

PWM UYARIMI ALTINDA NÜVE GEOMETRİSİNİN DEMİR KAYBI ARTIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Nedim TUTKUN¹Turgut SARIKAYA²Mehmet ÇAKIR³^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 67100, Kozlu, Zonguldak

³TEİAŞ, Çatalağzı İletim ve İşletme Bakım Müd., 67160, Çatalağzı-Zonguldak¹e-posta: tutkun@karaelmas.edu.tr

Anahtar sözcükler: Manyetik Kayıp, PWM Uyarımı, Nüve Geometrisi

ÖZET

PWM dalga biçimi son zamanlarda artan bir biçimde elektrik motorlarının devir sayının kontrol edilmesinde ekonomik olmasından dolayı yaygın bir kullanıma sahiptir. Ancak böyle bir uyarımın dalga biçimi süreklilik göstermediğinden ve sinüzoidal değişmediğinden frekansa bağlı manyetik kayıplarda üstel bir biçimde değişen bir artışa yol açmaktadır. Ayrıca manyetik nüve geometrisinin değişmesi ile relüktans değeri değişeceğinden bu durum pozitif veya negatif bir artışa neden olacaktır. Bu bakımdan elektrik çeliklerinde oluşan bu manyetik kayıpların ne oranda meydana geldiğinin bir biçimde elde edilmesi özellikle PWM uyarımı altında çalışacak küçük güçlü elektrik motorlarının tasarımında önemli bir aşamadır. Bu bildiriye, PWM evirici güç kaynakları ile enerjilenmiş farklı geometrideki manyetik nüveleri oluşturan elektrik çeliklerindeki demir kaybı artışı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar frekansa bağlı kayıpların artışının yanı sıra nüve geometrisinin de etkili olduğunu göstermiştir.

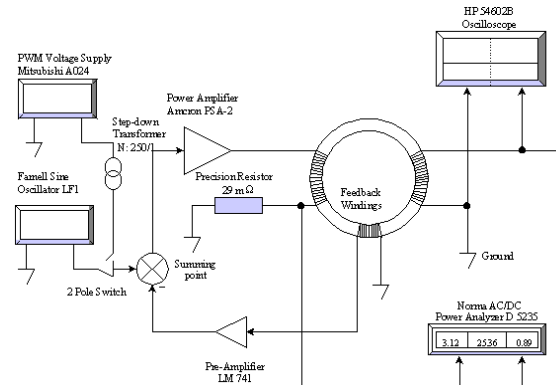
1. GİRİŞ

PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) evirici güç kaynakları son yıllarda elektrik motorlarının tahrik edilmesinde ekonomik ve kolay kontrol edilebilir olmasından dolayı yaygın biçimde kullanılmaktadır. PWM uyarımı farklı frekanslardaki referans ve taşıyıcı dalga biçimlerinin lojik olarak karşılaştırılması suretiyle elde edilen kesikli bir dalga biçimidir. Bu dalga biçimiyle ile enerjilendirilen elektrik motorlarının stator laminasyonunda bozunmuş manyetik akı biçiminden dolayı manyetik kayıplarda fazladan bir artışa yol açar [1]. Bu kayıp artışı doğrudan dalga biçiminin içerdiği harmoniklerin frekansa bağlı kayıplarda meydana getirdiği kayıplar ile ilişkilendirilebilir. Bu artışın daha çok klasik ve aşırı girdap akımları kayıplarında bir artışa yol açtığı daha önceki çalışmalardan bilinmektedir [2]. Bununla birlikte nüve geometrisinin bu kayıplar üzerinde etkili olduğu farklı çaplardaki sargılı strip toroidsel nüveler üzerinde yapılan çalışmalarda görülmüştür [3], [4]. Bu

çalışmada, 0,27 mm kalınlığındaki greyn uyumlu elektrik çeliğinden yapılmış toroid nüve ile Epstein standart test aygıtında aynı çeliğin Epstein stripleri kullanılarak 50Hz frekanstaki değişik akı yoğunluklarında sinüzoidal ve PWM uyarımları altında bazı testler yapılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEM VE ANALİZ

Ölçümler 0,27 mm kalınlığındaki elektrik çeliğinden yapılmış 140×113×50 mm³ boyutlarındaki toroidsel nüveler ile aynı çeliğin Epstein striplerinde sinüzoidal ve PWM uyarımları altında yapılmıştır. Bu çeliğin karbonsuzlaştırma ve tavlama prosesinden sonraki nominal kaybı sinüzoidal uyarım altında ve 1.5T, 50Hz değerlerinde 0.89 W/kg olarak verilmiştir. Ölçümler sırasında PWM eviricinin modülasyon indeksi ve anahtarlama frekansı sırasıyla 0.7 ve 1.5kHz değerlerinde sabit tutulmuştur. Manyetik akı yoğunluğu 50Hz'lik frekansta 0.5T ile 1.7T arasında değiştirilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı deney düzeneği Şekil 1'de verilmiştir. Epstein stripleri ile yapılan ölçmeler sırasında ölçme sistemindeki toroid nüve çıkarılarak yerine Epstein test aygıtı konulmuştur.



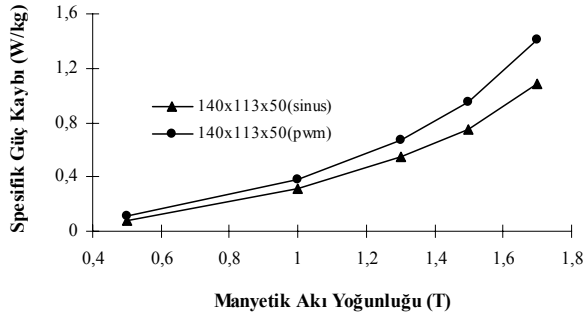
Şekil 1 Ölçme sisteminin şematik diyagramı

Ölçme sisteminde PWM dalga biçimi 400W gücündeki bir evirici güç kaynağı kullanılarak elde edilmiştir. Bu eviricinin çıkışından alınan gerilim 20Hz-50kHz'lik frekans aralığında çalışabilen transformatör yardımıyla düşürülerek yine bu frekans

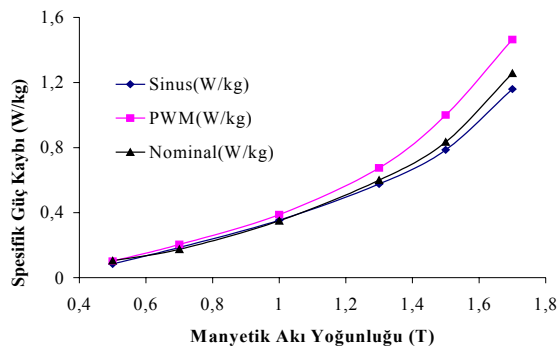
aralığında çalışabilen güç kuvvetlendiricisine verilerek manyetik akı yoğunluğunu istenilen seviyede ayarlanması sağlanmıştır. Sinüzoidal uyarım yapılmak istendiğinde PWM evirici devre dışı bırakılarak devreye fonksiyon generatörü bağlanmıştır. Toroidsel nüve üzerine birincil ve ikincil sargıların dışında ikinci tarafta indüklenen gerilimindeki bozunmayı azaltmak için ek olarak 10 sarımdan oluşan bir geri-besleme sargısı konulmuştur. Bu sargıdan alınan geri-besleme gerilimi bir toplayıcı üzerinden negatif geri-besleme ile güç kuvvetlendiricisinin girişine verilmiştir. Birincil tarafta kullanılan direnç yüksek frekans ve sıcaklık değerlerinde ihmal edilebilecek oranda değişimler göstermiş olup manyetize edici akımın elde edilmesinde kullanılmıştır. Her iki uyarım altında da güç kaybı analog sinyalleri sayısallaştırarak çözümleyen Norma güç-ölçer aygıtı ile ölçülmüş olup her ölçülen değerde $\pm\%0.5$ oranında bir hata oluşmuştur. Ölçüm sisteminde yer alan HP sayısal osiloskobu elde edilen dalga biçimlerinin görüntülenmesinin yanı sıra manyetik akı yoğunluğunun ayarlanması için kullanılmıştır. Bu ayarlama esnasında osiloskobun yüksek çözünürlüğünden dolayı hata yaklaşık olarak $\%0.5$ oranında olmuştur.

3. DENEY SONUÇLAR VE İRDELEME

Her iki manyetik devrede PWM uyarımı altında elde edilen sonuçlar sinüzoidal uyarım altında elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2 ve 3 sırasıyla toroidsel nüvede ve Epstein striplerde elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 2 Toroidsel nüvede güç kaybı karşılaştırması



Şekil 3 Epstein Striplerde güç kaybı karşılaştırması

Güç kaybı artışı toroidsel nüvede gerçek değer bazında 1,5T ve 1,7T değerlerinde Epstein striplere nazaran daha fazladır. Diğer taraftan düşük manyetik akı yoğunluklarında güç kaybı artışı çok fazla değildir. En büyük güç artışı oransal olarak $\%23$ ile yine toroidsel nüvede meydana gelmiştir. Bu artış frekans ve manyetik akı yoğunluğu ile üstel bir biçimde artması ile ilişkilendirilebilir, zira güç ayırımı modeline göre bu ifade doğru kabul edilebilir. Yine bu sonuçlar manyetik nüve geometrisinin kayıplar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

PWM evirici güç kaynakları ile enerjilendirilen manyetik devrelerde her zaman bir güç kaybı artışı meydana gelir. Bu kaçınılmaz bir durum olup kapalı manyetik nüvelerde $\%50$ oranında sıcaklık artışına yol açabilir ve bu da yalıtım açısından sakıncalı bir durum oluşturur. Ayrıca manyetik geometri bu kayıp artışları üzerinde oldukça etkili olup bu durum relüktans değerinin değişme ile ilişkilendirilebilir.

Daha ayrıntılı sonuçlar tam makalede verilecektir.

5. KAYNAKLAR

- [1] S Takada et al, "Magnetic losses of electrical Iron sheet in squirrel-cage induction motor driven by PWM inverter", IEEE Trans. on Mag., Vol. 33, No.5, pp.3768 Sept. 1997.
- [2] . Namikawa et al, "Magnetic properties of 6.5% silicon steel sheets under PWM voltage excitation", IEEE Trans. on Mag., vol. 26, No. 5, pp. 2904-910, 1990.
- [3] W. Grimmond, A. J. Moses and P. C. Y Ling, "Geometrical factors affecting magnetic properties of wound toroidal cores", IEEE Trans. on Mag., vol. 25, No. 3 May. 1989.
- [4] F. Fiorillo and A. Novikov, An improved approach to power losses in magnetic laminations under non-sinusoidal induction waveform, IEEE Trans. on Mag., vol. 26, No. 5, pp. 2904-910, 1990.