

Flux® 2D SEA ile Fırçasız Sürekli Mıknatıslı AC Senkron Motor Kayıp Analizi

Ayşe Barış, Murat Önsal, Yücel Demir, Metin Aydın

FIRÇASIZ sürekli mıknatıslı motorlarda (FSMM) kayıplar demir, bakır ve mıknatıslardan kaynaklı manyetik kayıplar ile sürtünme kayıpları gibi mekanik kayıplardan oluşur. FSMM uyartım sargılarının olmaması sayesinde rotor kayıpları düşüktür ve bu yüzden verimleri diğer motor türlerine göre daha yüksektir.

Kayıp Hesaplamaları

Bir elektrik motorunun FLUX® 2D SEA ile demir, bakır ve mıknatıs kayıp analizleri gerçekleştirilebilir. FLUX® 2D SEA 'de demir kayıpları Bertotti ve LS demir kayıpları hesaplama yöntemleriyle hesaplanır. Bertotti demir kayıpları histerisis kayıpları, girdap akım kayıpları ve ilave kayıplar olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Bertotti demir kayıpları aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$dP_{top} = k_h P_h + \frac{\sigma d^2}{12} [B(t)]^2 + k_e [B(t)]^{3/2} \quad (1)$$

k_h = Histerisis kayıp katsayısı [$W/T^2/s/m^3$]

σ = Malzeme iletkenliği [$S \cdot m^{-1}$]

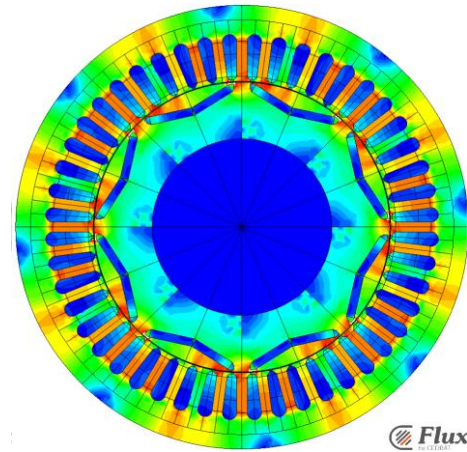
k_e = İlave kayıp katsayısı [$W/(T \cdot s^{-1})^{3/2}/m^3$]

d = Laminasyonların kalınlığı

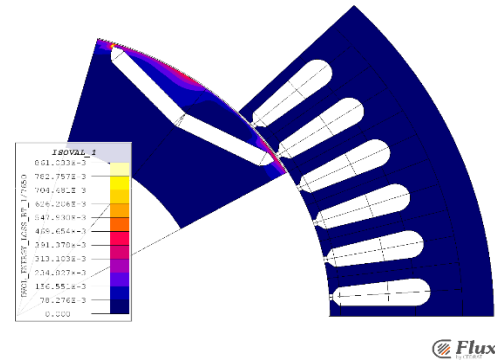
k_f = Paketleme faktörü

FLUX® 2D SEA ile demir kayıpları (1) ile verilen Bertotti denkleminin çözülmesi ile kolaylıkla elde edilebilir. Şekil 1'de kayıp ve verim analizi yapılan sürekli mıknatıslı senkron motorun yapısı ve akı yoğunluğu görülmektedir. Bu motorun, rotor ve stator üzerindeki demir kayıplarının değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Ayrıca FLUX® 2D SEA yazılımı ile 'Loss Surface Model' yani LS olarak bilinen alternatif bir yöntem yardımıyla da demir kaybı hesabı yapılabilir.

Bu yöntemde FLUX® 2D SEA' nin veri tabanında yer alan bazı manyetik sac malzemeleri sayesinde demir kaybı bileşeni hesaplanmaktadır. Motora ait anma değerleri ve tasarım boyutları Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sonlu elemanlar analizi akı yoğunluğu



Şekil 2. Rotor ve stator üzerinde görülen demir kayıpları

Tablo 1. Motor anma değerleri

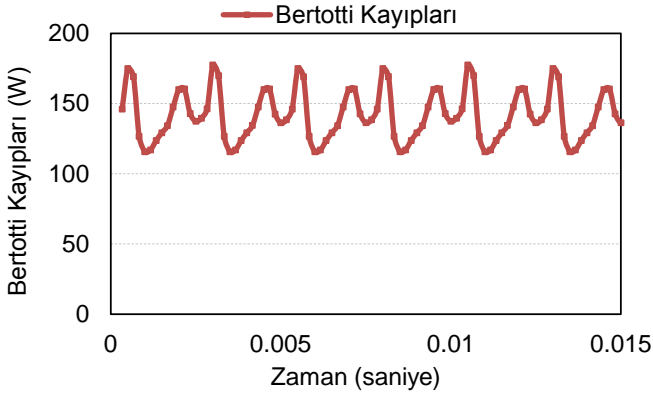
Besleme gerilimi	500V
Anma Momenti	55Nm
Anma Hızı	1000 (dev/dk)
Anma Gücü	55kW

Tablo 2. Motor geometrik tanımlamaları

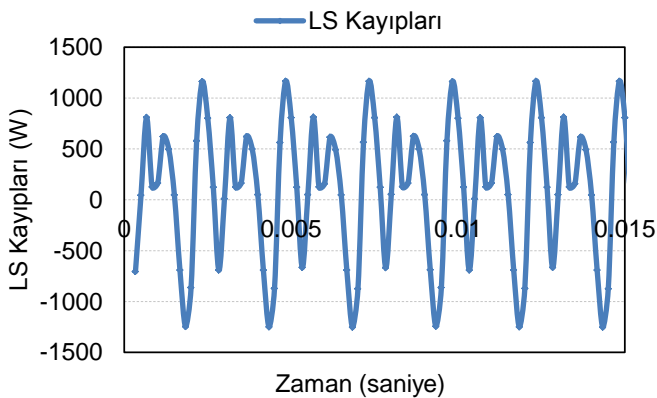
Oluk-Kutup Sayısı	48-8
Paket Boyu	75 mm
Stator Dış Çapı	242 mm
Mıknatıs	NdFeB

Verim Analizi

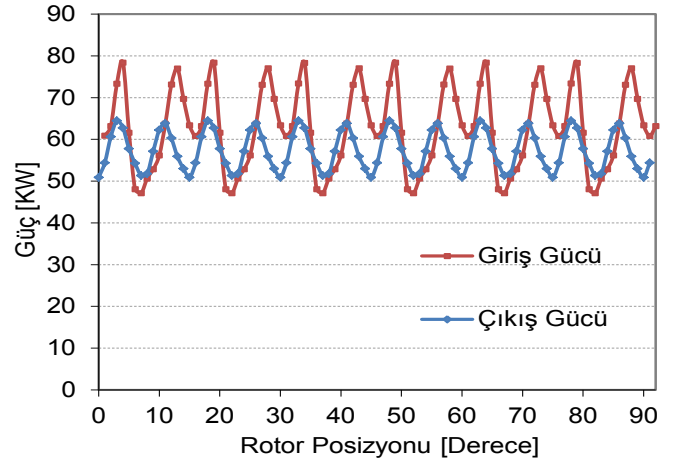
FLUX® 2D SEA yardımıyla modellenen motor sabit bir hızda (1000 dev/dk) döndürülüp tüm güç parametreleri elde edilir. Şekil 3 ve Şekil 4'de demir kayıplarının değişimi, Şekil 5'de ise giriş ve çıkış gücünün rotor pozisyonuna göre değişimi verilmiştir. Ayrıca yine Tablo 3'de motorda oluşan tüm kayıplar, giriş ve çıkış güçleri ve bunlara bağlı olan motor verimi görülmektedir. Motor verimi denklem (2) yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3. Bertotti demir kayıpları değişimi



Şekil 4. LS demir kayıpları değişimi



Şekil 5. Giriş ve çıkış gücü dalga şekli

$$\% \eta = \left[100 * \frac{P_{mek}}{P_{elek}} \right] = \left[100 * \frac{P_{elek} - P_{kayit}}{P_{elek}} \right] \quad (2)$$

Tablo 3. Motor kayıpları ve verimi

Veriler	LS Kayıpları	Bertotti Kayıpları
Mıknatıs Kaybı (W)	21.1	21.1
Bakır Kaybı (W)	5280	5280
Demir Kaybı (W)	105.3	141.7
Toplam Kayıp (W)	5406.4	5442.8
Çıkış Gücü (W)	57200.7	57164.3
Diğer Kayıplar (W)	249.7	249.7
Giriş Gücü (W)	62500	62500
Verim (%)	91.4	91.3

Özet

Bu çalışma ile FLUX® 2D SEA programı ile sürekli mıknatıslı bir AC senkron motorun kayıp ve verim analizinin kolaylıkla ve güvenilir bir şekilde yapılabildiği gösterilmiştir. Motorda oluşan demir kayıpları FLUX® 2D SEA içinde bulunan iki ayrı demir kaybı hesaplama yöntemi ile hesaplanıp ortalama demir kayıpları bulunmuştur. Analiz sonuçları grafiksel olarak incelenmiş ve elde edilen tüm veriler tablo halinde özetlenerek yöntemlerin yakınlığı kanıtlanmıştır.