

ELEKTRİKLİ TAŞIT ARAÇLARI İÇİN AC TAHRİĞİ KARŞILAŞTIRMALARI

Şule KUŞDOĞAN

Canan PERDAHÇI

Kocaeli Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü

E-mail: s.kusdogan@superonline.com, cananperdahci@ixir.com

ABSTRACT

It is recognized that wide applications of electric vehicles (EVs) will bring tremendous social, economical and ecological benefits. With the growing interests in electric vehicles, much effort is demanded for the development of efficient, reliable and economical ac drives for EV propulsion purpose. Induction motor drives and permanent magnet brushless dc motor and switched reluctance motor drives have been proposed as an alternative for electric vehicle propulsion. Recent ac propulsion systems have been compared for being a guide for choice and the development of electrical vehicles propulsion system. Induction motor drives are best suited for electric vehicle propulsion purpose, due to their low cost, high reliability, high speed, established converter and manufacturing technology and low torque ripple/noise. Permanent magnet brushless dc motor drives feature compactness, low weight and high efficiency and therefore provide an alternative for electric vehicle propulsion.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Taşıt, tahrik sistemi, ac tahriği.

1. GİRİŞ

Günümüzde elektrikli otomobiller için farklı tahrik düzenleri kullanılmaktadır. Bunlar elektrik enerjisi ile hareket eden sistemler ve elektrik enerjisi ile içten yanmalı motorların birlikte kullanıldığı, hibrit sistemlerdir. Elektrikli otomobillerde kullanılan motorlar doğru akım motorları, asenkron motorlar, anahtarlamalı relüktans motorlar ve sabit mıknatıslı fırçasız dc motorlar olarak sınıflandırılabilir. Doğru akım motorları pekçok üstünlükleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Bunun yanında ac tahriği için olan çalışmalar devam etmektedir. Güç elektroniği uygulamalarının yaygın ve etkin bir şekilde kullanılması sonucu, verimlilik değeri yüksek, güvenilir motorların kullanımı ve tasarlanması güncelliğini sürdürmektedir.

Özellikle 1985 yılından beri, son 15 yılda elektrikli taşıtlara olan ilgi artmaktadır. Batarya teknolojisine ilaveten, tahrik teknolojisi, elektrikli taşıtın menzil ve performansını etkileyen diğer bir anahtar faktördür. Seçilen elektrikli taşıt tahrik sistemleri, fiyat, verim,

güvenilirlik, bakım, dayanıklılık, ağırlık, boyut ve ses seviyesi ana koşullarını kriter olarak almaktadır.

2. TAHRİK SİSTEMİ

Elektrikli otomobillerde hangi tahrik sisteminin daha uygun olacağı sorunu çözebilmek için kullanıcıların isteklerini, ihtiyaçlarını ve taşıta ödeyeceği bedeli tartışmak gerekir. Optimal çözüm, ileri teknoloji ile buna ödenecek bedelin ara kesitinde bulunur.

Tablo 1'de otomobillerin tahrik sistemleri ile ilgili teknik özellikler ile, içten yanmalı motorlu tip otomobillerdeki sürücü istek ve beklentileri verilmektedir.

Tablo 1. Taşıtların tahrik sistemi için beklenen teknik özellikler ve sürücü istekleri

Teknik Özellikler	Sürücü İstekleri
Motor – Moment, Verim Devir, Karakteristik	Fonksiyon Menzil, İvme Hız sınırı, Tırmanma gücü Gürültü
Kumanda Akım sınırı, Frekans, Eleman tipleri, Kontrol Algoritmaları	Maliyet Edinme İşletme
Genel Boyut, Kütle, Sistem verimi, Enerji geri kazınım İşletme gerilimi, Isı artışı	Genel Ömür, Bakım Emniyet, Güvenilirlik, Konfor

Günümüzde elektrikli taşıtlarda hem asenkron motor, hem de sabit mıknatıslı fırçasız dc motor kullanılmaktadır. Var olan sistemlerin analizi ile, bu tahrik sistemlerinin eksiklikleri ve üstünlükleri karşılaştırılabilir. Elektrikli taşıt tahrik sistemleri için sabit mıknatıslı fırçasız dc motor, asenkron motor tahriklerinin performansı tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi sabit mıknatıslı fırçasız dc motor tahriği, asenkron motordan daha yüksek verim, daha yüksek güç yoğunluğu ve daha küçük boyut ifade etmektedir. Sabit mıknatıslı motorlar, endüstriyel uygulamalarda giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte asenkron motor, sabit mıknatıslı fırçasız dc motor tahriğinden daha

düşük fiyat, daha yüksek hızda çalışma özellikleri göstermektedir. Anahtarlama relüktans motor da, elektrikli taşıt tahriği için önerilmektedir. Son yıllarda yapısının basitliğinden dolayı pek çok alanda anahtarlama relüktans motoru kullanılmaktadır. Bu motor şimdiye kadar elektrikli taşıtlarda, diğer motorlar kadar çok kullanılmamıştır. Bununla birlikte, düşük fiyat, boyut ve yüksek güvenilirlik açısından elektrikli taşıtlarda tahrik için bir alternatiftir.

Tablo 2. AC Motor Tahriğinin Karşılaştırılması

Tip	Asenkron Motor Tahriği		Sabit mıknatıslı fırçasız dc motor tahriği	
	Motor	Konverter	Motor	Konverter
Parametreler				
Verim (%)	97	95	97	96,0
Güç Yoğunluğu (kW/kg)	1,00	1,70	3,30	1,79
Boyut(l/kW)	0,65	0,47	0,12	

Tablo 3. Asenkron Motor, Anahtarlama Relüktans Motor ve Sabit Mıknatıslı Fırçasız dc Motorların Karşılaştırmaları

Motor	Asenkron Motor	Anahtarlama Relüktans Motor	Sabit mıknatıslı fırçasız dc motor
Parametreler	Ölçek	Ölçek	Ölçek
Verim	8,1	8,2	9,1
Güvenilirlik	9,0	8,9	7,
Güç Yoğunluğu	7,7	7,9	8,6
Moment Dalgalanması	6,8	7,6	7,5
Aşırı Yükleme Kapasitesi	8,5	7,8	7,9
Boyut	8,1	7,6	7,5
Fiyat	7,1	7,4	8,3
Max. Hız	8,2	8,7	7,0

Tablo 3 ve tablo 4'deki ölçeklendirmelerde, en düşük ölçek değeri 1, en yüksek ölçek değeri 10 olarak alınmıştır.

3. AC TAHRİKLİ ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Motor değerlendirme parametreleri, tablo 3'de verildiği gibi verim, güvenilirlik, güç yoğunluğu (ağırlık), moment dalgalanması (ses), aşırı yükleme kapasitesi, boyut, fiyat ve max. hızı kapsayan şekildedir. Tablo 4'deki konverter değerlendirme verileri, verim, karmaşıklık, güç yoğunluğu, boyut ve fiyatı içermektedir.

Asenkron motor, anahtarlama relüktans motor, sabit mıknatıslı fırçasız dc motor tahriklerinin karşılaştırmaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Asenkron motor, düşük verim ve yüksek güvenilirlik, düşük güç yoğunluğu, düşük dalgalanma momenti, aşırı yükleme kapasitesi, düşük boyut, düşük fiyat ve maksimum hızda orta değerdedir. Asenkron motor konverterleri, düşük verim, orta/yüksek kontrol karmaşıklığı, düşük güç yoğunluğu ve yüksek fiyata sahiptir.

Tablo 4. Asenkron motor, anahtarlama relüktans motor ve sabit mıknatıslı fırçasız dc motor konverterlerinin karşılaştırılması

Konverter	Asenkron Motor	Anahtarlama Relüktans Motor	Sürekli Mıknatıslı Fırçasız dc Motor
Parametreler	Ölçek	Ölçek	Ölçek
Verim	8,4	8,6	8,8
Karmaşıklık	8,4	8,2	8,5
Güç Yoğunluğu	7,9	8,2	8,5
Boyut	7,9	7,9	7,9
Fiyat	8,5	7,8	7,9

Tablo 5. Asenkron motorların, anahtarlama relüktans motorların ve sabit mıknatıslı fırçasız dc motorların karşılaştırılması

Motorlar	Asenkron Motor	Anahtarlama Relüktans Motor	Sürekli Mıknatıslı Fırçasız dc Motor
Parametreler	Büyükölç	Büyükölç	Büyükölç
Verim (%)	93,4	93	95,2
Güç Yoğunluğu (W/kg)	0,7	0,7	1,2
Moment Dalgalanması (%)	7,3	24,0	10,0
Aşırı yükleme kapasitesi (%)	243	186	212
Boyut (l/kW)	1,8	2,6	2,3
Max Hız (dev/dk)	12700	12400	9400

2. Anahtarlama relüktans motor, orta/düşük verim, orta güvenilirlik, orta güç yoğunluğu, yüksek dalgalanma momenti, orta/düşük aşırı yükleme kapasitesi, orta fiyat ve yüksek max. hızla sahiptir. Anahtarlama relüktans motor konverterleri orta verim, düşük kontrol karmaşıklığı, orta güç yoğunluğu ve düşük/orta fiyata sahiptir.

3. Sabit mıknatıslı fırçasız dc motor, yüksek verim, düşük güvenilirlik, yüksek güç yoğunluğu, küçük boyut ve düşük max. hızla sahiptir. Sabit mıknatıslı fırçasız dc motor konverterleri, yüksek verim, yüksek/orta kontrol karmaşıklığı, yüksek güç yoğunluğu ve orta/düşük fiyata sahiptir.

4. Sabit mıknatıslı fırçasız dc motor, anahtarlama relüktans motor ve asenkron motor konverterleri için boyutlar aynıdır. Burada kullanılan konverterler için en uygun güç yarıiletken elemanı IGBT'dir.

Seçilen elektrikli taşıt tahrik sistemlerinde dikkate alınan kriterler şöyledir: fiyat, verim, güvenilirlik/bakım, yüksek hızda çalışma/geniş hız menzili, boyut/ses, dalgalanma momenti/akustik ses ve geri besleme sensörü.

Motor değerlendirme parametrelerine verim, güç yoğunluğu, dalgalılık momenti, aşırı yükleme kapasitesi, boyut, fiyat ve max. motor hızı dahildir. Konverter değerlendirme parametrelerine verim, güç yoğunluğu, boyut, ve konverter fiyatı dahildir. Tablo 5 ve tablo 6'da, asenkron motor, anahtarlama relüktans motor ve sabit mıknatıslı fırçasız dc motor tipleri ve konverterleri için buradaki büyüklüklerin karşılaştırmaları verilmektedir.

Tablo 6. Asenkron motorların , anahtarlama relüktans motorların ve sabit mıknatıslı fırçasız dc motorların konverterlerinin karşılaştırılması

Konverterler	Asenkron Motor	Anahtarlama Relüktans Motor	Sabit Mıknatıslı Fırçasız dc Motor
Parametreler	Büyükük	Büyükük	Büyükük
Verim (%)	95,0	96,1	95,9
Güç Yoğunluğu (kW/kg)	1,8	1,3	1,7
Boyut (l/kW)	1,6	1,0	0,9

4. SONUÇLAR

Çevre sorunları ve petrolün azalması elektrikli taşıtların önemini belirtmektedir. Çeşitli tahrik sistemleri karşılaştırıldığında, elektrikli taşıt tahriği için alternatif akım tahriği daha ekonomik, güvenilir ve verimlidir. Hem indüksiyon motor tahriği hem de fırçasız dc motor tahriği elektrikli taşıtlara uygulanmaktadır. Anahtarlama relüktans motor tahriği elektrikli taşıtlar için alternatif olarak önerilmektedir.

Elektrikli taşıt uygulamaları için, anahtarlama relüktans motor, sabit mıknatıslı fırçasız dc motor ve asenkron motorun uygunluğunu değerlendirmek ve elektrikli taşıtlar için tahrik sistemlerinin seçiminde destek sağlamak amacı ile, varolan elektrikli taşıt ac tahrik uyarmaları karşılaştırdı. Asenkron motor tahriği, elektrikli taşıtlar için düşük fiyatı, yüksek güvenilirliği, yüksek hızı, üretim teknolojisi , düşük dalgalanma momenti, vb. özellikler yüzünden tercih edilirler. Daimi mıknatıslı fırçasız dc motor uyarmaları, düşük ağırlık ve yüksek verim özelliği

dolayısıyla elektrikli taşıt tahriği için alternatif sağlar. Güç elektroniği uygulamalarının yaygınlaşmasına paralel olarak sabit mıknatıslı fırçasız dc motorların kullanımı da artmaktadır.

IGBT'ler ac tahrik konverterleri için en uygun güç yarı iletken elemanlarıdır. Elektrikli taşıt teknolojisinin hedefi olarak, tahrik sistemi verimi bu yönde artırılabilir ve böylece tahrik sisteminde kullanılan elemanların fiyatlarındaki düşüşler gelecekteki uygulama ve gelişme yönünü belirler.

KAYNAKLAR

- [1] Michael J. Riezenman, "Engineering the Electric Vehicle Future". IEEE Spectrum, November 1998, 18-20.
- [2] Werner Harbauer. "Moderne Antriebssysteme für Elektroautos", Siemens Zeitschrift, April 2/93, 38-41.
- [3] T.J. Resh, "Commercial Consequences of Electric Transportation in The 21st Century". The 10th International Electric Vehicle Symposium, 1990, Hong Kong, 989-994.
- [4] G.P. Stokes, J.F. Bretz, "ETX-II Test Vehicle", The 9th International Electric Vehicle Symposium, 1988, Toronto, 70-79.
- [5] W.Kelledeş, "Optimization of an Integrated AC Propulsion System", The 10th International Electric Vehicle Symposium, 1990, Hong Kong, 379-386.
- [6] L.Chang "Comparison of AC Drives for Electric Vehicles-A Report on Experts' Opinion Survey", IEEE AES Systems Magazine, August 1994, 7-11.
- [7] I. Marangiu, A. Perfetto, "Brushless Motors Especially Driven for Optimal Traction Performances", The 10th International Electric Vehicle Symposium, 1990, Hong Kong, 191-199.
- [8] G.Manco, E. Pagano, et al, "Inverter-fed Asynchronous Motors Controlled via PC as Multipurpose Electrical Motors", The 10th International Electric Vehicle Symposium, 1990, Hong Kong, 243-253.