

Yeni Tek Fazlı İndüksiyon Motor Tasarımı A New Single Phase Induction Motor Design

Ali Kurt¹, Güven Önbilgin², Ünal Kurt³, Okan Ozgonenel²

¹Osmanoğlu Ticaret, Mustafa Kemal Paşa Caddesi, Amasya
alikurt1955@hotmail.com

²Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
gonbilgi@omu.edu.tr, okanoz@omu.edu.tr

³Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü
Amasya Üniversitesi
unalkurt@msn.com

Özet

Bu çalışma, motorun ana sargısını stator oluklarının tamamına dağıtarak yeni bir çalışma karakteristiği kazandırmayı amaçlamaktadır. Bunu sağlamak için statorun boşta kalan 1/3 oranındaki oluklarına da ana sargı ile aynı özellikte sargı sarılmıştır. Motor iki durumlu çalışma yapacak şekilde tasarlanmıştır. Birinci durum çalışmada motorun geleneksel düzende çalışma karakteristikleri korunmuştur. Birinci durumda motor yüksek akım yüksek momentli çalışmaktadır. Bu karakteristiği ile motor kısa süreli yüksek momentli çalışma gerektiren uygulamalar için düşünülmüştür. İkinci durum çalışmada ise, motor düşük akım ve düşük momentli çalışmaktadır. Bu durumda iyi bir güç katsayısı, iyi bir verim elde edilmiştir. Diğer yünden elektrik makinelerinde temel olarak kabul edilen “verim x güç katsayısı” bu durumda yüksek bir değerde çıkmaktadır. İkinci durum çalışma, uzun süreli çalışma gerektiren düşük akımlı düşük momentli uygulamalar için tasarlanmıştır.

Abstract

This study aims to provide a new working characteristic via distributing the motor main windings to stator slots completely. To achieve this 1/3 stator slots being empty are filled with the same kind of winding. The motor is designed for double state running. In the first running state, the traditional motor characteristics are preserved. In this state, motor runs with high current and high torque. For this particular running condition motor is thought to be suitable for applications which require high initial torque with a short period of time. In the second running state motor runs with low current and low torque. This state provides a better power factor and efficiency. Consequently, it yields to a better efficiency x power factor characteristic. Second running state is suitable for application which requires low current with low torque.

1. Giriş

Günümüzde endüstride kullanılan elektrik motorlarının en önemli bölümünü asenkron motorlar oluşturmaktadır. Asenkron motorların yaygın kullanılmalarının nedeni diğer elektrik motorlarına göre basit yapıda olmaları, kullanıma ve bakım kolaylığı, az arıza yapmaları ve benzeri faydalarındandır. Bunlardan bir fazlı asenkron motorlar, endüstrinin vazgeçilmez elamanlarıdır [1]. Bir fazlı motorların çok kullanılan bir başka türü de gölge kutuplu motorlardır. Gölge kutuplu motorlar genellikle 1/2 HP ve daha küçük güçler için kullanılırlar [2]. Bu motorların verimleri düşüktür. Gölge kutuplu motorların çözülmesi üç fazlılara göre daha karmaşıktır. Ancak son zamanlarda gelişen bilgisayar destekli tasarım teknikleri çözüm kolaylıkları sağlamıştır [3]. Bir fazlı yardımcı sargılı asenkron motorlar çok fazlılar da olduğu gibi döner alan ilkesine göre çalışır. Döner alanın meydana gelmesi için aralarında 90° faz farkı bulunan iki faza ya da aralarında 120° faz farkı bulunan üç faza ihtiyaç vardır. Bir fazlı asenkron motorların önemli bir kısmında döner alan için gerekli faz farkı stator sargılarının empedanslarını değiştirerek sağlanmaktadır. Bir fazlı yardımcı sargılı sığaç yol vermeli motorlar bir fazlı asenkron motorların en güçlü olanlarıdır [4]. Sığaç yol almalı motorlardan çift sığaçlı motorlar daha yüksek moment ile kalkış yapabilme özelliğine sahiptirler. Çift sığaçlı motorlar aynı zamanda bir fazlı yardımcı sargılı sığaç yol vermeli motorlarında en güçlü olanlarıdır. Bir fazlı sığaç yol almalı motorlarda sığaç sığasını değiştirerek çok değişken çalışma koşullarına ulaşılabilir [4-7]. 1950 – 60’lı yılların tasarım teknikleri ve malzeme seçimleri halen güncelliğini korumaktadır [8]. Ancak, günümüzde bilgisayar teknolojisi ile birlikte gelişen yazılım teknikleri ve programlar, bütün alanlarda olduğu gibi elektrik makinelerinin tasarımında da yeni bakış açıları sunmaktadır. Malzeme yapım tekniğindeki gelişmeler, sürücü düzeneklerinin değişimi tasarımcıları yeni arayışlara

itmektedir [9]. En yüksek verime sahip bir makine, her zaman en iyi makine anlamına gelmez. Çünkü motorun tasarımında göz önünde tutulması gereken birçok yön vardır. Örneğin üretim kolaylığı, süreklilik, güvenilirlik ekonomiklik vs. Genellikle bütün bu etkenleri basit işlevli bir makineye uygulamanın uygun yolunu bulmak oldukça zahmetlidir [9]. Tasarımcı birçok kıstas ve üretilen çözümler arasındaki en uygun tasarımı, tecrübesini kullanarak seçebilir.

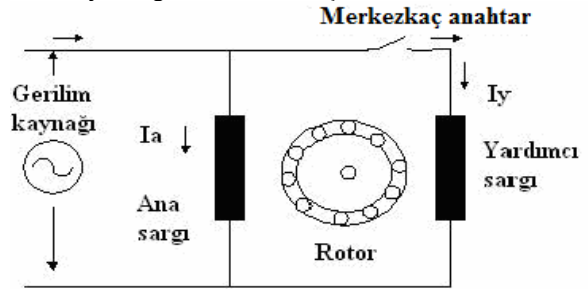
Bu çalışmada, bir fazlı yardımcı sargılı direnç karakteristikli asenkron motorun geleneksel çalışma şartlarını koruyarak, motorun çalışma karakteristiğine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Statorun 2/3'üne sarılan sargı birinci sargı olarak adlandırılmıştır. Motor, yalnız birinci sargı ile çalıştırılmış ve bu durumdaki çalışmaya "birinci durum çalışma" adı verilmiştir. Statorun geriye kalan 1/3 oluğuna sarılan sargıya da ikinci sargı adı verilmiştir. İkinci durumda bir ve ikinci sargı seri bağlanmıştır. Bir ve ikinci sargının seri bağlı olduğu çalışmaya da "ikinci durum çalışma" denilmiştir. Yani her iki durum çalışmada da ikinci sargı, geleneksel motordaki yardımcı sargı görevini yapmakta, ancak "birinci durum" çalışmada motor devrinin yaklaşık %75'de devreden çıkarken "ikinci durum" çalışmada motor yol aldıktan sonra ana sargıya seri bağlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, birinci durum çalışmada bir fazlı direnç karakteristikli motorun geleneksel bütün değerlerini korumak ve ikinci durum çalışmada ise, yeni bir çalışma başarımı sağlamaktır. Önerilen yeni motor tasarımının başarımı hem ticari bir paket program olan ANSOFT ile hem de deneysel çalışmalar ile denenmiştir.

2. Önerilen Sarım Tekniği

Bir fazlı asenkron motorlar içerisinde yardımcı sargılı motorlar, diğerlerine göre yüksek moment, yüksek verim gibi önemli üstünlüklere sahiptirler. Gölge kutuplu ve relüktans motorlar ise, daha basit çalışma özellikleri olmasına rağmen daha düşük moment ve verim gibi sakıncaları bulunmaktadır. Bu motorlarda momenti (özellikle ilk kalkışta yüksek moment sağlamak) arttırmak, yukarıda sayılan alanlardaki kullanılırlıklarını arttırmada en önemli etkenlerden biri olarak görülebilirler. Bu nedenle, daha basit yapı ve kullanıma sahip gölge kutuplu veya relüktans motor yerine kollektörlü motor kullanılması, bu motorların daha yüksek kalkış gücüne sahip olmaları, devir ayarlarının daha geniş sınırlar içerisinde yapılabilmelerinden kaynaklanmaktadır. Gölge kutuplu, relüktans ve yardımcı sargı motorların kullanıma alanlarını çoğaltmada moment artırımı önemli bir etkenidir. Moment artırımı sağlamak içinde stator devresi akımları yükseltmek, rotor devresinin etkin direncini artırılması gibi yöntemler kullanılmaktadır [10]. Küçük ev tipi uygulamalarda rotorun yapısal özelliklerini değiştirmek fiziksel boyutlar ve maliyet açısından cazip görülmediğinden, moment artırımı stator akımının yükseltilmesi ile sağlanabilmektedir. Bu tip uygulamalarda ise, akım yükseltmenin önemli sakıncaları bulunmaktadır. Bunlar, iletken çapının yükselmesi, bakır kayıplarının artması, koruma devre elemanlarının değerlerinin yükselmesi ve dolayısıyla maliyet yükselmesi gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Gölge kutuplu ve relüktans motorlarda, özellikle yardımcı sargılı motorlara göre daha düşük momente sahip olmalarından dolayı stator akımının

düşürülmesi sayılan olumsuzlukları artıran etken olarak görülmektedir. Bir fazlı yardımcı sargılı motorlarda ise stator akımını, stator sargısını bütün yüzeye yayarak düşürmek mümkün olmaktadır. Yine ilk kalkış momentini aynı sargıyı kullanarak sağlamak mümkündür. Stator akımının düşürülmesi, motorun fiziksel boyutlarının küçültülmesi, bu motorların küçük güçlü ev tipi uygulamalardaki kullanılma tercihlerini artıracakı düşünülmektedir.

Sığaç yol vermeli motorlarda sığacın sığasını ayarlayarak veya bağlantı şeklini değiştirmek suretiyle değişik çalışma başarımı geliştirme olanağı mevcuttur ve literatürde birçok çalışma mevcuttur. Ancak bir fazlı yardımcı sargılı direnç yol vermeli motorlarda genelde yol verme şekli tektir. Genel olarak motor devrinin yaklaşık %75'inde yardımcı sargı devreden çıkmaktadır (Şekil 1). Bu motorlarda yardımcı sargı omik direnci yüksek reaktansı düşük değerdedir. Ana sargı sarım sayısına göre az sarımlı düşük kesitlidir.

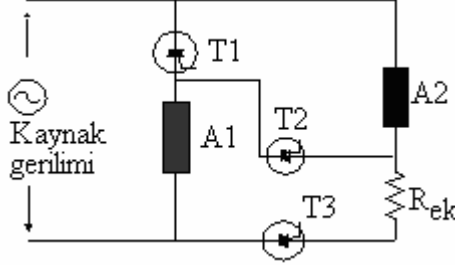


Şekil 1. Bir fazlı yardımcı sargılı direnç yol vermeli motor bağlantısı

Bu özelliklerinden dolayı yardımcı sargı uzun süre devrede kalmaya müsait değildir. Dolayısıyla motor devrini aldıktan sonra yardımcı sargı mutlaka devreden çıkmalıdır. Motor normal çalışmasını yalnız ana sargı akımıyla sürdürmek zorundadır. Diğer bir değişle, normal çalışmada stator oluklarının sadece 2/3'ü kullanılmaktadır. Önerilen yeni tasarım tekniğinde ise, söz konusu bir fazlı yardımcı sargılı omik karakteristikli asenkron motorun normal çalışma şartları korunarak (birinci durum çalışma), ek çalışma durumu kazandırılmak suretiyle motorun çalışma başarımının iyileştirilmesi amaçlanmıştır (ikinci durum çalışma). Buna göre birinci ve ikinci durum çalışma şu şekilde açıklanabilir.

Birinci durum çalışmada, motor ilk kalkış anında birinci ve ikinci sargı paralel bağlıdır. Motor yol almasının normal devrin yaklaşık %75'ni tamamladıktan sonra ikinci sargı devreden çıkmaktadır. Daha sonra normal (kararlı) durumda motor yalnız birinci sargı ile çalışmasını sürdürmektedir. Bu çalışmada motorun başarımı geleneksel motorunki ile aynıdır. İkinci durum çalışmada, ilk kalkış durumunda birinci ve ikinci sargı yine paralel bağlıdır. Motor yol almasını tamamladıktan sonra ikinci sargı birinci sargı ile seri bağlanmaktadır. Yardımcı sargı yerine kullanılan ikinci sargı ilk kalkışta motorun kalkış sağlamasına yardımcı olmaktadır. Motor yol alma işlemini tamamladıktan sonra ise birinci sargı ile ikinci sargı seri bağlı olduğundan statorun bütün oluklarındaki sargılar devrede bulunmaktadır.

İkinci sargının, ikinci durumda sürekli devrede kalabilmesi için sargının iletken kesitinin birinci sargının aynısı olması gerekmektedir. İkinci sargının kesitin artırılması doğal olarak bu sargının omik direncini azaltmaktadır. Bu çalışmada motorun ilk kalkışı süresince birinci sargı ile ikinci sargı akımları arasındaki faz farkı yol verme süresince ikinci sargıya omik bir direnç ilave ederek sağlanmıştır (Şekil 2). Bu ilave direnç her iki çalışma durumunda da motor yol almasını tamamladıktan sonra devreden çıkmaktadır.



Şekil 2. Bir fazlı motor için önerilen yol verme tekniği

2.1. Önerilen Motorun Çalışma İlkesi

Önerilen yeni motor tasarımında stator oluklarının tamamını kararlı çalışma durumunda kullanılmaktadır. Stator oluk sayısının tamamı kullanıldığında, stator sarım sayısı artırılmaktadır. Sarım sayısının artırılması sargının empedansını artırmakta ve dolayısı ile stator akımını azaltmaktadır. Bir fazlı elektrikli ev aletlerinde düşük akım son derece önemlidir. Evlerde kullanılan sigorta akım değerlerinin azaltılması, kullanılan iletken kesitinin düşürülmesi akım azalması ile orantılıdır. Bu nedenle önerilen motor tasarımında dış devre akımının düşürülmesi temel hedefdir. Şekil 2’de temel çalışma ilkesi görülen motor, tek fazlı direnç yol vermeli asenkron motorun bütün özelliklerini taşımakla birlikte ek çalışma niteliği de sunmaktadır.

A₁ sargısı stator oluklarının 2/3’ne sarılan ana sargıyı ifade etmektedir. A₂ sargısı da stator oluklarının 1/3’ne sarılan yardımcı sargıyı ifade etmektedir. Motorun ilk kalkış anında A₂ sargısı ile A₁ sargısı paralel bağlıdır. Motor bu durumda ilk kalkış da geleneksel motorda olduğu yol almaktadır. Ancak motor yol almasını tamamladıktan sonra A₂ sargısı ile A₁ sargısı seri bağlanmaktadır. Artık motor çalışmasını, A₁ ve A₂ seri bağlı sargılar ile sürdürmektedir. Tasarlanan bu çalışma şekli bir fazlı direnç yol vermeli asenkron motora koşut bir çalışma durumu sunmaktadır. İki sargı arasında oluşması gereken açı da, seri sargıya ilave edilen omik direnç ve triak’ın ateşleme açısı ayarlanarak sağlanmaktadır. Tasarımda ticari bir paket program olan ANSOFT yazılımı önerilen tek fazlı motorun bilgisayar destekli çözülmesi için kullanılmıştır.

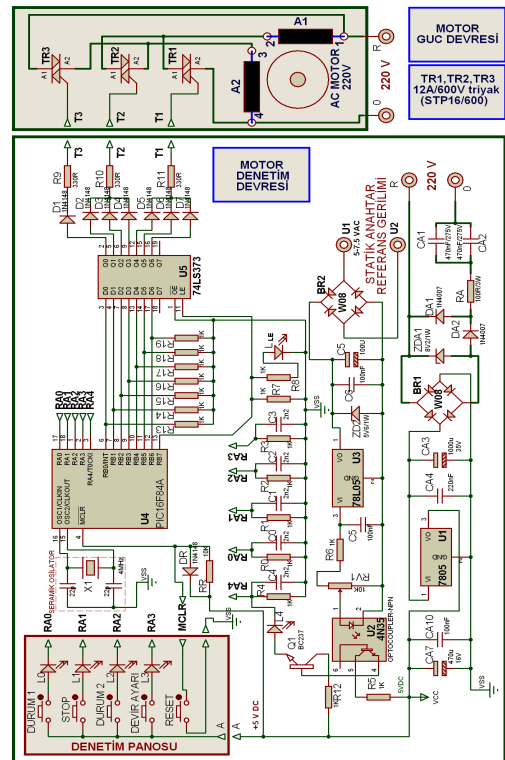
2.2. Denetim Devresi

Motora anma besleme gerilim değeri uygulandığında mikrodenetleyici tabanlı denetim devresi de etken hale gelmektedir. Motor, durum (1) veya (2) anahtarlarından

birisine basıncaya kadar durma konumundadır. İki anahtardan herhangi birisine basıldığında mikrodenetleyici ilk anda T₁ ve T₃ triyaklarının kapı devrelerini tetikleyerek motoru çalıştırır. Bu durumda A₁ ve A₂ sargıları paralel olarak devreye girer. Bu ilk kalkış anı statik anahtardan gelen referans gerilimine kadar devam eder. Referans gerilimi 5-6 volt değerinde denetim devresine uygulanır. Denetim devresi bu gerilimi DC gerilime çevirerek 10K Ω ’luk ayarlı dirence gönderir. Ayarlı direnç ile optik-izolatör elemanının hassasiyeti ayarlanır. Referans gerilimini algılayan mikrodenetleyici durum (1) ve durum (2) anahtarlarının hangisine basılmış ise ona göre çalışma şeklini belirler. Motor yol almasının yaklaşık %75’ni tamamladığında referans gerilimi 5-6V seviyesindedir. Bu anda mikrodenetleyici motorun çalışmasını şu şekilde denetler.

Birinci durum çalışmada, referans gerilimi 5-6V seviyesine ulaştığında Tr₃ kesime gider. Dolayısıyla (A₂) sargısı devreden çıkar. Motor çalışmasını yalnız (A₁) sargısı ile sürdürür.

İkinci durum çalışmada ise bu defa referans gerilimi 5-6 V seviyesine ulaştığında mikrodenetleyici T₁ ve T₃’ü devreden çıkartır T₂’yi iletme geçirir. Bu durumda A₁ ve A₂ sargıları seri bağlıdır. Herhangi bir anda durdurma anahtarına basılarak motorun çalışması sonlandırılır. Şekil 3’de önerilen motorun denetim devresi görülmektedir.

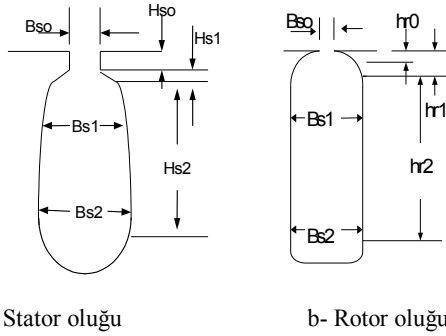


Şekil 3. Önerilen motor için tasarlanan denetim devresi

3. Bilgisayar Benzetimleri

Önerilen motorun bilgisayar benzetimleri için sonlu elemanlar tekniği ilkesine göre çalışan ticari bir paket

program olan ANSOFT yazılımı kullanılmıştır. Bu sayede, indüklenen gerilimler, çekirdek kayıpları, sargıların endüktansları ve elektromagnetik moment tasarım parametrelerinin çok yüksek bir doğrulukla belirlenebilmektedir. Girdi olarak motorun anma değerleri, rotor ve stator oluk şekilleri, kullanılan sacların magnetik indüksiyon değeri (M19 tipi sac kullanılmıştır), rotor ve stator arasındaki hava aralığı, sargıların sarım sayıları ve sarım şekli, rotor soğutma kanatçıkları ve sayısı, ölçütleri tasarımcı tarafından girilmiştir. Tasarımda hem durum (1) hem de durum (2) için ayrı ayrı bilgisayar benzetimleri ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tasarımda kullanılan tek fazlı motorun stator ve rotor oluk şekilleri Şekil 4'de görülmektedir. Çizelge 1'de ise ANSOFT ortamında modelleden motora ait tüm tasarım bilgileri yer almaktadır.



Şekil 4. Tasarımı yapılan motorun stator ve rotor oluk şekilleri

Çizelge 1. Tasarımı gerçekleştirilen motorun ANSOFT model parametreleri

GENEL DEĞERLER			
Makina tipi	1	Güç (kW)	0.3
Gerilim (V)	220	Kutup sayısı	2
Frekans (Hz)	50	Devir sayısı	2910
Sürtünme kayıpları (W)	5	Yükleme tipi	1
Stator boyu (cm)	75	Stator katsayısı	0.95
Sac tipi	M19		
STATOR DEĞERLERİ			
Stator oluk sayısı	24	Dış çap	105
İç çap	55	Oluk tipi	2
hs0	0.75	hs1	0.5
hs2	8	bs0	2.5
bs1	4.5	bs2	6.5
Rs	0.75	Sargı tipi	12
Sargı adımı	9	Oluk iletken sayısı	33
A1 sargısı çapı	0.7	A2 sargısı çapı	0.7
Oluk yalıtımı (mm)	0.25		
ROTOR DEĞERLERİ			
Oluk sayısı	18	Hava aralığı	0.3
Mil çapı (mm)	18	Oluk tipi	4
hr0	0.1	hr0	0.1
hr1	0	hr2	7
br0	2	br1	0
br2	3	Rr	0.75
Soğutma oluk çapı	3	Merkezi çap	25

Soğutma oluğu	8	Eğim açısı	7.17
Halka yüksekliği	15	Halka genişliği	6
Çubuk direnci	0.043		

3.1. Akı Dağılımı, Yoğunluğu ve EMK Dalga Biçimleri

Akı dağılımının tahmin edilmesi, tasarım için çok önemli bir adımdır. Bu manyetik devrenin değişik bölümlerindeki kaçak akı faydalı akı oranını vermesinin yanında, makine içerisindeki manyetik doyum durumunu da belirler. Malzeme seçimi, uyarım akımı ve diğer sınır şartlarının uygun atanmış olması akı çizgilerinden hemen görülebilir. Elektromanyetik alan problemlerinin çözümü genelde manyetik vektör potansiyelleri ile elde edilir. Akı yoğunluğu manyetik vektör potansiyellerinden elde edilir. Hava aralığı yoğunluğunun dağılımı hava aralığının orta noktalarından bir kontur tanımlayarak yine kontur boyunca akı yoğunluğunun normal bileşenlerinin alınması ile kolayca hesaplanabilir.

Sonlu eleman yoluyla, doğrusal olmayan alan çözümünden elde edilen hava aralığındaki akı yoğunluğunun dalga şekli, toplam halkalanma akısının ve indüklenen zıt EMK'nın hesaplanmasında kullanılır. Bir kutup adımı boyunca hava aralığı akı yoğunluğu Fourier serisi şeklinde ifade edilebilir.

$$B_g(\phi) = \sum_{n=0}^{K_n} [A_n \cos(n\Theta) + B_n \sin(n\Theta)] \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de;

$B_g(\phi)$ - radyal hava aralığı akı yoğunluğu (T),

Θ - elektriksel derece olarak ifade edilen uzay açısı

n - harmonik numarası

K_n - dikkate alınan toplam harmonik sayısı

A_n, B_n - Fourier katsayılarıdır.

Kutup başına ortalama akı, Φ_n harmonik bileşenleri aşağıdaki gibi makinenin geometrisinden ve hava aralığının akı yoğunluğundan hesaplanır.

$$\Phi_n = \left(\frac{2}{\pi} \right) L_i \tau_n [A_n \cos(n\Theta) + B_n \sin(n\Theta)] \quad (2)$$

Eşitlik 2'de; L_i - etkin makine uzunluğu (m) ve $\tau_n = n$ harmonik için kutup adımıdır (m).

Kutup başına harmonik akısı bilindiğinde hava aralığının ortasındaki EMK (E_a) dalga şekli akının zamanla değişim oranı, sargı dağıtım faktörü (K_{on}) ve faz başına seri sarım sayısından (N_f) aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$E_a = N_f \sum_{n=1}^{K_n} \left(K_{on} \frac{f \Phi_n}{st} \right) \quad (3)$$

Eşitlik 2'den faydalanarak $\theta = \omega t$; $\tau_n = \frac{\tau}{n}$ olduğuna göre

$$E_a = -W \frac{2}{\pi} L_i \tau N_f \sum_{n=0}^{K_n} [K_{on} (-A_n \cos(n\omega t)) + B_n \sin(n\omega t)] \quad (4)$$

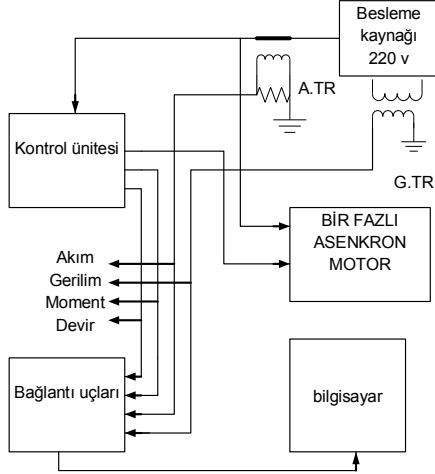
elde edilir.

Harmonik sarım faktörü (K_{on}) bir kutuptaki faz başına oluk sayısı (C) ve oluk açısı (α) ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$K_{om} = \frac{\sin(nC\alpha/2)}{CS\sin(n\alpha/2)} \quad (5)$$

3.2. Deneysel Çalışmalar

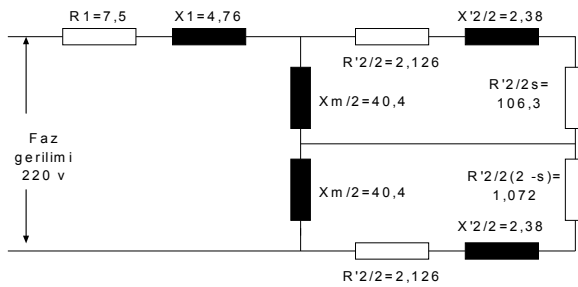
Önerilen tek fazlı motorun gerçek zaman deneyleri laboratuvar ortamında Şekil 5’de görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir. Gerçek zaman verileri National Instrument firmasına ait PCI-DAQ 16MIO veri toplama kartı kullanılarak MATLAB™ ortamında alınmıştır.



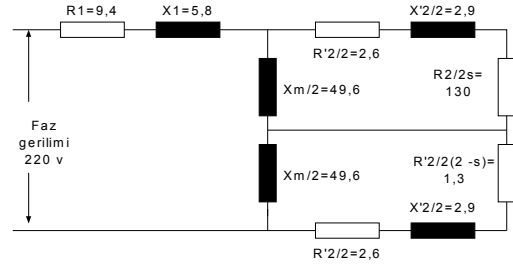
Şekil 5. Laboratuvar ortamında önerilen motorun gerçek zamanlı denemesi

Laboratuvar ortamında hem durum (1) hem de durum (2)’ye ait tek fazlı motorlar üzerinde başarımlar değerlendirilmiştir. Aşağıdaki çizelgelerde laboratuvar ortamında önerilen tek fazlı motorun başarımlar değerlendirilmiştir. Başarımlar değerlendirilmiştir boş çalışma, kısa devre ve yüklü çalışma koşullarından elde edilmiştir.

Laboratuvar verileri temel alındığında durum (1) ve durum (2) için hesaplanan eşdeğer devre parametreleri Şekil 6a ve 6b’de görülmektedir.



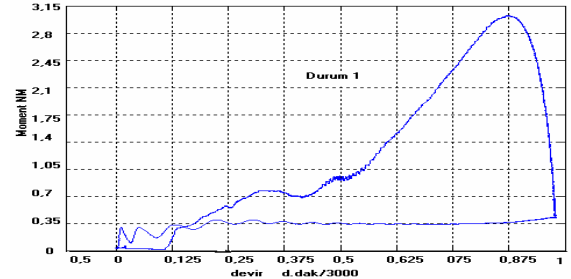
(a) Durum (1)



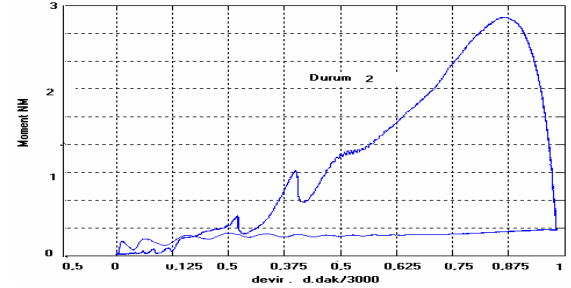
(b) Durum (2)

Şekil 6. Durum (1) ve durum (2)’ye ait eşdeğer devre parametreleri

Şekil 7’de ise her iki duruma ait devir – moment eğrileri görülmektedir. Bir fazlı alternatif akım motorunun momentinin akımın karesi ile orantılı olması nedeniyle, ikinci konum çalışmada momentin düşük çıktığı görülmektedir. Bu sonuç önemli bir sakıncadır. Ancak yapılan çalışma iki durumlu olduğundan birinci durumda momentin yüksek olması bu sakıncayı ortadan kaldırmaktadır.



(a) Benzetim sonuçları

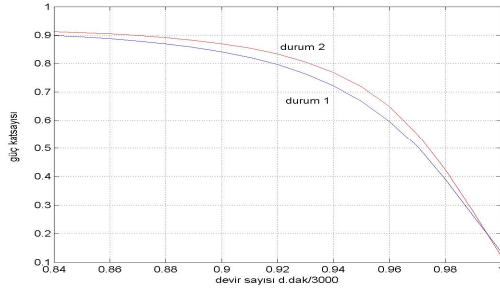


(b) Deneysel çalışma sonuçları

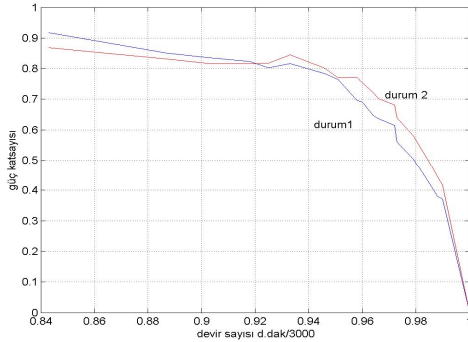
Şekil 7. Bir fazlı asenkron motorun devir moment eğrisi

İkinci durum çalışmada verim birinci durum çalışmaya göre daha yüksek çıkmıştır. İkinci durum çalışmada verimin yüksek çıkmasının en önemli nedeni bakır kayıplarının akımın karesiyle azalmasıdır. Akımın azalması momenti ve bakır kayıplarını karesel olarak düşürmektedir.

Benzer şekilde, Şekil 8’de hem benzetimden elde edilen hem de gerçek zamanlı devir – güç katsayısı eğrileri görülmektedir. Güç katsayısı çalışma boyunca farklı değerler göstermekle beraber, normal çalışma şartlarında belirgin bir şekilde ikinci konum çalışmada yüksek çıkmaktadır. Güç katsayısının yüksek çıkması gerçek verim olarak kabul edilen, “verim * Güç katsayısını” da etkilemektedir.



(a) Benzetim sonuçları



(b) Deneysel çalışma sonuçları

Şekil 8. Bir fazlı asenkron motorun devir güç katsayısı eğrisi

4. Deneysel Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, tek fazlı asenkron motorlar için farklı bir tasarım önerisi sunulmuştur. Motorun çalışma sargısı, statorun bütün oluklarına dağıtılarak yeni bir çalışma karakteristiği kazandırılmıştır. Motorun bilinen geleneksel çalışma karakteristiği korunmuştur. Böylece iki durumlu iki karakteristikli motor başarımı elde edilmiştir. Önerilen ikinci durum çalışmada temel ölçüt olarak motorun dış devre akımı ele alınmıştır. Düşük akımlı çalışma, seçilen tesisatın iletken kesiti, sigorta ve aşırı akım rölesi gibi koruma elemanlarının seçimi, ısı ve kayıpları açısından son derece önemli bir etkidir. Statorun çalışma sargısının stator oluklarının tamamına dağıtılması, belli bir güç için oluk başına düşen sarım sayısını azalttığı gibi iletken kesitini de küçültmektedir. Sarım sayısının azalması ve iletken kesitinin küçültülmesi stator oluklarının küçülmesine dolayısıyla motorun boyutların küçülmesini sağlamaktadır. Bir fazlı asenkron motorların düşük akımlı ve küçük boyutlu olmaları küçük ev tipi uygulamalardaki yerini daha da artıracaktır.

İkinci durum çalışmada **verim * güç katsayısı** ilişkisi daha yüksek çıkmaktadır. Bunun nedeni, ikinci durum çalışmada motor akımı düşürülürken aynı anda daha yüksek bir verimin elde edilmesidir. Diğer taraftan, **moment/akım** ilişkisi de ikinci durumda daha yüksek çıkmaktadır. İkinci durum çalışmada, devir sayısı açısından birinci durumdaki devirden az da olsa düşüktür. Devrilme kayması birinci durumda 0.25 iken ikinci durumda 0.26 olarak ölçülmüştür. Motorun yol almasında mekanik merkezkaç anahtarının kullanılmaması da ek bir fayda sağlamaktadır.

Önerilen tek fazlı yardımcı sargılı asenkron motor çok amaçlı kullanılabilir. Motor birinci durum çalışma ile yüksek moment yüksek güç için kullanılabilir. İkinci durumda çalıştırılarak da düşük moment küçük güçlü uygulamalarda kullanılabilir. Önerilen devrede 3 adet triyak mevcuttur ve karmaşık denetim düzeneklerine ihtiyaç yoktur.

5. Kaynaklar

Soyad, A. ve Soyad, B., "Makalenin Başlığı", *Yayınlandığı dergi adı*, Cilt No., Sayfa numaraları, Yayın yılı.

- [1] Hartung, E.C., "Fabricated Aluminum Rotor Construction for Induction Motors", IEEE IAS Pulp & Paper Conference, Nashville, TN, USA, 76-80, 20-24 June 1994.
- [2] Varge, J., Basic, D., "Analysis of the Characteristics of Single Phase Shaded Pole Induction Motor with Two Short – Circuited Auxiliary Phases", IEEE Transaction Energy Conversion, Cilt 12, Sayı 4, 269-274, 1997.
- [3] Longya, X., "Dynamic model of an integral cycle controlled single phase induction machine", IEEE Transaction on Energy Conversion, Cilt 7, No 4, 761-767, 1992.
- [4] Metwally, M.B.H., "New Method For Speed Control Of Single Phase Induction Motor With Improved Motor Performance", Energy Conversion and Management, Cilt 42, No 8, 941-950, 2001.
- [5] Eduad, M., Yifan, Z., Hua, L., "Adjustable AC Capacitor For A Single Phase Induction Motor", IEEE Transaction on Industry Application, Cilt 29, No 3, 479-485, 1993.
- [6] Tian-Hua, L., Ming-san, L., Hann Chung, W., "A Single Phase Induction Motor Drive With Improved Performance", Electric Power system Research, Cilt 47, No 1, 29-38, 1998.
- [7] Aftahi, M., "Bilgisayar Destekli Kapasitörlü Tek Fazlı Asenkron Motorların Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993.
- [8] William, M., Mark, M.H., "Selection Of Copper Versus Aluminum Rotors For Induction Motor", IEEE Transaction on Industry Application, Cilt 37, No 6, 1-11, 2001.
- [9] Gürdal, O., "Elektrik Makinalarının Tasarımı", Atlas, İstanbul, 2001.
- [10] Toliyat-Hamit, A., Sargolzae, N., "Comprehensive Method For Transient Modeling Of Single Phase Induction Motor Including The Space Harmonics", Electric Machines and Power Systems, Cilt 26, No 3, 221-234, 1998.