

ŞEBEKEDEN BESLENEN ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTOR SARGI YAPISININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİLERİ

İsmail COŞKUN ve Yılmaz KORKMAZ

Elektrik Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi 06200 Ankara
icoskun@gazi.edu.tr, ykorkmaz@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 31.01.2007; Kabul/Accepted: 26.10.2007)

ÖZET

Asenkron motorlar, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren önemli makinelerden birisidir. Bunlar yük ve gerilim değişimlerine karşı dayanıklı ve verimleri, benzerlerine göre yüksek makinelerdir. Bu motorların önemli kısımlarından birisi stator sargılarıdır. Stator sargıları; sargı çeşidi ve yapıları ile motor performansını etkilediği gibi işçilik de sargı çeşidine göre değişmektedir.

Bu çalışmada, 36 oluklu, 4 kutuplu, 1,1 kW'lık NM 90S-4 tipi iki adet motordan birisinin statoru tek tabakalı, diğerinin statoru ise iki tabakalı olarak sarılmıştır. Bu motorlar normal şebekeden beslenerek kademeli yük deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler süresince gerekli değerler PZ4000 güç analizörü ile ölçülmüş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Sonuç olarak; yarım kalıp sargılı motorun veriminin yüksek olduğu ancak, harmonikler ve güç katsayısı bakımından da tam kalıp sargılı motorun daha iyi olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron motor sargıları, stator sargıları, asenkron motorların performansı, asenkron motorların test edilmesi.

EFFECTS OF THE STRUCTURE OF ASYNCHRONOUS MOTOR WINDING ON THE PERFORMANCE OF 3 PHASE MOTOR FED BY PUBLIC SUPPLY

ABSTRACT

Asynchronous motors are the machines which are preferred mostly when the electrical energy is converted to the mechanical energy. Efficiency during the energy conversions is of the uttermost importance for preferences. In addition, the motors are expected to be cheaper and give long life service under working conditions. Some of the factors affecting the conditions are the stator windings. Stator windings of the motors, while differs from the point of laboring, they are important parts effecting their performances.

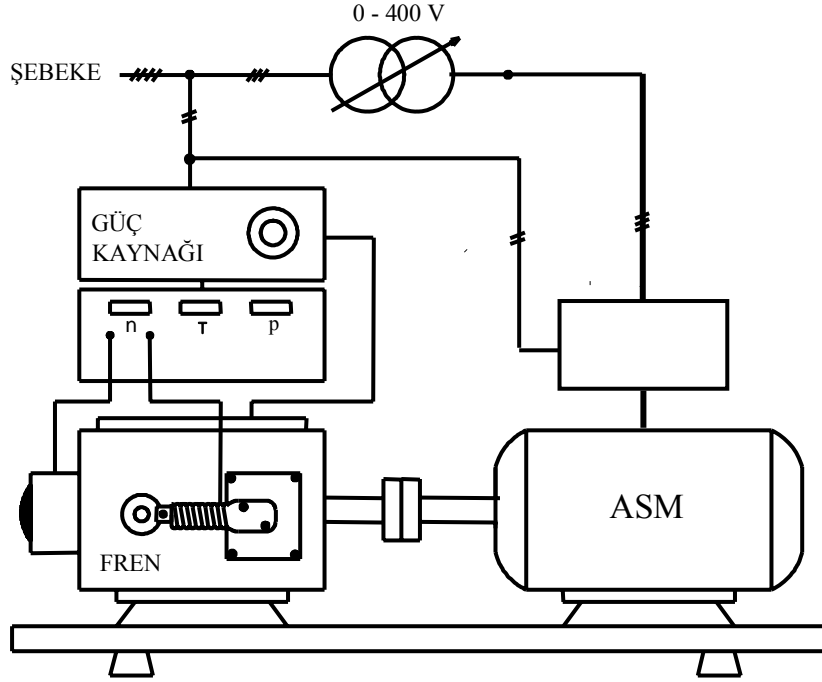
In this study, a 36 slots, 4 poles, 1.1 kW 90 S-4 type asynchronous motor with single and double layer windings are tested and the types of the windings on the performance of the motor are examined by comparing the results obtained. The motors are fed by 380 V, 50 Hz grid supply.

Keywords: Asynchronous motor windings, stator windings, performance of asynchronous motora, examined of asynchronous motor.

1.GİRİŞ (INDRODUCTION)

Asenkron motorlar (ASM); yapılarının basit ve sağlam, tam yükteki verimlerinin yüksek olması sebebiyle endüstride çok sık kullanılmaktadır. Bu motorların sargı yapıları, stator oluklarındaki bobin kenarı sayısına göre eğer, bir oluk içerisinde bir bobin

kenarı varsa tek tabaka(yarım kalıp), iki bobin kenarı varsa iki tabaka(tam kalıp) olarak adlandırılır. Üç fazlı ASM'lerin çalışma performanslarını etkileyen iki temel kısım bulunmaktadır. Bunlardan ilki stator ve rotor saçlarının oluşturduğu manyetik devre ve ikincisi ise stator ve rotor sargılarının oluşturduğu elektrik devresidir.



Şekil 1. Deney sisteminin blok diyagramı (Diagram of the experimental system)

Deney motorlarının elektrik devrelerinde kullanılan sargıların sarım sayıları ve fiziksel özellikleri birbirine eşittir. Yüksek verimliliğe sahip bir motor tasarımı için; güç katsayısı, başlangıç akımı ve momenti gibi konularda her iki devre üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır [1-8]. Stator sargılarının parametreleri, motorların çıkış güçlerini, verimlerini ve güç katsayılarını etkilemektedir. Motor performansını etkileyen parametreler, ampermetre, voltmetre ve kosinüsfitre ya da vatmetre gibi ölçü aletleri kullanılarak klasik yöntemlerle ölçülmektedir. Bu çalışmada; motor performansına etki eden ve farklı yapıdaki sarımlara bağlı olarak değişen önemli parametrelerin tamamı farklı bir yöntem ve ölçme standartlarına uygun olarak, bu amaç için geliştirilen PZ4000 cihazıyla ölçülmüş ve performansları karşılaştırılmıştır [9,10].

Diğer taraftan, stator sargıları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bir kutup altındaki bobin grupları arasındaki elektrikli açıyı küçültmek suretiyle standart motora göre, boyutların %15 düşürüldüğü ve verimin de % 3 arttığı rapor edilmiştir [1].

2. STATOR SARGILARI (STATOR WINDINGS)

ASM’larda döner manyetik alanın meydana gelmesini sağlayan stator sargıları motorun çalışma özelliklerini

belirleyen en önemli kısımlardan birisidir. Stator sargıları, genel olarak tek tabakalı ve iki tabaklı olmak üzere iki farklı şekilde yapılırlar. Bu sargılar, her iki şekilde de aralarında 120 elektrik derecesi faz farkı bulunan üç bobin grubu altında toplanırlar. Sinüsoidal şebeke geriliminin uygulandığı bu bobin gruplarının her biri bir faza aittir. Motorların gücüne göre bu

bobin grupları kendi aralarında yıldız veya üçgen bağlanırlar.

Sincap kafesli ASM’ların rotorlarında bulunan ve iki tarafından kısa devre edilmiş olan çubuklar rotor sargılarını oluşturmaktadır. Stator ve rotor sargılarının birlikte oluşturdukları yüksek harmonikler, gürültüye sebep oldukları gibi, statorla rotor arasında belli bir hızla dönen ve rotorun titremesine sebep olan radyal kuvvetlerin oluşmasına yol açarlar [11].

2.1. Tek Tabakalı Sargılar (Single Layer Windings)

Statorun her oluğunda bir bobin kenarı bulunan sarıma tek tabakalı (tek katlı) sarım denir. Tek tabakalı sargıların işçiliğinin basit ve kolay olmasının yanında, bazı harmoniklerin azaltılması amacı ile istenilen şartlarda adım kısaltmaya uygun değildir. Bu sargının iki farklı uygulaması yapılmaktadır.

a. El Tipi Sargılar (Hand Type Windings)

El tipi sargı sarıldığında stator başlarında katlar oluşur. Genel olarak el tipi sargılar, iki ve üç katlı olarak yapılırlar. Üç katlı sarım uygulanan motorlarda, sargılardaki düzgün dağılım nedeniyle bobin başlarındaki açıklığın fazla olması sonucu soğumanın kolaylaştığı ve kaçak akıların da azaltılabildiği ifade edilmektedir [11,12].

b. Yarım Kalıp Sargılar (Half Mold Windings)

Bu tip sargıların uygulandığı motorların stator başlarında sargı katları meydana gelmez. Bobin kenarlarının kutup altındaki durumlarına göre toplu ve dağıtılmış yarım kalıp sargılar gibi çeşitleri vardır. Bu

Çizelge1. Şebekeden beslenen deney motorlarının boş çalışma değerleri (Network fed the experimental motors of no load study values)

Boş çalışma değerleri	$U_o (V)$	$I_o (A)$	$P_o (W)$	$\cos \varphi_o$	$\varphi_o (^\circ)$	$N_o (d/d)$
Yarım kalıp sarım	380	1,53	123	0,122	82,99	1498
Tam kalıp sarım	380	1,53	125	0,125	82,81	1498

Çizelge 2. Motorların boş çalışmadaki kayıpları (Motors Losses of in no load study)

Kayıplar	$P_o (W)$	$P_{s,r} (W)$	$P_{Cu} (W)$	$P_{Fe} (W)$
Yarım kalıp sarım	123	44	53,37	25,63
Tam kalıp sarım	125	44	55,26	25,74

tip sargılar, ya eşit adımlı kalıp sargı ya da değişik adımlı kalıp sargı olarak sarılmaktadır.

2.2. İki Tabakalı Sargılar(Double Layer Windings)

Bunlar statorun her oluşunda iki bobin kenarı bulunan sargılar olup tam kalıp sargılar olarak da anılırlar. Oluk ağızları yeterince açık olan büyük güçlü ve yüksek gerilimli ASM'larda daha çok kullanılır. Bu tip sargılarda yüksek dereceli sargı harmoniklerini azaltmak için geniş sınırlarda adım kısaltması yapılabilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR(EXPERIMENTAL WORKS)

Çalışmanın bu kısmında farklı sargılı iki motorun performansları ile ilgili bazı temel deneyler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.1. Deney Sisteminin Açıklanması (Explain of the Experimental System)

Bu çalışmada; TSE'de NM 90S-4 standart numarası ile ifade edilen ve statorları boş olan iki adet ASM'un statorlarına yarım kalıp ve tam kalıp, normal adımlı, oluklarına eşit sarımlı sargılar sarılmıştır. Bu motorların boş, kısa devre ve yük deneyleri; gerilimi 380V ve frekansı 50 Hz olan normal şebekeden beslenerek yapılmıştır. Motorların yüklenmesi için DELARANZO firması tarafından üretilen DL 1019 elektromanyetik fren sistemi ve beraberindeki ölçü seti kullanılmıştır. Akım şiddeti, gerilim, güç ve güç katsayısı ölçümleri, PZ4000 güç analizörü ile yapılmıştır. Deney düzeneğinin blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

3.2. Boş Çalışma Deneyleri ve Demir Kayıpları(No Load Study Experiments and Losses of Iron)

Motorların demir kayıplarını tespit etmek için boş çalışma deneyleri yapılarak sonuçlar Çizelge1'de verilmiştir.

Çizelge1'de görüldüğü gibi boş çalışmada, motorların şebekeden çektikleri güçler ve güç katsayıları birbirinden farklıdır. Boş çalışmadaki bu farklılıklar; yarım kalıp sarımlarda stator oluşunda bir bobin kenarı varken tam kalıp sarımda bir oluk da iki bobin kenarı bulunmaktadır. Bu durumda yarım kalıp sargının ortalama sargı uzunluğu arttığı için sargı direnci artarken, demir kayıpları azalmaktadır. Sargı yapısı stator kaçak akılarının sarım şekline göre değişmesine sebep olmaktadır. Buradan motorların reaktif güçlerinin ve güç katsayılarının sarım şekline göre değiştiği söylenebilir.

3.2.1. Boş Çalışmada Kayıpların Analizi (In Lost Study of Analyse the No Load Study)

Deneyde kullanılan ASM'lara devir sayısı ve güç bakımından uygun bir doğru akım motoru akuple edilerek, motorlara normal çalışma gerilimleri uygulanmıştır. Doğru akım motoru ile deney motorlarının senkron devirde dönmeleri sağlanmıştır. Böylece motorların sürtünme ve rüzgâr kayıpları doğru akım motoru tarafından karşılanmış, motorların mıknatıslanmaya (net demir kayıplarına) harcadıkları güçler belirlenmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi, aynı fiziksel yapıdaki motorların sürtünme ve rüzgâr kayıplarının eşit olmasına karşılık demir kayıpları ve bakır kayıpları arasında küçük değerlerde de olsa fark vardır.

Bunun nedenleri; sargı çeşidine göre değişen sargı direnci ve sargıların soğuma şartları, kaçak akılar ve karşılıklı indüklemelerin sebep olduğu endüktansların değişmesindedir. Diğer taraftan bazı kaynaklarda sargı başlarındaki açıklıkların soğumayı kolaylaştırdığı, harmonikleri azalttığı ve sarım çeşidine bağlı olarak motor değerlerinde farklılıklar olduğu açıklanmaktadır[9-12,13].

Boş çalışmada, ASM kayması çok küçük olacağından rotor tarafına ait demir ve bakır kayıpları ihmal edilmiştir. Motorun boş çalışma süresince çekeceği güç, stator demir kayıpları, sürtünme ve rüzgâr kayıpları ile stator sargılarında ısı şeklinde harcanan

Çizelge 3. Deney motorların kısa devre deneyinde ölçülen değerleri (Experimental motors of at in the short circuit experiment measurement values)

Büyüklikler	U _k (V)	I _k (A)	P _k (W)	Cos φ _k	Φ _k (°)
Yarım kalıp sarım	92	2,5	285	0,709	44,84
Tam kalıp sarım	88,5	2,5	266	0,693	46,13

bakır kayıplarını karşılamaktadır. Boş çalışma şartlarında; yarım kalıp sargılı motor, tam kalıp sargılı motora göre daha iyi performansa sahiptir.

3.3. Kısa Devre Deneyi ve Bakır Kayıpları (Short Circuit Experiment And Lost of Copper)

Deney motorlarının bakır kayıplarını tespit etmek için; motorların milleri sabitlenerek, statorlarından normal yük akımlarının geçmesini sağlayan şebeke gerilimi bir varyak üzerinden uygulanmıştır. Kısa devre deneyinde motora uygulanan gerilimin motor normal geriliminden çok küçük olması sebebiyle demir kayıpları ihmal edilebilecek kadar küçük olur. Deneyde kullanılan motorlarının rotor yapıları aynı olduğundan rotorda oluşacak bakır kayıplarının eşit olduğu kabul edilmiştir. Böylece deney süresince ölçülen güç kayıpları stator ve rotor sargılarında harcanan bakır kayıpları olarak kabul edilir. Kısa devre deneyleri yapılan motorların aynı akımdaki kısa devre gerilimlerinin eşit olmadığı görülmüştür. Çizelge 3’de görüldüğü gibi yarım kalıp sargı uygulanan motorun kısa devre gerilimi, tam kalıp sargılı motordan daha yüksektir. Dolayısı ile bu motorun bakır kayıpları da büyük olmuştur. Kısa devre deney sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Bakır kayıpları arasındaki farklılıkların; sargı çeşidine göre değişen harmonikler ve soğuma şartlarına göre değişen sargı direncinin değişiminden kaynaklandığı söylenebilir. Motorlarının kısa devre deneyindeki güç katsayıları da eşit değildir. Buradan motorların reaktif güç etkilerinin farklı olduğu anlaşılmaktadır.

4. MOTORLARININ YÜKLÜ ÇALIŞMA DENEYLERİ (THE MOTORS IN LOAD STUDY EXPERIMENTS)

Motorların yarı ve tam yüklerindeki çalışma şartlarındaki performanslarını karşılaştırmak için aşağıdaki testler yapılmıştır.

4.1. Motorların Yük Akımları ve Giriş Güçlerinin İncelenmesi (Load Currents of Motors and Entry of the Powers Examination)

Çalışmanın bu kısmında motorların sargı yapısına göre; motorların yüklerine bağlı olarak şebekeden çektikleri akımları ve güçleri ölçülmüştür. Çizelge 4’de görüldüğü gibi boş, yarı yük ve tam yükteki giriş akımları ve güçleri irdelendiğinde, yarım kalıp sargılı motorun tam kalıp sargılı motora göre daha düşük giriş gücüne karşın daha büyük çıkış gücü ürettiği görülmüştür.

ASM’larda maksimum momentin; uygulanan gerilime ve kaçak reaktansa bağlı olduğu bilinmektedir. Kaçak reaktans küçültülürse maksimum moment büyür. Bu motorların kalkış momentlerini, stator ve rotor reaktanslarının belirlediği, momentin kaçak reaktansların azaltılıp, rotor sargı direncinin uygun seçilmesi ile ayarlanabildiği bilinmektedir. Sargı çeşidinin ve diğer tasarım kriterlerinin düzenlenmesi ile harmoniklerin olumsuz etkilerinin azaltılması, çekilen akımın küçültülmesi ve kalkış momentinin de yükseltilmesi mümkün olmaktadır [9,13,14].

Deney motorlarının normal yüklerinde, devir sayıları eşit, ancak akımları farklı olmuştur. Çünkü; sargıların oluk dışında kalan kısımlarındaki yayılma, kaçak akıyı ve harmoniklerini artırdığı gibi faydalı akımın da azalmasına yol açabilmektedir. Çizelge 4’de verildiği gibi yarım kalıp sargılı motor; tam kalıp sargılı motorla aynı sarım sayılarına sahip olduğu halde akımın değişmesi sonucu daha az giriş gücü ile aynı momentü üretebilmiştir. Buradan stator sargılarındaki farklılıkların motor performansını etkilediği sonucuna varmak mümkündür.

4.2. Deney Motorlarının Değişik Yüklerdeki Güç Katsayıları ve Verimleri(The Experimental Motors in Difference Loads of Power Factors and Efficiencies)

Deney motorlarının anma geriliminde, boş, yarı ve tam yüklerinde ölçülen güç katsayıları Çizelge 5’de

Çizelge 4. Deney motorlarının yük durumuna göre akımları ve güçleri (The experimental motors in the load condition of currents and powers)

Yük durumu.(Nm)	GÜÇ KATSAYILARI		VERİMLERİ	
	Yarım kalıp sargılı motor	Tam kalıp sargılı motor	Yarım kalıp sargılı motor	Tam kalıp sargılı motor
Boş çalışma	0,122	0,125	-	-
Yarı yük	0,607	0,666	75,77	65,11
Tam yük	0,8	0,810	75,52	74,17

Çizelge 5. Deneysel motorların değişik yüklerdeki güç katsayıları ve verimleri (The experimental motors in difference loads of power factors and efficiencies)

Yük Durumu	AKIMLAR (Amper)		GİRİŞ GÜÇLERİ (Vat)	
	Yarım kalıp sargılı Motor	Tam kalıp sargılı motor	Yarım kalıp sargılı motor	Tam kalıp sargılı motor
Boş çalışma	1,53	1,53	123	125
Yarı yük	1,846	1,962	739	860
Tam yük	2,7	2,75	1430	1456

verilmiştir. Sabit gerilim altında şebekeden yapılan besleme sonucu elde edilen bu değerler motor performanslarının irdelenmesinde yardımcı olacaktır. Çünkü güç katsayısı, ASM'ların değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Güç katsayısı, motorun çektiği görünür gücün hangi oranda aktif güç olarak enerji dönüşümüne katıldığını ifade eder. Bu katsayının daima yüksek olması istenir.

Çizelge 5'e göre tam kalıp sargılı motorun güç katsayısı, yarım kalıp sargılı motora göre daha yüksektir. Çünkü tam kalıp sargılı motorda; statorun bir oluğunda iki bobin kenarı bulunurken yarım kalıp sargılı motorun bir oluğunda bir bobin kenarı bulunmaktadır. Ayrıca tam kalıp sargılı motorlarda, sargıların oluk dışında kalan kısımlarında ki dağılım simetrik olup bobin genişlikleri de yaklaşık olarak eşittir. Dolayısı ile kaçak akıların az olması, endüktif reaktans etkisinin ve harmoniklerinde düşük olması sebebi ile güç katsayısı yarım kalıp sarımdan daha iyi olmuştur. Yarım kalıp sargılı motorda giriş gücünün düşük olması nedeniyle verimin tam kalıp sarımlı motora göre %1,35 daha fazla olduğu görülmüştür.

4.3. Motorların Kaymalarının İncelenmesi (Examination Slips of Motors)

Asenkron motorun rotoruna aktarılan güç ve döndürme momenti; hava aralığındaki döner alan akısı tarafından sağlanmakta ve kaymanın fonksiyonu olarak değişmektedir. ASM'larda kayıplar ve verim kayma ya bağlı olarak değiştiği için kaymanın küçük olması istenen bir durumdur. Ticari motorların tip ve büyüklüklerine göre kaymanın %1 - %10 arasında değiştiği bilinmektedir. Diğer taraftan motorların yüklerine bağlı olarak değişen kayma, yüksek harmoniklerin oluşumunda da etkili olmaktadır[10-14]. Deneysel motorların yarı ve tam yükteki kaymaları sırasıyla %4,6, %8,66 olarak ölçülmüştür.

5. HARMONİKLER (THE HARMONICS)

Harmonikler, motorların aşırı ısınmalarına, kayıplarının artmasına ve verimlerinin düşmesine sebep olurlar. Buna bağlı olarak ASM'larda meydana

getirdiği moment dalgalanmalarından dolayı motor ve motora bağlı sistemlerde shaft bozulmaları meydana gelir. Bu sorunun azaltılması amacıyla sarım şekilleri değiştirilerek bir yandan harmoniklerin genlikleri azaltılırken diğer yandan da bobin adının uygun seçilmesi ile oluk harmonikleri azaltılabilmektedir. Bir örnek olarak, faz sargısının adını 1/5 oranında kısaltılacak olursa 5. harmoniğin yok edilebileceği bilinmektedir[10].

Yapılan harmonik ölçmelerinde her iki motorda da 5. ve 7. harmoniğin etkin olduğu; ancak, gerilim ve akımdaki (%) harmonik bozulmaların farklı değerlerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 6'da tam yükteki çalışmada; yarım kalıp sargılı motorda; tam kalıp sargılı motora göre, akımdaki harmonik bozulma, %44, Gerilimdeki harmonik bozulma ise; %17 daha yüksek olmuştur. Bunun sonucu olarak yarım kalıp sargılı ASM'larda harmoniklerden kaynaklanan ısı artışları ve kayıplar ile motor gürültüleri tam kalıp sargılı motora göre daha fazla olacağı söylenebilir.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Boş çalışmada, parametreleri birbirine eşit olduğu kabul edilen ve aynı şebekeden beslenen iki motordan birisinin statoru yarım kalıp sargılı statoru da tam kalıp sargılı sarılmış ve bunların şebekeden çektiği güçleri, kayıpları, verimleri, güç katsayıları ve harmonik etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Sarım şekillerindeki farklılıkların; harmonik etkileri, soğuma şartlarını ve sargı sıcaklığının sargı direncini artırması gibi sebeplerden dolayı bakır kayıpları, sargı çeşidine göre değişmektedir. Ayrıca yarım kalıp sargılı motorlarda harmonikler yüksek olduğu için bakır kayıpları tam kalıp sargılı motordan fazla olmaktadır. Karşılaştırılan bu motorların, kısa devre deneyinde ölçülen güç katsayıları da birbirinden farklı olmuştur. Bunun nedeni, reaktif güç etkisine sebep olan kaçak akıların sargı çeşidine göre değişmesidir. Normal şebekeden beslenerek yüklü çalıştırılan deney motorlarında; giriş gücü, akımı, verimi ve güç

Çizelge 6. Yüklü çalışmada harmonik değerleri (In load study of the harmonic values)

Büyüklik	Yarım kalıp sarım	Tam kalıp sarım
Akım(I _{thd})	% 2,94	% 2,50
Gerilim(U _{thd})	% 2,49	% 2,32

katsayıları sargının çeşidine göre değişmektedir. Yarı ve tam yükte çalışan yarım kalıp sargılı motorun verimi tam kalıp sargılı motora göre daha yüksek iken, tam kalıp sargılı motorun güç katsayısının, yarım kalıp sargılı motora göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Deneye tabi tutulan motorlarda; 5. ve 7. harmoniklerin daha etkili olduğu tespit edilmiş olup, sargı şekillerine göre. Harmonik bozulmalardaki (%) oranlarının sargı çeşidine bağlı olarak farklı olduğu görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada; yarım kalıp sargılı motorların verimlerinin daha yüksek olduğu, ancak harmonikler ve güç katsayısı bakımından, tam kalıp sargılı motorların daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Yazarlar, bu çalışmayı 07/2004-01 kodlu bilimsel araştırma projeleri kapsamında destekleyen Gazi Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Chen, J.Y., Chen, C.Z., "Investigation of a New AC Electrical Machine Winding", **IEEE Proc. Elect.Power Appl.**, 145 (2): 125-132 (1998).
2. Faiz, J., Sharifian, MBB., "Optimal Dessign of Three Phase Induction Motors and Their Comparsion with a Typical Industrial Motor", **Elsevier, Computers and Electrical Engineering**, 27: 133-144 (2001).
3. Appelbaum J,Khan IA, Fuchs EF "Optimization of Three-Phase İnduction Motor Design", **IEEE Trans.** 1987;EC 2(3):415-437
4. Faiz J., Sharifian, MBB."Comparison Of Two Optimization Tecniques Fort He Design of a Three Phase İnduction Motor Using Three Different Objective Function.", *Europen Trans.on, Electrical Power Engineering (ETEP)*, 1995:5(3):199-206
5. Chen, J.Y., Chen, C.Z." The Winding of AC Electric Machine in Electromagneticspace " , **VI. Chine Electr.Equip.** 1981, (3/4), 52-53.
6. Korkmaz, Y., "İnvertörle Beslemenin Değişik Sargılı Asenkron Motorların Performansına Etkileri", Doktora Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, 2005, 24-35
7. Temiz, İ., "Asenkron Motorlarda Değişik Stator Sargı Yapısının Çalışma Büyüklüklerine Etkisi ve optimal Bakımdan Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, **MÜ., Fen Bil. Ens.**, İstanbul., 98-107 (1996).
8. Bernatt, J., Glinka, T.," Six Phase Induction Motor with Nonsymmetric Phase Axes Distribution", Researc and Development of Electrical Machines, **KOMEL**, al.Rozdzienskiego Katowice,Poland 188,40-203 (2000)
9. IEEE , "Standart Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators" , **IEEE Std 112 TM – 2005.**
10. TSE, "Döner Elektrik Makineleri, Bölüm 2: Döner Elektrik Makinesinde Kayıpların ve Verimin Deneyle Belirlenmesi için Metotlar", **TS 3026 EN 600034-2**
11. Boduroğlu, T., "Elektrik Makineleri Dersleri, Cilt II., Kısım 1", **Beta Basım A.Ş.**, İstanbul, 35-20, 70-100 (1988).
12. Boduroğlu, T., "Asenkron Motorların Tasarım ve Konsrüksiyonu Cilt II., Kısım 3", **Beta Basım A.Ş.**, İstanbul, 26-28, 167-224 (1988).
13. Saçkan.,A., "Elektrik makineleri III.", **Devlet kitapları**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 209-212 (1981).
14. Temiz, İ. "Farklı Stator Sargılı Asenkron Motorlarda Boşta Çalışma Kayıplarının Analizi" **EMO, Elektrik Mühendisliği, 5. Ulusal Kongresi**, Trabzon, 1056–1059 (2003).