

Rotor Parametrelerinin Cer Motor Performansına Etkisi

Effect of Rotor Parameters to Traction Induction Motor Performance

Seda Kül

Elektrik Elektronik Mühendisliği Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
sedakul@gazi.edu.tr

Özet

Raylı ulaşım ağlarının günden güne artmasıyla birlikte, bu sistemlerde yaygın olarak kullanılan cer motorların tasarımları önem kazanmıştır. Bu çalışmada cer motorların modellenmesi ANSYS firmasına ait RMXPTR programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca modellenen motorun rotor boyutları ve rotor oyuk sayıları değiştirilerek, bu değişkenlerin motor verimine ve başlangıç momentine etkisi incelenmiştir. Rotor parametrelerinin motor performansına etkileri gözlemlenmiştir.

Abstract

Along with the increasing of using rail transportation day by day, design of the traction induction motors which are commonly used in this system become more importance. In this study, the design of the motor have been simulated and analyzed by finite element method using ANSYS RMXPRT. Moreover, it is examined that the effect of the changing rotor dimensions and rotor slot numbers to the motor efficiency and starting torque. Also, the effect of rotor parameters to the motor performance have been observed.

1. Giriş

Son yıllarda enerji kullanımının çok artmasıyla enerji verimliliği de büyük önem kazanmıştır. Bu doğrultuda özellikle sanayi ve ulaşım sektöründe yüksek verimli motorlara olan ihtiyaçta gün geçtikçe daha çok önem kazanmaktadır. Asenkron motorlar kullanım kolaylığı ve düşük maliyetleri ile yıllardır en

çok tercih edilen motor çeşitlerindedir. Verimi senkron motorla karşılaştırıldığında düşük gibi görünse de tasarım kolaylığı ve evirici gibi sürücü devrelerine ihtiyaç duyulmadan doğrudan yol alma kolaylığıyla özellikle endüstri sektöründe kullanılmaya devam etmektedir. Gelişen teknolojiler ve mühendislik alanlarıyla artık motor kayıpları daha çok minimize edilebiliyor olup, bu da motor verimini doğrudan etkilemektedir.

Özellikle son zamanlarda tren, metro, tramvay gibi raylı araçlarda da bir asenkron motor olan cer motorların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri motor hızını etkileyen frekans bileşenidir. Bu motorlarda Hz'lerden kHz'lere kadar farklı frekanslarda çalışmak mümkün olmaktadır. Diğer avantajları ise dinamik hızlanıp yavaşlama, yüksek kalkış momenti, sağlam ve maliyet olarak da ucuz olması şeklinde sıralanabilir [1].

Bu konu üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda genelde harmoniklerin azaltılması [2], elektrikli araçlar için motor tasarımları [3], yapılan tasarımlar üzerinde moment-kayıplar ya da kütle, maliyet, moment [4] gibi çalışmalar yapılmıştır. Bizim çalışmamıza en yakın olan ve aynı motor gücünde yapılan çalışmalar da ise 250 kW cer motor tasarımlarında en uygun tasarım parametreleri elde edilmeye çalışılmış olup farklı uygulamalar kullanılarak analizler yapılmıştır [5] [6]. Bu analizler genelde yüksek verim ve moment elde etmeye yönelik çalışmalardır fakat aynı zamanda tasarlanan motorun maliyeti de optimize edilmesi gereken

değişkenler arasında gösterilebilir. Diğer önemli faktör ise [4] momente etkisi yönünden incelenen ağırlık faktörüdür. Bu tür motorlar özellikle ulaşım sektöründe kullanıldığından, motor hacmi ve ağırlığı dikkat edilmesi gereken diğer bir husustur.

Bu çalışmada bir cer motor tasarımı yapıp, daha sonra değiştirilen parametreler doğrultusunda moment ve verim değişimine bakılarak rotor parametrelerinin optimum tasarımı önemine dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Özellikle başlangıç momentine dikkat edilmelidir ki bu da motorun dinamik hızlanıp yavaşlamasında önemli bir etkidir.

2. Motor Tasarımı

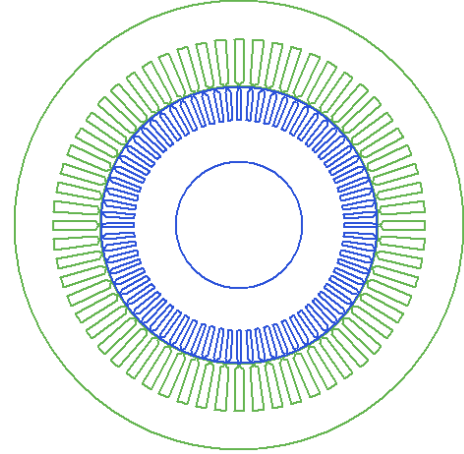
Modelleme işlemi yapılan motorun genel özellikleri Tablo 1’de gösterildiği gibidir. Verilen verim değeri IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) standartlarında IE3 sınıfına ait 4 kutuplu bir motorun verim grafiğinden yararlanılarak yazılmıştır. Şekil 1’de ise rotor oyuk sayısı 72 olduğu durumdaki motor modelini göstermektedir.

Tablo 1. Cer motor özellikleri

Güç (kW)	250
Devir Sayısı (RPM)	2950
Faz	3
Frekans (Hz)	100
Verim (%)	96
Kutup Sayısı	3
Giriş Gerilimi (V)	1350

Rotor oyuk sayısı olarak en yaygın kullanılan konfigürasyonlar kullanılmaya çalışılmıştır.

$$Q_s = qmp \quad (1)$$



Şekil 1. Qr=72 oyuk sayısına ait cer motor modeli

Buradaki değişkenler sırasıyla; faz başına düşen kutup sayısı içindeki stator oyuk sayısını, fazı ve kutup sayısını ifade etmektedir. Bu formülden yola çıkılarak bulunan stator oyuk sayısı sabit tutularak, en sık kullanılan rotor oyuk sayılarının sırasıyla 60/48, 60/72, 60/84 olduğu belirlenmiştir.

3. Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan program sonucunda rotor kutup sayısındaki değişimin verim ve başlangıç momentini doğrudan etkilediği görülmüştür. İlk durumda verim IE3 standartlarında düşünülerek yüksek seçildiğinden verimdeki değişimler çok farklı elde edilmemiştir. Fakat rotor oyuk sayısındaki değişim, (2) nolu denklemde görüldüğü gibi rotor oyuk adımını değiştirdiğinden bu durum rotor üzerindeki akı yoğunluğu, rotor direnç ve empedansını etkileyeceğinden doğrudan momente de etki etmektedir [7].

$$\tau_r = \frac{\pi(D_{in}-2g)}{Q_r} \quad (2)$$

(2) formülüyle doğrudan bağlantılı olan aşağıdaki formül de incelendiğinde:

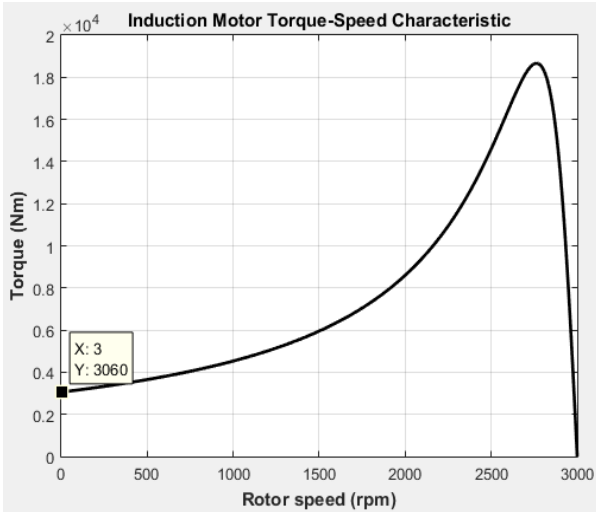
$$b_{tr} = \frac{B_g}{K_{fe}B_{tr}} \tau_r \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemde rotor oyuklarının diş genişliği formülü gör÷lmektedir. (4) nolu denklem ise rotor direnci ile olan bağlantıyı göstermektedir. Buradan da gör÷lmektedir ki rotor oyuk parametreleri doğrudan rotor oyuk sayısı ile bağlantılıdır. Aşağıdaki denklemlerde T_{LR} başlangıç momenti, R_r ise rotor direnci ifadesidir.

$$R_{be} = \rho_{Al} \left[\frac{L}{A_b} K_R \frac{I_{er}}{2A_{er} \sin^2\left(\frac{\pi P_1}{Q_r}\right)} \right] \quad (4)$$

$$T_{LR} = \frac{3R_r I_{LR}^2 P}{w_1} \quad (5)$$

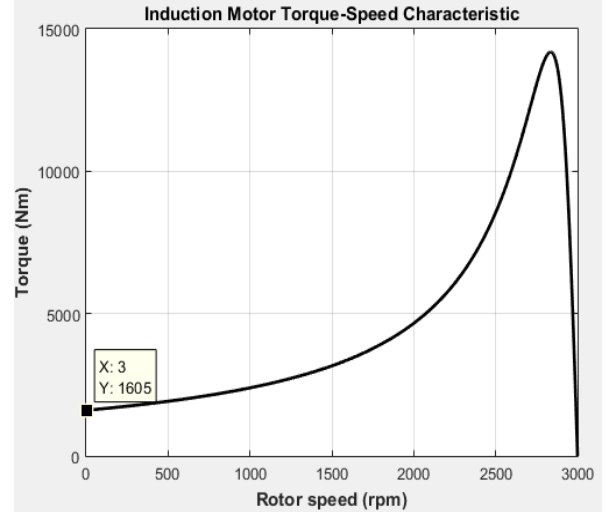
Bu hesaplamalar doğrudusunda yapılan çalışmalardan sonra elde edilen veriler sırasıyla aşağıdaki grafiklerle gösterilmeye çalışılmıştır.



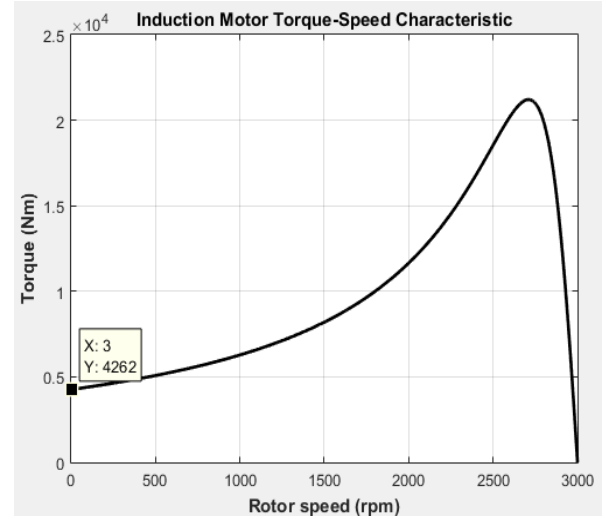
şekil 2. $Q_r=72$ olan cer motora ait olan başlangıç moment değerleri

Tablo 2. Başlangıç moment değerleri

Rotor Oyuk Sayısı (Q_r)	Başlangıç Momenti
48	1603
72	3057
84	4260



şekil 3. $Q_r=48$ olan cer motora ait olan başlangıç moment değerleri



şekil 4. $Q_r=84$ olan cer motora ait olan başlangıç moment değerleri

Momentlerle beraber verimlere de bakılacak olursa, ilk başta %96 olarak seğilen verim değerleri yapılan hesaplamalar da %96,58 ile %96,61 arasında değişim göstermiştir. Bunun nedeni (4) ve (5) form÷ller incelendiğinde rotor oyuk sayısının artması rotor direncinde azalmaya sebep olmaktadır. Bu durumda bakır kayıplarında artışa sebep olur. O nedenle verimdeki az da olsa azalmanın sebebi bu şekilde değerlendirilebilir.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada parametreleri verilen bir cer motorun tasarımı yapılmış olup elde edilen veriler elektromanyetik alan tasarım programına aktarıldıktan sonra asıl parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler belirlendikten sonra her defasında rotor oyuk sayısı değiştirilerek yapılan analizlerde rotor oyuk sayısında ve bunun beraberinde getirdiği diğer değişkenlerdeki değişimler doğrultusunda motor başlangıç performansının ve verimin nasıl etkilendiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında sonuçlar karşılaştırıldığında rotor oyuk sayısının stator oyuk sayısından büyük seçilmesinin, motorun dinamik hareketi açısından olumlu bir etken olduğu görülmektedir. Bu motorların çoğunlukla raylı ulaşım sistemlerde kullanılacağı göz önünde bulundurulduğunda kalkış momenti önemli bir etken olmaktadır. Bunu sağlamanın bir yolunun rotor oluk sayısının büyük seçilmesi olduğu görülmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Karadere M. ve Kantarcı M., "Raylı Sistem Araçları Cer Motorlarının Dizayn Parametrelerinin Belirlenmesi Ve Yerli İmalat İmkanlarının Araştırılması," *Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu*, 2015.
- [2] Kim, B. T., Kwon, B. I., & Park, S. C.. "Reduction of electromagnetic force harmonics in asynchronous traction motor by adapting the rotor slot number", *IEEE Transactions on Magnetism*, 35(5), 3742-3744, 1999.
- [3] Kim, B., Lee, J., Jeong, Y., Kang, B., Kim, K., Kim, Y., & Park, Y., "Development of 50kW Traction Induction Motor for Electric Vehicle (EV)", *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference 2012* pp. 142–147.

- [4] Florentsev, S. N., and D. B. Izosimov. "Features of the design of traction induction motors." *Electric Drives Production Conference (EDPC), 2nd International. IEEE*, 2012.
- [5] J. H. Lee, J. W. Kim, and Y. H. Kim, "Optimum Design Criteria for premium performance of Traction Induction Motor," vol. 1, pp. 2–3.
- [6] Lee, Jung Ho, Byeong Du Lee, and Tae Won Yun. "Optimum design for premium 250 kW efficiency of traction induction motor using response surface methodology & FEM." *Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2010* vol. 25, pp. 5–8.
- [7] Boldea I., Nasar S. A. *Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook*, CRC Press, Florida, 2013.