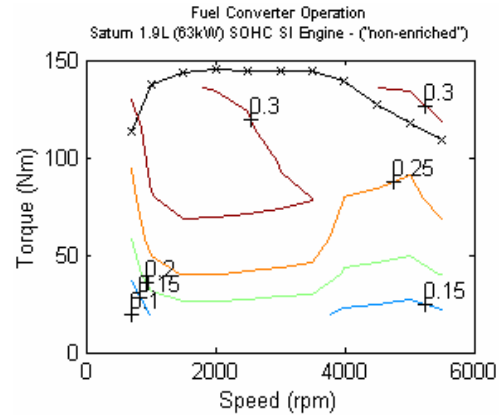
Şekil 3: Seri melez aracın blok diyagramı.

Bu aynı bileşeni farklı şirketlerden seçmekle eşdeğerdir. Örneğin Caterpillar tarafından üretilen 6Ah lik batarya yerine, Hawker-Genesis tarafından üretilen 6Ah lik bir batarya seçilmesi gibi. Bu değiştirme işlemi önceki bölümde tanımlandığı üzere ADVISOR GUI aracılığıyla sürekli olarak yapılabilir.

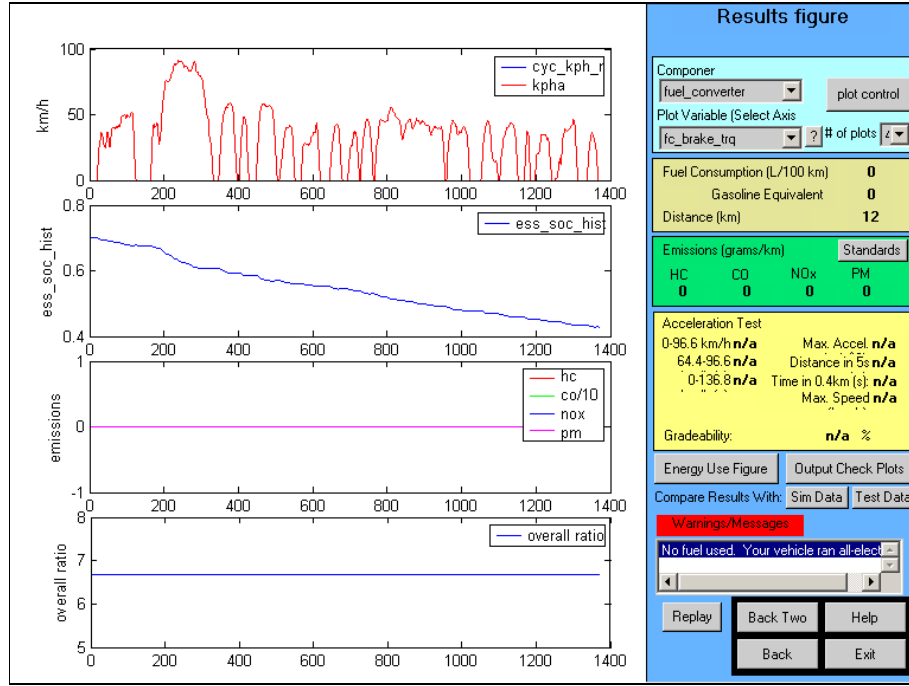
Şekil 4'te benzetişim sonuçlarını gösteren ekran verilmiştir. Benzetişimi yapılan aracın yakıt ekonomisi, zararlı gaz salımı, tırmanma yeteneği ve hızlanma performansı gibi istatistiksel veriler, sağ alt köşede gösterilmiştir. Aracın batarya akımı, şarj durumu (SOC-State of Charge) gibi alt sistem performansı ya da gerilimi solda yer alan grafiklerle ifade edilmiştir. Kullanıcı bu parametreleri üst sağ köşede yer alan menüden seçer. Benzetişim zamanı karmaşık en iyileme problemlerinde bir saate kadar uzayabilir. Ortalama benzetişim zamanı 5-10 dk civarındadır.

Verim ve performans sınır değerleri aracın çalışmasını etkileyen önemli parametrelerdir. Örneğin içten yanmalı motor; deneylerden elde edilen verim haritası kullanılarak

modellenmiştir. Saturn 1.9L(63kW) SOHC SI Engine ('zenginleştirilmemiş') motorunun verim haritası Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5: Saturn 1.9L(63kW) SOHC SI Engine ('zenginleştirilmemiş') motorunun verim haritası.



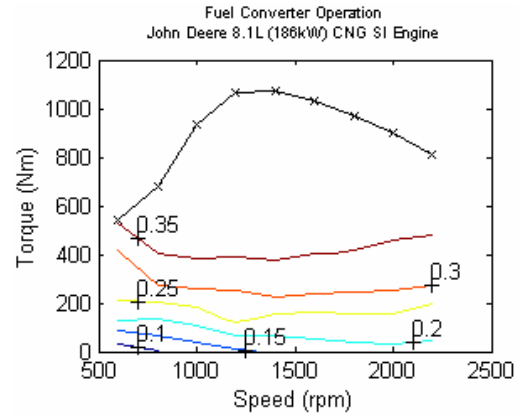
Şekil 4: Benzetişim sonuç ekranı.

Bu haritada aynı zamanda maksimum moment eğrisi de gösterilmektedir. Motorun maksimum moment sınırının ötesinde çalışamayacağı açıktır. O halde maksimum moment değişimi, motor alt sisteminin diğer sınırlayıcısıdır. Başka bir deyişle model; benzetişimdeki bileşenlerin ataletini de hesaba katar.

Program aynı zamanda bileşenlerin doğrusal ölçeklendirilmesine de olanak tanır. Bir içten yanmalı motorda bu; gerekli maksimum gücü sağlamak için momentin doğrusal olarak ölçeklendirilmesi anlamına gelir. Böyle bir ölçeklendirme sadece gerçek parametrelerin çalışma bölgelerine yakın yerlerde geçerlidir. Bu; biraz daha büyük ya da küçük bir bileşenin verim haritasının, bu bileşenin kesin verim haritasını değiştirmeyeceği bölgedir. Saturn 1.9L(63kW) SOHC SI ölçeklendirilmesi Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden çıkan sonuca göre ICE, 43 kW'lık nominal güç yerine 50 kW'lık bir maksimum güç vermektedir.

Yazılım ayrıca yapılan analizlerin karşılaştırmalı sonuçlarını da verebilmektedir.

ADVISOR yazılımının işlevselliği, Simplorer ve Saber gibi diğer yazılım paketleriyle ortak çalışmaya olanak tanıyan linklerle geliştirilerek artırılmıştır. Bu güçlü yazılım paketleri aracın elektrik sisteminin daha detaylı olarak incelenmesini sağlamaktadır. Daha güçlü elektrikli araçlar üzerinde yapılan çalışmalar için özellikle Saber daha kullanışlıdır.



Şekil 6: John Deere 8.1 L (186kW) CNG SI Engine motorunun verim haritası.

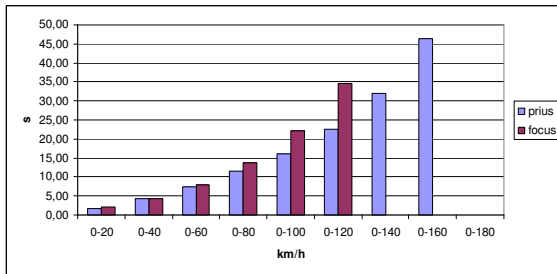
3. Uygulama ve benzetişim sonuçları

Bu çalışmada örnek olarak melez bir araçla, bir elektrikli araç karşılaştırılmıştır. Yazılımın varsayılan listesinden melez araç olarak Toyota-Prius ve elektrikli araç olarak da Ford-Focus seçilmiştir. Sürüş güzergâhı ADVISOR yazılım paketinde aktif olarak yer alan standart şehir içi güzergâhı olarak seçilmiştir. Benzetişim, bu güzergâhı tamamlanana ve en yüksek hıza ulaşılan kadar devam ettirilmiştir. Bu karşılaştırma için benzetişimden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Şehir içi güzergâhında melez ve elektrikli araç için benzetişim sonuçları.

MA-EA karşılaştırması		l/km		km	
		MA	EA	MA	EA
Yakıt Sarfiyatı		4,9	0		
Benzin eşdeğeri		4,9	2,5		
Mesafe				12	12
5 saniyede alınan yol				0,0354	0,0311
MA-EA karşılaştırması		m/s ²		km/h	
		MA	EA	MA	EA
En yüksek ivmelenme		3,4	4,1		
En yüksek hız				163	138
MA-EA karşılaştırması		s		%	
		MA	EA	MA	EA
İvme testi	0-96,6 km/h	15,3	21		
	64,4-96,6 km/h	7	12		
	0-137 km/h	30,4	77		
	400 m'yi aldığı süre	20,7	22		
Tırmanma yeteneği 88,5 km/h				1,7	10,3
MA-EA karşılaştırması		g/km			
		MA	EA		
Zararlı gaz salımı	HC	0,7	0		
	CO	0,79	0		
	NOx	0,15	0		
	PM	0	0		

Tablo 1'den anlaşıldığı üzere aynı güzergâhta elektrikli aracın yakıt sarfiyatı olmadığı gibi harcadığı benzin eş değeri de daha az olmaktadır. Elektrikli araç, akaryakıt kullanmadığından beklendiği gibi zararlı gaz salımı meydana gelmemektedir. Üstelik elektrikli aracın 88,5 km/h hızda tırmanma yeteneğinin daha iyi olduğu görülmektedir. Ancak Şekil 7'de görüldüğü gibi elektrikli araç, melez araca göre daha yavaş hareket etmekte ve yüksek hızlarda performansı son derece düşmektedir. Eğimin önemli olduğu güzergâhlarda elektrikli araç; gözle görünür üstünlüğünden dolayı melez araca tercih edilebilir gibi görünse de hızlanma performansı oldukça düşük olduğundan tırmanma yeteneği de tartışılabilir hale gelmektedir.



Şekil 7: EA ile MA hızlanma karakteristiği karşılaştırması.

4. Sonuç

Bu çalışmada; aracın tüm performansını ilgilendiren elektriksel sistemin analizini ve benzetişimini yapabilme yeteneğine sahip ADVISOR programı tanıtılmaktadır. Örnek bir uygulama olarak melez bir araçla elektrikli bir aracın örnek benzetişimleri yapılarak araçlara ait çeşitli parametreler ve tırmanma yetenekleri karşılaştırılmıştır. Böylece tasarlanan araç bilgisayar ortamında çeşitli koşullar altında denenmiştir.

Özellikle melez araçların; petrol tabanlı yakıtlara alternatif enerji kaynaklarının çokça araştırıldığı günümüzde, AR-GE konusu olarak önemli sıraya oturduğu bir gerçektir. Bu araçların gerçek hayata geçirilmeden önce her açıdan test edilmesine olanak tanıyan ADVISOR programının özellikle ülkemizde yaygın olarak kullanılmaması bir eksiklik. Bu çalışma ile eksikliğin giderilmesi yönünde katkı sağlamak ve bu konuda araştırma yapanları ADVISOR programını kullanmaya özendirme amaçlanmıştır.

5. Kaynaklar

- [1] A. Emadi, M. Ehsani, and J. M. Miller, *Vehicular Electric Power Systems: Land, Sea, Air, and Space Vehicles*, New York: Marcel Dekker, December 2003.
- [2] C. C. Chan, "The state of art of electric hybrid vehicles," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, Feb.2002, pp.247-275.
- [3] Keith B. Wipke, Matthew R. Cuddy, and Steven D. Burch "ADVISOR 2.1: A User-Friendly Advanced Powertrain Simulation Using a Combined Backward / Forward Approach" IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 48, no. 6, November 1999
- [4] A. Brooker, K. Haraldsson, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, T. Markel, M. O'Keefe, S. Sprik, K. Wipke, and M. Zolot, *ADVISOR Documentation*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), April 2002.
- [5] S. M. Lukic and A. Emadi, "Effects of drive train hybridization on fuel economy and dynamic performances of parallel hybrid electric vehicles," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 53, no. 2, March 2004.
- [6] V. Dawood and A. Emadi, "Performance and fuel economy comparative analysis of conventional, hybrid, and fuel cell heavy-duty transit buses," in *Proc. 58th Vehicular Technology Conference*, 6-9 Oct. 2003, vol. 5, pp.3310 – 3315.
- [7] M. R. Cuddy and K. B. Wipke, "Analysis of the fuel economy benefit of drivetrain hybridization," SAE International World Congress and Exposition, Detroit, MI, Feb. 1997.