

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇİFT KONDANSATÖRLÜ TEK FAZLI ASENKRON MOTORUN
ANAHTARLAMALI KAPASİTE KONTROLÜ**

TİMUR FIRDOLAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİMDALI**

ELAZIĞ – 2007

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT KONDANSATÖRLÜ TEK FAZLI ASENKRON MOTORUN
ANAHTARLAMALI KAPASİTE KONTROLÜ**

TİMUR FIRDOLAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİMDALI

Bu tez,.....tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZDEMİR

Üye : Prof. Dr. Hasan KÜRÜM

Üye : Doç. Dr. Hüseyin ALTUN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmam boyunca, yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZDEMİR' e, ayrıca hiçbir zaman dostluğunu ve yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Sencer ÜNAL' a, her zaman beni destekleyen arkadaşım Arş. Gör. Hakan ÇELİK' e ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRK' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her türlü destek ve imkanını benden esirgemeyen annem, babam ve ağabeyime teşekkür ederim.

Çalışma arkadaşım, Elektrik-Elektronik Mühendisi Taner GÖKTAŞ' a yapmış olduğu yardımlardan dolayı teşekkür ederim.

Yine bu çalışmam esnasında bana verdikleri destek ve sağladıkları imkanlardan dolayı şirket yöneticilerim Sayın Hakan AKAN ve Sayın Bülent GÖZTOK' a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
SEMBOLLER LİSTESİ.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tek Fazlı Asenkron Motorlarda Kondansatör Kontrolü Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	2
1.2 Tezin Amacı.....	3
1.3 Tezin İçeriği.....	3
2. TEK FAZLI ASENKRON MOTORLAR.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Tek Fazlı Asenkron Motorun Yapısı.....	5
2.3. Tek Fazlı Asenkron Motorun Çalışma Prensibi.....	6
3. TEK FAZLI ASENKRON MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	14
3.1. Giriş.....	14
3.2. Yardımcı Sargılı Tek Fazlı Asenkron Motorlar.....	14
3.3. Daimi Kondansatörlü Tek Fazlı Asenkron Motorlar	15
3.4. Kondansatör Yolvermeli Tek Fazlı Asenkron Motorlar	16
3.5. Çift Kondansatörlü Tek Fazlı Asenkron Motorlar.....	18
4. ANAHTARLAMALI KONDANSATÖRLÜ TEK FAZLI ASENKRON MOTORUN SIMULINK MODELİNİN ELDE EDİLMESİ.....	22
4.1. Giriş.....	22
5. TEK FAZLI ASENKRON MOTORLARDA UYGUN KONDANSATÖR DEĞERİNİN BULUNMASI.....	26
5.1. Giriş.....	26
6. BENZETİM SONUÇLARI.....	32
6.1 Giriş.....	32
7. UYGULAMA DEVRESİ.....	52
8. SONUÇLAR.....	56
9. KAYNAKLAR.....	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tek fazlı 4 kutuplu asenkron motorun yapısı.....	6
Şekil 2.2. Ana sargı ile yardımcı sargı akımları arasında oluşan faz farkı.....	7
Şekil 2.3. Sadece ana sargı ile çalışan tek fazlı asenkron motorda oluşan döner alan.....	8
Şekil 2.4. Bir faz sargısının bir P noktasında meydana getirdiği manyetik akı.....	9
Şekil 2.5. Ters yöndeki döner alanlar.....	10
Şekil 2.6. Tek fazlı asenkron motorda manyetik akının ani değişimi.....	11
Şekil 3.1. Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motor devresi	15
Şekil 3.2. Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi.....	16
Şekil 3.3. Yolverme kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi.....	18
Şekil 3.4. Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi.....	19
Şekil 3.5. Farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların hız–moment eğrileri.....	20
Şekil 4.1. Öngörülen sistemin d-q eksenindeki blok şeması.....	22
Şekil 4.2. Tek fazlı asenkron motorun simulink modeli.....	24
Şekil 4.3. d – q ekseninde tek fazlı asenkron motorun benzetim modelinin açık şeması.....	25
Şekil 5.1. Tek fazlı asenkron motorun sürekli durum eşdeğer devresi.....	26
Şekil 5.2. Tek fazlı asenkron motor için uygun kondansatör – hız eğrisi	31
Şekil 6.1. Tek fazlı asenkron motora uygulanan değişik yüklerin eğrileri.....	32
Şekil 6.2. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların hız-zaman eğrileri.....	33
Şekil 6.3. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların sürekli durumdaki moment- zaman eğrileri.....	33
Şekil 6.4. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların sürekli durumdaki yardımcı sargı akım eğrileri.....	34
Şekil 6.5. Sabit yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız-zaman eğrisi.....	35
Şekil 6.6. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız–zaman eğrisi.....	35
Şekil 6.7. Oransal yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi.....	36
Şekil 6.8. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız–zaman eğrisi.....	36
Şekil 6.9. Karesel yük için anahtarlama durumda tek fazlı asenkron motorun hız–zaman eğrisi.....	37
Şekil 6.10. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız–zaman eğrisi.....	37
Şekil 6.11. Hiperbolik yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi.....	38
Şekil 6.12. Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun	

hız–zaman eğrisi.....	38
Şekil 6.13. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment– zaman eğrisi.....	39
Şekil 6.14. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi.....	39
Şekil 6.15. Oransal yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment–zaman eğrisi.....	40
Şekil 6.16. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi.....	40
Şekil 6.17. Karesel yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi.....	41
Şekil 6.18. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment–zaman eğrisi.....	41
Şekil 6.19. Hiperbolik yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi.....	42
Şekil 6.20. Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment–zaman eğrisi.....	42
Şekil 6.21. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	43
Şekil 6.22. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	43
Şekil 6.23. Oransal yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	44
Şekil 6.24. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	44
Şekil 6.25. Karesel yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	45
Şekil 6.26. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	45
Şekil 6.27. Hiperbolik yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	46
Şekil 6.28. Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi.....	46
Şekil 6.29. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	47
Şekil 6.30. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	47
Şekil 6.31. Oransal yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	48
Şekil 6.32. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı	

akım eğrisi.....	48
Şekil 6.33. Karesel yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	49
Şekil 6.34. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron yardımcı sargı akım eğrisi.....	49
Şekil 6.35. Hiperbolik yük için anahtarlama durumunda tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	50
Şekil 6.36. Hiperbolik yük için sabit kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi.....	50
Şekil 7.1. Uygulama devresinin blok şeması.....	52
Şekil 7.2. Uygulama devresinin akış şeması.....	53
Şekil 7.3. Yüksüz durumda anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi.....	54
Şekil 7.4. 1.6 Nm yük koşulundaki anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi.....	54
Şekil 7.5. 2.6 Nm yük koşulundaki anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi.....	55

SEMBOLLER LİSTESİ

- ω_r = Rotorun açısal hızı,
 n_s = Senkron hız,
 n_r = Rotorun devir sayısı,
 s = Kayma,
 d = Görev periyodu,
 f = Şebeke frekansı,
 P = Tek fazlı asenkron motorun çift kutup sayısı,
 V_{qs}^s ve V_{sd}^s = q ve d eksenlerindeki stator gerilimleri,
 R_{qs} ve R_{ds} = q ve d eksenlerindeki dirençleri,
 X_{qs} ve X_{ds} = q ve d eksenlerindeki stator öz reaktansları,
 $\dot{I}_{qs}$ ve $\dot{I}_{qr}$ = q eksenindeki stator ve rotor akımları,
 X_{mq} ve X_{md} = q ve d eksenlerindeki manyetik reaktansları,
 N_q ve N_d = q ve d eksenlerindeki rotor açısal hızına göre efektif dönüşler,
 R_{qr}' ve R_{dr}' = q ve r eksenlerindeki rotor dirençleri,
 X_{qr}' ve X_{dr}' = q ve d eksenlerindeki rotor öz reaktansları,
 X_{lqs} ve X_{lds} = q ve d eksenlerindeki stator kaçak reaktansları,
 X_{lqr}' ve X_{ldr}' = q ve d eksenlerindeki rotor kaçak reaktansları,
 L_{lsq} ve L_{lsd} = q ve d eksenlerindeki stator kaçak indüktansları,
 L_{lqr}' ve L_{ldr}' = q ve d eksenlerindeki rotor kaçak indüktansları,
 T_e = Anlık elektromanyetik moment,
 J_m = Atalet sabiti,
 T_1 = Yük momenti,
 V_{kaynak} = Kaynak gerilimi,
IGBT = Yalıtılmış kapılı çift kutuplu transistör

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇİFT KONDANSATÖRLÜ TEK FAZLI ASENKRON MOTORUN ANAHTARLAMALI KAPASİTE KONTROLÜ

Timur FIRDOLAŞ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik – Elektronik Mühendisliği

2007, Sayfa: 59

Tek fazlı asenkron motorlar alternatif akım makinelerinin bir çeşidi olarak çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Çoğu uygulamalarda tek fazlı asenkron motorlar için yardımcı sargı ile seri bağlı bir yol verme kondansatörü kullanılır. Bazı uygulamalarda ise bu motorlar ile birlikte çift kondansatör kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulamalar içerisinde tek fazlı asenkron motorların en popüler ve en çok kullanılan tipi çift kondansatörlü olan motordur. Bu kondansatörlerden büyük değerli olanı başlangıç momentinin oluşumuna yardım ederken, küçük değerde olanı ise motorun verimini arttırmak için çalışma koşulları süresince kullanılmaktadır.

Günlük yaşamımızda tek fazlı asenkron motorların bu kadar geniş uygulama alanının olması, onların hız kontrolünü gündeme getirmektedir. Bu hız kontrolü için kondansatör kontrolü bir yöntem olarak kullanılabilir. Tek fazlı asenkron motorların en önemli problemlerinden birisi de uygun kondansatör değerinin belirlenmesidir. Anahtarlanan kondansatör yöntemi ile tek fazlı asenkron motorların bu problemleri çözümlenmiştir. Kondansatör değeri, yardımcı sargıya seri bağlı olarak bulunan kondansatörün karşısına bağlanan bir elektronik anahtar ile değiştirilebilir. Herhangi bir kondansatör değeri, elektronik anahtarın açma - kapama zamanının kontrolü ile elde edilebilir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında, uygun kondansatör değeri hızın bir fonksiyonu olarak düşünülmüştür. Anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun dinamik çalışma modeli MATLAB/Simulink paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Pratik uygulamada çift kondansatörlü bir asenkron motor kullanılarak, bu motor üzerinde bulunan kondansatör IGBT elektronik anahtarlar vasıtasıyla anahtarlanmıştır. Ayrıca motor miline bağlanan bir encoder vasıtası ile motorun hız bilgisi PIC mikroişlemci tarafından algılanıp anahtarlama süreleri belirlenmiştir.

ABSTRACT

Master Thesis

CONTROL OF DOUBLE CAPACITOR SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR WITH A SWITCHED CAPACITOR

Timur FIRDOLAŞ

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electric and Electronics Engineering

2007, Page 59

Single phase induction motors that are a kind of AC machine, are used in a wide range. In most application, single phase induction motor is used with an auxiliary winding and a series connected starting capacitor. In industrial applications, the most common and used type of single phase induction motors are motors with two capacitors. One of these capacitors helps to constitute the starting torque, where the other one is used for steady-state the operating conditions to increase the efficiency.

Recently, speed control of single phase induction motors are investigated because of the wide range applications of these motors. A capacitor controlled method can be used for speed control. Selecting suitable capacitor values is the most important problem of single phase induction motors. Switched capacitor method can be used for solving the problem of single phase induction motors. The value of the capacitor can be changed by an electronic switch which is in parallel connection to the capacitor. The capacitor is also connected in series with auxiliary winding. Any capacitor value can be obtained by controlling the on-off time of electronic switch.

Finally, in this thesis, optimal capacity value is considered as a function of speed. Switched capacity single phase induction motor's dynamical model is obtained by using MATLAB/Simulink. In this program, an induction motor with two capacitors is used and this capacitor is switched by an IGBT. Also, the switching times are obtained by help of an encoder that coupled the shaft of motor and a PIC microcontroller.

1.GİRİŞ

Tek fazlı asenkron motorlar günlük hayatımızın hemen hemen her yerinde kullanılmaktadır. Tek fazlı asenkron motorlar, sahip oldukları birçok avantajdan dolayı çok geniş uygulama alanına sahiptirler. Sağlam ve ucuz olmaları ile üç fazlı motorlardan daha düşük gerilim seviyesinde çalışmaları bu motorların avantajlarının başında gelir. Bütün iyi özelliklerine rağmen üç fazlı sargı sistemindeki düzgün döner manyetik alanın tek fazlı sargı sisteminde elde edilememesi bu motorların en büyük dezavantajı olarak görülmektedir. Tek fazlı sistemde, düzgün bir döner manyetik alan yerine zamanla titreşimli sabit bir manyetik alan elde edilir. Bu sebeplerden dolayı, tek fazlı asenkron motorların sargı sisteminde değişiklik yapılmadan düzgün bir döner manyetik alan elde edilemez ve bu motorlar bu şekilde çalıştırılmazlar.

Tek fazlı asenkron motorlar genellikle yol alma ve çalışma özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Motor seçimi ise gereken yol alma ve çalışma momentine, çalışma sürelerine ve tipine, stator sargılarından akacak akıma göre yapılmaktadır.

Tek fazlı asenkron motorların sargı yapılarından dolayı çoğunlukla yardımcı sargıya seri bağlı bir kondansatöre ihtiyaç duyarlar. Tek fazlı asenkron motordan beklenen özelliklere göre yardımcı sargıya seri bağlı tek veya çift kondansatör kullanılabilir. Bu kondansatörlerden büyük değerli olanı başlangıç (yol verme) kondansatörü, küçük değerli olan ise daimi (çalışma) kondansatörü olarak bilinir. Motor nominal hızının % 70 - 75'ine geldiğinde büyük değerli olan yolverme kondansatörü bir merkezkaç anahtar yardımı ile devreden çıkarılır ve motor çalışmasına küçük değerli olan çalışma kondansatörü ile devam eder. Kullanılan merkezkaç anahtar mekanik bir anahtar olduğundan dolayı, anahtarlama esnasında gürültü ve kıvılcım yapar. Tek fazlı asenkron motorlarda, kullanılan çift kondansatör ve bu kondansatörlerden birinin devreden çıkartılması için kullanılan merkezkaç anahtarının oluşturduğu etki bu motorların en büyük problemi olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, tek fazlı asenkron motorların problemi olarak görülen çift kondansatör ve merkezkaç anahtarının etkisini ortadan kaldırmaya yönelik olarak elektronik olarak anahtarlatabilen tek bir kondansatör incelenmiştir. Tek fazlı asenkron motorların bilinen en büyük problemlerinden birisi de uygun kondansatör değerinin belirlenmesidir. Bu çalışmada anahtarlatabilir kondansatör kontrolü metodu ile bu problemin çözümü için yaklaşımlarda bulunulmuştur. Kondansatör değeri, kondansatöre paralel bağlı olan 2 adet IGBT elektronik anahtarının anahtarlama ile değiştirilmiştir. Herhangi bir kondansatör değeri, elektronik anahtarların açma – kapama zamanlarının kontrolü ile elde edilmiştir. Çalışma esnasında tek fazlı asenkron motora gerekli olan uygun kondansatör değeri, eşdeğer devreden faydalanılarak

hızın bir fonksiyonu olarak elde edilmiştir. Anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun dinamik çalışma modeli, tezde MATLAB/Simulink paket programı kullanılarak elde edilmiştir.

Tezin pratik uygulama aşamasında, yol verme kondansatörü ve merkezkaç anahtarın sisteme olan etkisi ihmal edilerek sadece motorun yardımcı sargısına seri bağlı olan daimi çalışma kondansatörü anahtarlanmıştır. Böylece değişken hızlar için farklı kondansatör değerleri, IGBT elektronik anahtarlarının görev periyodunun kontrol edilmesi ile hesaplanmıştır. Ayrıca benzetim çalışmasında motor değişken yüklerle yüklenmiştir. Böylece motor yüklendiği zaman anahtarlama kondansatörünün motor üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tezde motor miline bağlı bir artırıcı encoder kullanılarak milden elde edilen hız bilgisi PIC16F877 mikrokontrolöre gönderilmiş ve anahtarların anahtarlanma zamanları bulunmuştur. Tek fazlı asenkron motorun çift kondansatörlü çalışma durumunda ve anahtarlama durumundaki benzetimi yapılarak bu durumlar için değişken yüklerdeki simülasyon sonuçları alınmıştır. Uygulama olarak ise yüksüz ve yüklü durumlarda, 0.37 kW gücünde 15 μF 'lık çalışma kondansatörüne sahip tek fazlı asenkron motorun kondansatörünün anahtarlanması ile elde edilen ana sargı ve yardımcı sargı akımları gösterilmiştir.

1.1. Tek Fazlı Asenkron Motorlarda Kondansatör Kontrolü Üzerine Yapılan Çalışmalar

Tek fazlı asenkron motorlarda kondansatör kontrolü üzerine yapılan çalışmalar pratik uygulamada oldukça zor olduğu için bu konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bu sınırlı sayıdaki çalışmalarda güç elektroniği uygulamaları ile tek fazlı asenkron motorların performans analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda, tek fazlı asenkron motorlardaki iki farklı kondansatörün ve merkezkaç anahtarın dezavantajlarından kurtulmak için farklı metotlar öne sürülmüştür.

1991 yılında T.A. Lettenmaier, D.W. Novotny ve T.A. Lipo tek fazlı bir asenkron motorda kondansatörün efektif değerini ayarlamak için bir elektronik kontrollü bir devre üzerinde çalışmışlardır. Uygun kontrollü anahtarlama devresi olarak tranzistör H köprü devresi ile değişken bir efektif kondansatör elde etmişlerdir. Anahtarların açma – kapama algoritması olarak referans bir sinüs dalga ile üçgen dalgayı karşılaştırarak anahtarlama modülasyonu oluşturmuşlardır. Sonuç olarak tek fazlı bir asenkron motorun ortalama momentini arttırmak için bir elektronik kontrollü kondansatör kullanmışlardır. [1].

1993 yılında E. Muljadi, Y. Zhao ve T.A. Lipo tek fazlı asenkron motorlarda bir kondansatör ile ters - paralel bağlı GTO'ların kullanılması ile yeni bir metot geliştirmişlerdir.

Bu metot da GTO'ların ateşleme açısı ayarlanarak uygun kondansatör değerleri elde edilmiştir [2].

1986 yılında J.D. Law ve T.A. Lipo tek fazlı asenkron motorun performansını geliştirmek için bir gerilim kontrolörü geliştirmişlerdir [7].

1995 yılında T.H. Liu bir 32 bitlik dijital sinyal işlemcisi (DSP) kullanarak, bir ac anahtarlamalı kondansatör oluşturmuş ve tek fazlı asenkron motorların kalkış performansını arttırmak için iki yöntem geliştirmişlerdir. [4].

1999 yılında S. Sünter, M. Özdemir ve B. Gümüş, MATLAB/Simulink paket programını kullanarak tek fazlı bir asenkron motorun yardımcı sargısına seri bağlı bulunan kondansatörü elektronik olarak anahtarlayarak motorun dinamik performansını incelemişlerdir [3].

1.2. Tezin Amacı

Her geçen gün tek fazlı asenkron motorların kullanım alanlarının genişlemesi nedeniyle bu motorların daha iyi performansla çalışabilmeleri için kontrol algoritmalarının geliştirilmesi gündeme gelmiştir.

Bu tezin amacı, çift kondansatörlü tek fazlı bir asenkron motor yerine, yardımcı sargıya seri bağlı daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorda kondansatör anahtarlanmasının performans ve verim olarak daha iyi sonuç verdiğini göstermektir. Ayrıca, çift kondansatör yerine anahtarlanabilen tek bir kondansatörün daha uygun olabileceği gösterilmiştir. Benzetim sonuçları ile motor yüklemelerindeki, anahtarlamalı kondansatörlü motor ile çift kondansatörlü motorun hız, moment ve akım değişimleri gösterilerek anahtarlamalı kondansatörün avantajları belirtilmiştir.

Bu konu ile ilgili daha önceki çalışmalarda, PIC mikrokontrolör ile kondansatör kontrolü deneysel olarak yapılmadığından, bu tezde bu deneysel çalışma hedeflenmiştir.

1.3. Tezin İçeriği

Tezde ilk olarak tek fazlı asenkron motorların yapısı, kullanım alanları, çalışma prensipleri ve tek fazlı asenkron motorlarda döner manyetik alanın nasıl oluştuğu anlatılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde ise tek fazlı asenkron motor çeşitleri sınıflandırılmış, hangi koşullarda hangi tip motorun daha uygun olacağından bahsedilmiş ve en sonunda da sınıflandırılan motor tiplerinin kendi aralarındaki performans kıyaslaması moment – hız eğrisi ile gösterilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde tek fazlı asenkron motorun simulink benzetimi için $d - q$ dönüşümleri kullanılarak benzetim için gerekli olan tek fazlı asenkron motorun matematiksel ifadeleri verilmiştir. Bu matematiksel ifadelerden faydalanılarak tek fazlı asenkron motorun anahtarlama kondansatörlü ve değişken yükler için simulink modeli gösterilmiştir.

Beşinci bölümde, tek fazlı asenkron motorlar için en önemli problem olarak gösterilen en uygun kondansatör değerinin bulunması incelenmiştir. Bunun için tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresinden çıkarılan denklemler aracılığı ile tek fazlı asenkron motor için en uygun kondansatör değerinin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.

Altıncı bölümde ise çeşitli yük koşullarında, anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motor ile çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun benzetim sonuçları gösterilerek birbirleri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Yedinci bölümde, uygulama devresinin blok şeması ve akış şeması çizilip, motorun boşa ve iki değişik yük için ana sargı ve yardımcı sargı akımları da gösterilmiştir.

2.TEK FAZLI ASENKRON MOTORLAR

2.1. Giriş

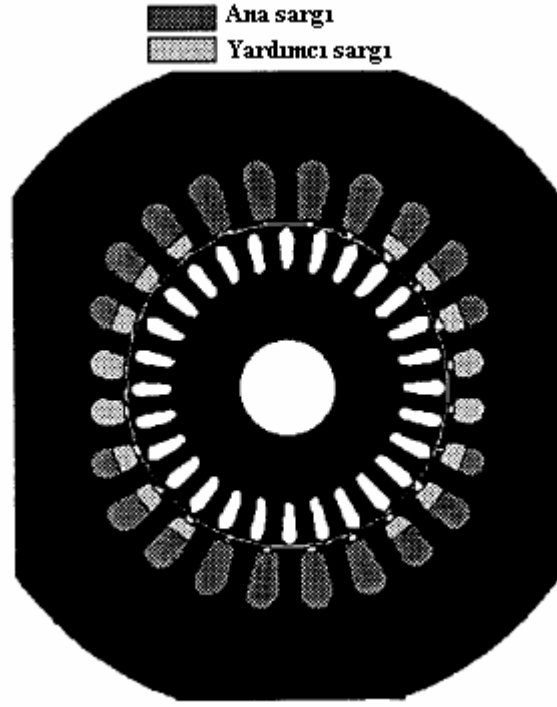
Alternatif akım ile çalışan elektrik makinelerinde, dönme hareketi manyetik döner alanlar ile oluşmaktadır. Şayet rotorun dakikada yapmış olduğu devir sayısı stator döner alanının dakikada yapmış olduğu devir sayısı ile aynı ise, böyle bir makineye senkron makine denilmektedir. Rotorun dakikada yapmış olduğu devir sayısı stator döner alanının dakikada yapmış olduğu devir sayısından küçük ya da büyük ise, bu tür makineler asenkron makine olarak adlandırılmaktadır.

Tek fazlı asenkron motorlar günlük hayatımızın birçok kısmında yer almış durumdadır. 1 fazlı alternatif akım şebekelerinde endüksiyon esasına göre çalışan bu motorlar, 1/8, 1/6, 1/4, 1, 1,5 ve 2 HP gibi küçük güçlerde yaygın bir kullanım alanına sahip olan motorlardır. Bu motorlar genellikle evlerimizde buzdolabı, çamaşır makinesi, klima, süpürge, teyp, pikap, traş makinesi, mutfak aletleri, mikser, fan, kurutma makineleri, oyuncaklar ve iş yerlerinde vantilatör, matkap, pompa, soğutma ve havalandırma aletleri, marangoz atölyeleri ve fabrikalar gibi çok geniş bir alan içerisinde kullanılmaktadırlar [1-7, 10].

Üç fazlı asenkron motorlar gibi yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorlarında yapıları oldukça basit ve sade olmalarına karşın, çalışma ilkeleri üç fazlı motorlara göre biraz daha detaylı ve karmaşıktır. Bu karmaşıklığın nedeni ise, üç fazlı asenkron motorlardaki düzgün döner manyetik alanın tek fazlı sistemde kolayca elde edilememesi olarak gösterilebilir [4].

2.2. Tek Fazlı Asenkron Motorun Yapısı

Tek fazlı asenkron motor yapısal olarak stator, rotor, kapak ve yatak gibi parçalardan meydana gelmektedir. Stator, birer yüzeyi yalıtılmış silisli saçların paketlenmesinden yapılmış manyetik nüve ile bu nüveyi taşıyan gövdeden oluşmuştur. Sargıların yerleştirilmesi için stator çevresine oluklar açılmıştır.



Şekil 2.1. Tek fazlı 4 kutuplu asenkron motorun yapısı

2.3. Tek Fazlı Asenkron Motorun Çalışma Prensibi

Üç fazlı motorların çalışma ilkesi olarak bir döner manyetik alana ihtiyaç olduğu ve bu döner manyetik alanın üç fazlı akım sisteminden elde edildiği bilinmektedir.

Tek fazlı asenkron motorların çalışması için de bir döner manyetik alana ihtiyaç vardır. Tek fazlı asenkron motorlarda bu bahsedilen döner manyetik alanı tek fazlı şebeke gerilimi ile sağlamak için stator oluklarına, manyetik alan eksenleri arasında 90° açı farkı bulunan iki sargı yerleştirilir. Bu sargılar ana sargı ve yardımcı sargı olarak isimlendirilir. Genellikle tek fazlı asenkron motorların stator oluklarının $2/3$ ' ü ana sargıya ve $1/3$ ' ü yardımcı sargıya ayrılmaktadır.

Rotor ise normal 3 fazlı asenkron motorun rotorundan farksız kısa devre çubuklu (sincap kafesli) ve silisli saçların paketlenmesinden meydana gelmiştir.

Bununla birlikte çalışma anında sargıların soğutulması için rotor mili üzerine soğutma (ventilasyon) pervanesi yerleştirilmiştir.

Üç fazlı asenkron motorlarda, stator oluklarındaki sargılardan 120° faz farklı akımlar geçirilmektedir. Dolayısıyla tek fazlı asenkron motorlarda da stator oluklarındaki iki sargıdan $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ faz farklı iki ayrı akım geçirmek gerekir.

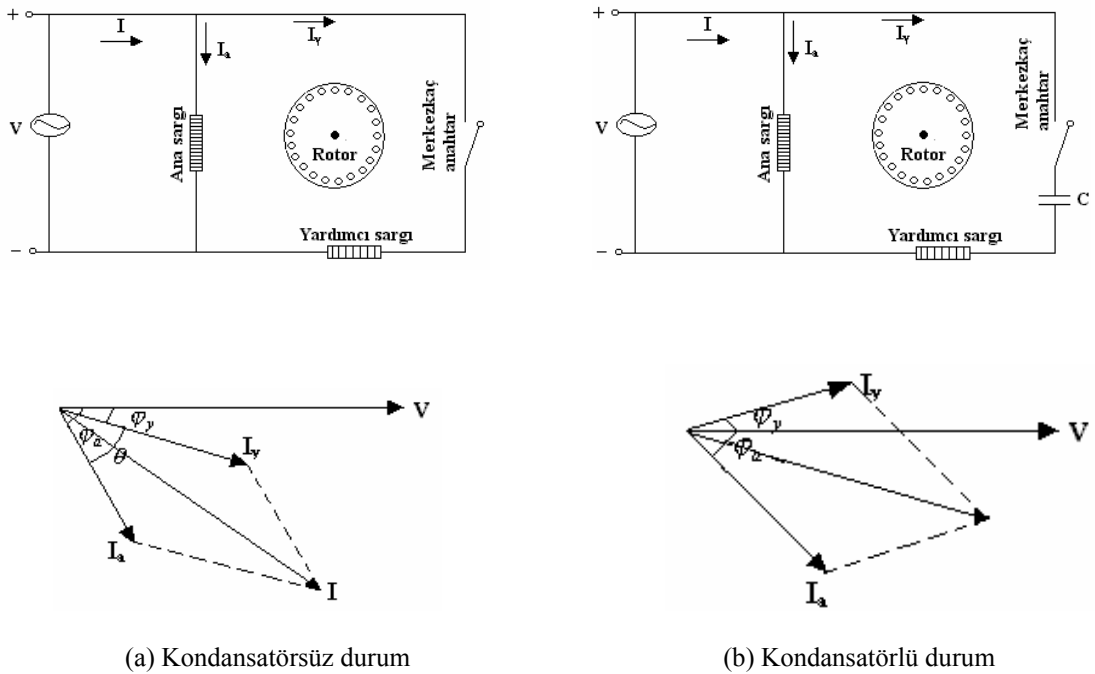
Aynı gerilimde çalışan iki ayrı sargı akımları arasında faz farkı oluşturmak ancak sargılardan birine omik, diğerine endüktif özellik kazandırmakla mümkün olabilir. Ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasında faz farkı oluşturmak amacı ile,

Ana sargı; kalın kesitli (omik direnci küçük), çok spirli (endüktansı büyük),

Yardımcı sargı; ince kesitli (omik direnci büyük), az sarımlı (endüktansı küçük) olarak hazırlanırlar [8].

Buna rağmen yardımcı sargı, sarım sayısından ötürü az da olsa endüktif özellik gösterecek, ana sargı ise uzunluk ve kesitinden ötürü tamamen endüktif olmayacaktır. Bu sebeplerden dolayı ana sargı akımı ve yardımcı sargı akımı arasında 90° açılı farkına ulaşamayacaktır. Yardımcı sargı akımı, gerilimden daha ileri faza alınabilirse, ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasında 90° elektriksel açı farkı sağlanabilir.

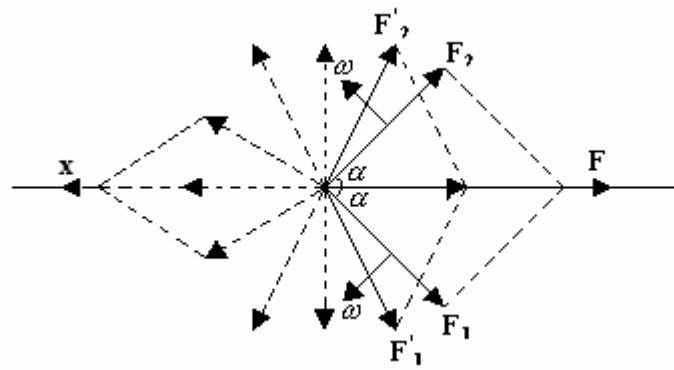
Bu amaç doğrultusunda gerilimden geri fazda olan yardımcı sargı akımı ancak yardımcı sargı devresine seri bir kondansatör bağlanarak ileri faza alınabilir. Yardımcı sargı devresine seri bağlanan bir kondansatör yardımı ile yardımcı sargıya kapasitif özellik kazandırılmış olur.



Şekil 2.2. Ana sargı ile yardımcı sargı akımları arasında oluşan faz farkı

Tek fazlı asenkron motorlarda ilk hareketi sağlamak amacıyla yardımcı sargının önemi oldukça büyüktür. Tek fazlı bir asenkron motor, yardımcı sargısı olmadan sadece ana sargı ile çalıştırıldığında, ana sargıdan geçen akımın düzgün bir döner alan meydana getirmediğini görülür [9].

Tek fazlı asenkron motorun, sadece ana sargı ile çalışmasını aşağıda gösterilen Şekil 2.3 ile açıklayacak olursak;



Şekil 2.3. Sadece ana sargı ile çalışan tek fazlı asenkron motorda oluşan döner alan

Ana sargıdan geçen alternatif akımın meydana getirdiği manyetik alanın bir çizgi üzerindeki değişimini, birbirine zıt yönde ω açısal hızı ile dönen iki eşit vektörün meydana getirdiği bileşke alan olarak kabul edebiliriz. Şekil 2.3'de görüleceği gibi, F_1 ve F_2 eşit şiddetteki alan vektörleri ω açısal hızı ile zıt yönde döndüklerinden, meydana gelen bileşke manyetik akı x ekseni doğrultusunda değişen bir manyetik alan olur.

Rotor saat ibresi yönünde döndürüldüğünde, saat ibresi yönünde dönen F_1 manyetik alanına uyarak dönmeye devam eder. Rotor saat ibresi tersi yönünde döndürüldüğünde, saat ibresine zıt yönde dönen F_2 manyetik alanının etkisi ile rotor dönmesine devam edecektir.

Rotor dönmediği zaman ise, F_1 ve F_2 döner alanlarının etkisinde kalacaktır. Döner alanlardan birinin rotor üzerinde meydana getirdiği döndürme momentini, diğer alanın ters yönde meydana getirdiği döndürme momentini yok edecektir. Bundan dolayı rotor dönemeyecektir [9].

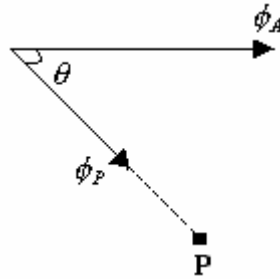
Sadece ana sargı bulunduran tek fazlı asenkron motorun, moment üretemeyeceği matematiksel olarak aşağıdaki gibi açıklanır;

Döner alan teorisine göre N fazlı bir sistemde $\frac{2\pi}{N}$ ' lik elektriksel açıyla yerleştirilmiş sargılar, sabit genlikli bir döner manyetik alan üretir. Herhangi bir P noktasındaki bu manyetik akı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\phi_P = \frac{N\phi_M}{2} \cos(\theta - wt) \quad (2.1)$$

Bu denklemdeki ϕ_M bir faz sargısının meydana getirdiği manyetik akının tepe değeridir. θ ise P noktasının referans eksenine olan açısıdır.

Bir fazlı stator sargısının meydana getirdiği manyetik akı ϕ_A ise;



Şekil 2.4. Bir faz sargısının bir P noktasında meydana getirdiği manyetik akı

$$\phi_A = \phi_M \cos wt \quad (2.2)$$

A fazına göre θ açısında olan bir P noktasının manyetik akısı;

$$\phi_P = \phi_A \cos \theta \quad (2.3)$$

Denklem (2.2)'deki ϕ_A denklem (2.3)' de yerine yazılırsa;

$$\phi_P = \phi_M \cos \theta \cos wt \quad (2.4)$$

elde edilir. Denklem (2.4) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\phi_P = \frac{\phi_M}{2} [\cos(\theta - wt) + \cos(\theta + wt)] \quad (2.5)$$

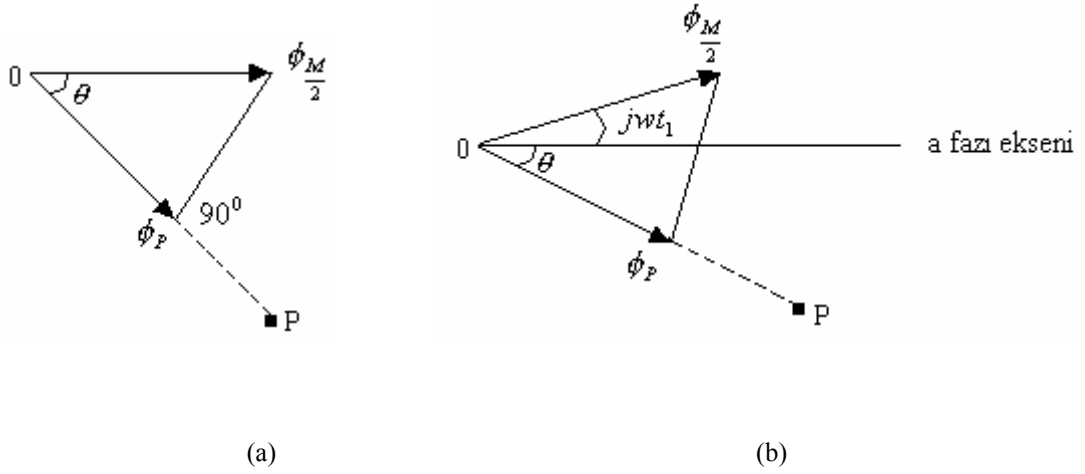
Denklem (2.5)' de P noktasındaki manyetik akının birbirine eşit genlikli, fakat zıt yönde dönen iki manyetik akının toplamı şeklinde olduğunu gösterir. Denklem (2.5), saat yönünde ve saat yönünün tersine dönen iki akı denkleminde ayrılabilir.

$$\phi_f = \frac{\phi_M}{2} \cos(\theta - wt) \quad (2.6)$$

$$\phi_b = \frac{\phi_M}{2} \cos(\theta + wt) \quad (2.7)$$

Denklem (2.6) ve (2.7)' de görülen f indisi, $\cos(\theta - wt)$ ' nin saat yönünde (forward) olduğunu gösterir. b indisi ise $\cos(\theta + wt)$ ' nin saat yönünün tersine (backward) olduğunu gösterir.

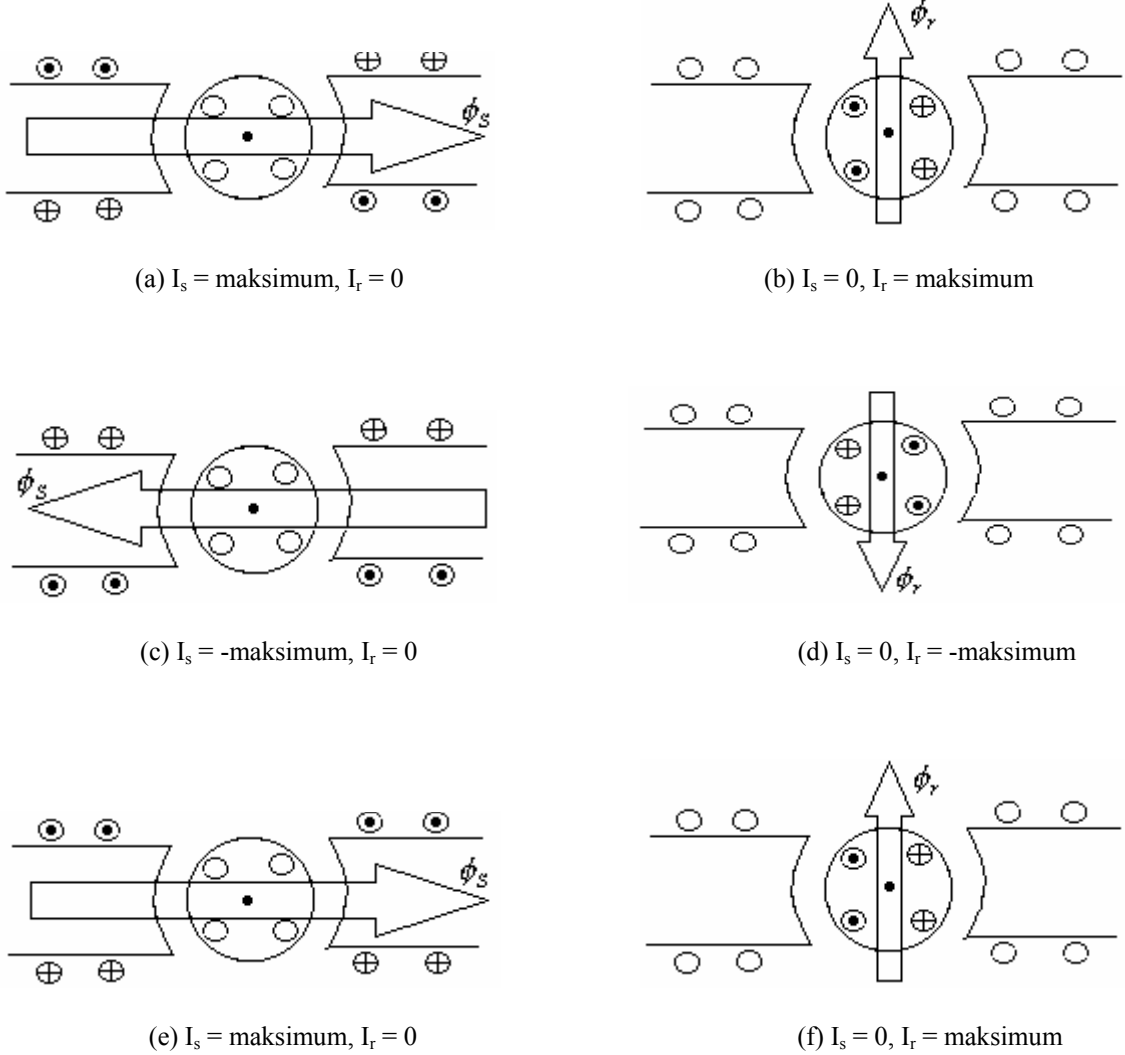
$t = 0$ iken, $\phi_b = \frac{\phi_M}{2} \cos \theta$ olup, eğer a fazının ekseni ile ϕ_b fazörü Şekil 2.5(a)'daki gibi çakışıyorsa ϕ_b 'nin değeri $\frac{\phi_M}{2}$ olmaktadır. $t = t_1$ olduğu zaman, Şekil 2.5(b)'de görüleceği gibi $\frac{\phi_M}{2}$ fazörü a eksenine göre wt_1 açısındadır.



Şekil 2.5. Ters yöndeki döner alanlar (a) $t = 0$ (b) $t = t_1$

Sonuç olarak, sadece ana sargı bulunduran tek fazlı asenkron motorlarda birbirine ters yönde dönen iki manyetik alan meydana gelir. Her bir alan birbirine zıt yönde moment üretirler. Eğer motor duruyorsa, ileri-moment ters-momente eşit ve zıt yöndedir. Bu momentlerin toplamı olarak elde edilen moment sıfırdır. Buradan anlaşılabacağı gibi, tek fazlı asenkron motor dururken moment üretemez ve dolayısıyla kendi kendine yol alamaz.

Tek fazlı asenkron motorlarda döner manyetik alanın nasıl meydana geldiğini aşağıda gösterilen Şekil 2.6 ile açıklayabiliriz;



Şekil 2.6. Tek fazlı asenkron motorda manyetik akının ani değişimi

Tek fazlı asenkron motorlarda rotor gerilimi hızla doğru orantılı olarak artar. Oluşan emk rotordan I_r akımının akmasına neden olur. Bu akım da rotor manyetik akısını (ϕ_r) üretecektir. Rotorun indüktansından dolayı ϕ_r , ϕ_s ' den elektriksel olarak 90° geridedir. Dolayısı ile bu iki akı birbirlerine diktirler. ϕ_s ile ϕ_r ' nin bileşkesi bir döner manyetik alandır. Üç fazlı asenkron motorlarda olduğu gibi ϕ_r , hızın artması ile büyüdüğünden senkron hızda ϕ_s ' ye eşit olmaktadır. Bu durum senkron hıza doğru yaklaştıkça motorun neden daha fazla moment ürettiğini açıklar.

Şekil 2.6' da rotor ve stator akımlarının bazı zaman aralıklarındaki değişimi ve döner manyetik alanın nasıl oluştuğu gösterilmiştir. Senkron hızın oldukça altındaki değerlerde ϕ_r değeri ϕ_s ' den oldukça küçük olacaktır.

Tek fazlı asenkron motorun çalışabilmesi için gerekli koşul olan kutupların frekansa bağlı olarak hareketi (döner manyetik alan) bu şekilde oluşmaktadır. 3 fazlı asenkron motorlarda olduğu gibi tek fazlı asenkron motorlarda da döner alan hızı olan senkron hız, frekansa ve çift kutup sayısına bağlıdır.

$$n_s = f \frac{60}{p} \quad (2.8)$$

Denklem (2.8)'de n_s senkron hızı, f şebeke frekansını ve P ise motorun çift kutup sayısını göstermektedir.

Diğer bütün asenkron motor prensiplerinde olduğu gibi tek fazlı asenkron motorlarda da rotor hızı olan asenkron hız, döner manyetik alanın gerisinde kalacak ve onu kayma kadar bir farkla geriden izleyecektir.

$$n_r = \frac{60 \cdot f}{p} (1 - s) \quad (2.9)$$

Denklem (2.9)'da n_r rotorun devir sayısını, ve s ise kaymayı göstermektedir.

Tek fazlı asenkron motorlarda genellikle kalkınma sağlandıktan ve motor hızı nominal hızının % 75 gibi bir değerine ulaştıktan sonra yardımcı sargı, bir merkezkaç anahtar veya elektromanyetik bir röle yardımı ile devreden çıkarılmaktadır. Böylece yardımcı sargı devrede kaldığında sargı üzerinde oluşabilecek ısı kayıplarından da kaçınılmış olunur. [1-9].

Tek fazlı asenkron motorlarda, yardımcı sargıyı devre dışı bırakmak için genellikle merkezkaç anahtar kullanılır. Merkezkaç anahtar, merkezkaç etkisi ile çalışan ve rotor mili üzerine monte edilen, motor dururken motor kapağı üzerindeki kontakları kapatarak yardımcı sargıyı devreye sokan, motor kalkındıktan sonra ise merkezkaç etkisi ile kontaklarını açarak yardımcı sargıyı devre dışı bırakan bir anahtardır.

Buzdolabı ve kompresör motorları gibi bazı motorlarda ise yardımcı sargıyı devre dışı bırakmak için manyetik röle kullanılmaktadır. Çünkü bu motorlarda merkezkaç anahtar kullanılması ve arıza yapması halinde, kompresörün sökülmesi ve kapalı sistemdeki soğutma gazının boşaltılması gibi sorunlar ortaya çıkacağından motor gövdesi dışına monte edilebilir bir düzenek düşünülmüştür.

Tek fazlı asenkron motorlarda yardımcı sargı çok kısa bir süre devrede kalacak şekilde yapılmıştır. Herhangi bir problemten dolayı yardımcı sargı devresindeki anahtarın arızalanması halinde, yardımcı sargı devrede kalacak olursa kısa bir süre sonra yanacaktır. Meydana gelen ısı, ana sargının da yanmasına sebep olacaktır.

Sonuç olarak tek fazlı asenkron motorlarda yardımcı sargı, rotor için ilk hareketi sağlamaktadır. Yardımcı sargıya seri bağlı olan kondansatör ise, ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasındaki faz farkını arttırarak kalkınma momentini arttırmaktadır.

3.TEK FAZLI ASENKRON MOTORLARIN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Giriş

Bu bölümde günlük hayatımızda kullandığımız tek fazlı asenkron motorlar sınıflandırılmıştır ve bu motorlar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Bölümün sonunda ise sınıflandırılan tek fazlı asenkron motorlar karşılaştırılıp hız – moment eğrileri verilmiştir. Böylece performans kıyaslaması yapılarak hangi motorların hangi uygulamalar için daha uygun olacağı anlatılmıştır.

Tek fazlı asenkron motorlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorlar
- Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlar
- Kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorlar
- Çift kondansatörlü asenkron motorlar

3.2.Yardımcı Sargılı Tek Fazlı Asenkron Motorlar

Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorlar iki sargı bulundurulur. Bu sargılar yardımcı sargı (başlangıç sargısı) ve ana sargı olarak adlandırılırlar. Ana ve yardımcı sargılar birbirlerine elektriksel olarak yaklaşık 90° ’lik açıyla yerleştirilirler. Bu sargıların sarım oranları ve kesitleri iyi düzenlenerek motor imal edilirse, kalkış momenti en az nominal yük momentine eşitlenecek şekilde bir moment elde edilebilir.

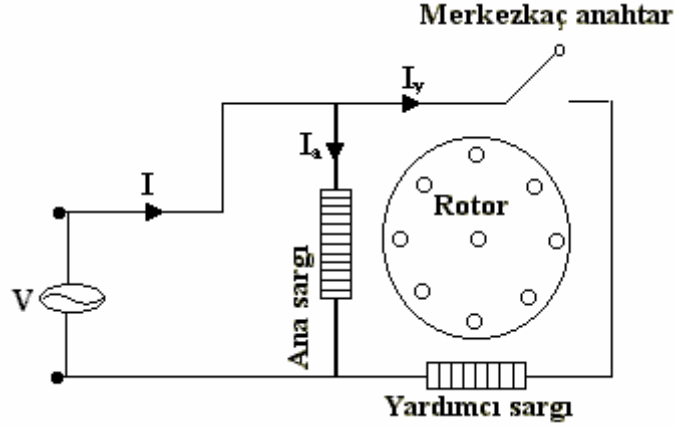
Daha fazla direnç sağlamak için ana sargıya paralel bağlı olan yardımcı sargı daha ince telden yapılmış ve daha az sarımla sarılmıştır. Motorun devir sayısı senkron devir sayısının %75-80’ ine ulaştığında yardımcı sargıya seri bağlı olan merkezkaç anahtar bu sargıyı devreden çıkarır. Daha kalın kesitli telden oluşan ana sargı ise yardımcı sargısının devre dışı kalmasından sonraki sürede motorun daimi çalışmasını sağlamaktadır.

Yardımcı sargı ince kesitli olduğundan dolayı merkezkaç anahtarın açma süresi uzun olursa, diğer bir ifadeyle motorun yol alma süresi büyükse, sargılar hızla ısındıklarından, koruma sistemlerini hızla devreye sokacak eğer koruma yoksa da yanacaktır.

Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorlardaki kalkış momenti, anma momentinden daha düşük bir değerdedir. Motorun kalkış akımı ise, anma akımının yaklaşık olarak 7 ile 10 katı arasındadır.

Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorlar düşük kalkış momentli ve yol alma zamanı küçük olan yükler için kullanılırlar.

Bu motorlar, el aletleri, brülörler, kurutucular, aspiratörler, öğütücüler, fanlar ve 0.05 hp’ den 0.35 hp arasında motor gücü gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadırlar [10].



Şekil 3.1. Yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motor devresi

3.3. Daimi Kondansatörlü Tek Fazlı Asenkron Motorlar

Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlar, yardımcı sargı ile seri bağlı bir daimi kondansatör ile çalışırlar. Bu motorlarda yardımcı sargı ve ona seri bağlı bulunan kondansatör, hem yol alma esnasında hem de sürekli çalışmada devamlı olarak devrede kalır. Bundan dolayı, yardımcı sargıyı devre dışı bırakacak merkezkaç anahtar veya manyetik röle gibi özel düzeneklere ihtiyaç yoktur. Bu motorlarda kullanılan kondansatör devamlı olarak devrede kalacak şekilde yapılmış olan yağlı kağıt kondansatördür.

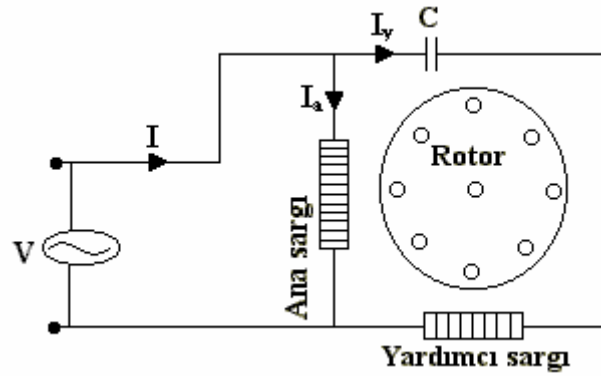
Yük altında çalışan bir daimi kondansatörlü motora uygulanan gerilim düşürüldüğünde, motorun momentini uygulanan gerilimin karesine bağlı olarak azalacaktır. Motor momentinin azalması motor hızının düşmesine ve kaymanın büyümesine neden olmaktadır. Kaymanın artması ise rotordaki bakır kayıplarının artmasına sebep olmakla birlikte, motorlarda bu kayıplar ihmal edilmektedir [9].

Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlar çeşitli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar arasında tasarım sırasında motor yapısının kolayca değiştirilebileceğini ve böylece anma yük altında en iyi verim ve yüksek güç faktörü (PF)'nin elde edilebileceği söylenebilir [10]. Ayrıca daimi kondansatörlü tek fazlı motorlar, merkezkaç anahtarının bulunmaması nedeniyle çok düzgün ve sessiz çalışarak az bakım gerektirirler.

Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlar, tek fazlı asenkron motorlar arasında en iyi model olarak düşünülmektedir. Bunun sebebi olarak ta diğer tek fazlı asenkron motorların kullanmış oldukları merkezkaç anahtarına bu motorların gerek duymaması olarak gösterilmektedir.

Daimi kondansatörlü motorlar, iki fazlı motorlara benzerler. Ancak bu motorların her iki stator sargısı da aynı fazdan beslenir. Yardımcı sargı ince kesitli ve çok sarımlıdır. Bu motorlar tam yükte çalışırken iki fazlı motor gibi davranırlar. Tam yükte sargıların ürettikleri manyetik alanlar birbirlerine eşittir ve aralarında elektriksel olarak 90° faz farkı vardır. Böylece bu tip motorlarda titreşim olmamaktadır.

Bu motorların kullanıldığı geniş uygulamalar arasında ayarlanabilir mekanizmalardan olan kapı operatörleri ve garaj kapı açıcıları ile düşük başlangıç momenti gereksinimi duyan fanlar, vantilatörler, aspiratörler ve sessiz çalışmanın istenildiği yerler olarak gösterebilir [6, 10].



Şekil 3.2. Daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi

3.4. Kondansatör Yolvermeli Tek Fazlı Asenkron Motorlar

Kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorlar, yol alma akımını yükseltmek amacıyla, yardımcı sargıya seri bağlanan bir kondansatör ile yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorların benzeri olarak imal edilirler. Yardımcı sargı devresine seri bağlanan kondansatör reaktansından dolayı, motorun şebekeden çektiği ilk kalkış akımı da düşük olmaktadır. Kondansatör uçlarında bulunan gerilim şebeke geriliminden büyük olur ve bu gerilim motorun boşta dönmesi anında en büyük değerine ulaşmaktadır. Bu sebepten dolayı kondansatörlü bir motorun kondansatörü, ortaya çıkabilecek en büyük gerilime göre seçilmiş olmalıdır.

Kondansatör yolvermeli motorların, yardımcı sargısının sarım sayısı ana sargınıninkine eşit olabilir. Kondansatör değeri ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasında yaklaşık 80° faz farkı olacak şekilde seçilmelidir. Yardımcı sargılı motorlarda ise faz farkı yaklaşık 25° dir. Bu sebepten ötürü aynı moment şartında, kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akımı, yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akımından

yaklaşık 2 kat daha azdır. Böylece kondansatörlü tek fazlı asenkron motorların ısınması daha yavaş gerçekleşir.

Kondansatör değeri ne kadar büyük olursa, kondansatörlü motorun yol alma momenti o kadar büyük olmaktadır. Diğer bir yünden, kondansatörün büyük olması yardımcı sargının daha çok akım çekmesine ve ısınmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür motorların birçoğunda özel yol verme kondansatörleri kullanılmaktadır. Motor yol aldıktan sonra aldıkdan sonra yol verme kondansatörü ya elle ya da merkezkaç kuvveti ile çalışan bir şalter aracılığı ile devreden çıkarılmaktadır. Motor anma gücünün her kW' ı için yol verme kondansatörünün 4 kVar' lık bir tepkin güç çekmektedir [10].

Bu motorlarda motor hızı nominal hızın yaklaşık olarak % 75' ine geldiği zaman yardımcı sargı ve bu sargıya seri bağlı bulunan kondansatör bir merkezkaç anahtar yardımı ile devre dışı bırakılmaktadır [2, 8].

Yardımcı sargı devresine seri bağlı kondansatör yardımı ile nominal momentten daha yüksek bir yol alma momenti elde edilir. Elde edilen bu yol alma momenti, nominal momentin yaklaşık 2 ile 4 katı arasında değişir. Bununla birlikte yol alma akımı, yardımcı sargının omik direncinin büyük olmasından dolayı diğer motorlara göre daha düşüktür. Bunun en iyi örneği kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorun yol alma akımı ile yardımcı sargılı tek fazlı asenkron motorun yol alma akımının kıyaslanmasıdır. Bu iki motor karşılaştırıldığında kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorun yol alma akımının daha düşük olduğu görülmektedir. Yol alma akımı da nominal akımın yaklaşık olarak 4.5 ile 5.5 katı arasında değişir [10].

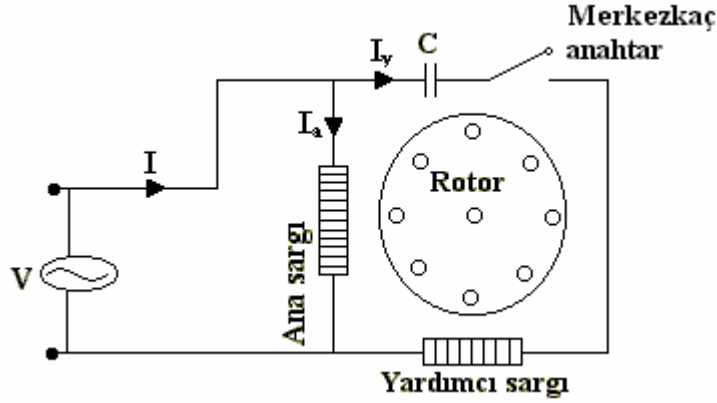
Kondansatör yolvermeli tek fazlı motorlar, sahip oldukları özelliklerden dolayı, yüksek kalkış momenti gerektiren kayışla tahrik sistemleri ile büyük havalandırma sistemlerinde ve pompalarda kullanılmaktadır [10].

Bu motorlarda kullanılan kondansatörler elektrolitiktir ve genellikle motor gövdesi üzerine monte edilirler. Bu kondansatörler, ancak kısa bir süre devrede kalabilen elektrolitik kondansatörler olduğu için, şayet uzun süre devrede kalacak olursa patlama tehlikesi bulunmaktadır [9].

Kondansatör yolvermeli tek fazlı asenkron motorları özetleyecek olursak;

- Yardımcı sargı ile beraber kondansatör sadece yol alma sırasında devrededir. Motor yol aldıktan sonra yardımcı sargı ile birlikte kondansatör, merkezkaç anahtar ile devre dışı bırakılır.
- Bu motorların 3 HP' ye kadar güce sahip olanları ,genel amaçlar için kullanılır.

- Endüstriyel amaçlı tek fazlı olarak geniş bir alanda kullanılan motorlardır.

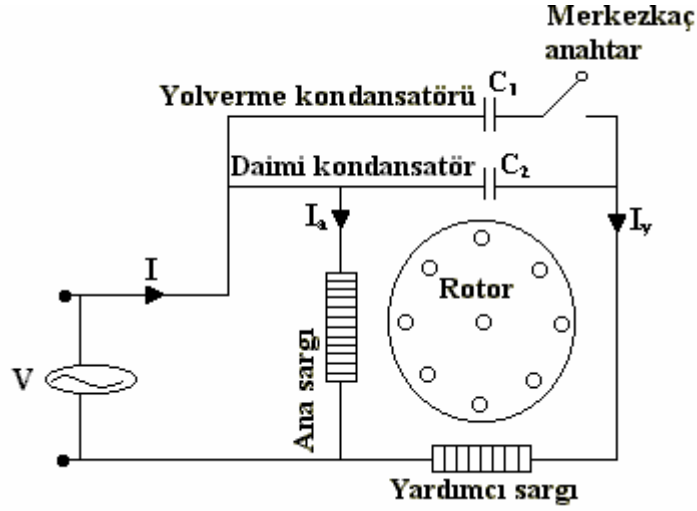


Şekil 3.3. Yolverme kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi

3.5. Çift Kondansatörlü Tek Fazlı Asenkron Motorlar

Endüstriyel uygulamalar için kullanılan tek fazlı asenkron motorların en popüler ve en çok kullanılan tipi çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlardır. Kondansatör yolvermeli motorlardan olan bu tip motorlar, daimi kondansatörlü tek fazlı asenkron motorların kalkış momentinin küçük olması eksikliğini gidermişlerdir. Şekil 3.4’de görülen çift kondansatörlü motordaki, yolverme kondansatörü yol alma momentini arttırmak için yol alma süresince kullanılmakta ve daha sonra nominal hızın %75’inde iken merkezkaç anahtar vasıtası ile devre dışı bırakılmaktadır. Şekil 3.4’deki daimi kondansatör ise verimi daha iyi hale getirmek için hem yol alma süresince hem de sürekli durumda kullanılmakta ve sürekli devrede kalmaktadır.

Çift kondansatörlü motorlarda yardımcı sargı, motorun hem yol alma sırasında hem de çalışma süresi boyunca devrededir. Yol alma esnasında daha yüksek kondansatör değeri elde etmek için paralel bağlı iki kondansatör yardımcı sargı devresine bağlanır.



Şekil 3.4. Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motor devresi

Motor nominal hızının % 75'ine ulaştığında, merkezkaç anahtar ilk kalkınma kondansatörünü (Yolverme kondansatörünü) devre dışı bırakır.

Şekil 3.4'deki daimi kondansatör, çalışma süresi boyunca devrede olan ve küçük değerli bir kondansatördür. Yol verme kondansatörü ise merkezkaç anahtar vasıtası ile devreden çıkan ve daha yüksek değerli elektrolitik bir kondansatördür. Motorun yol alma süresince kısa bir zaman için kullanılan elektrolitik kondansatörleri sürekli çalışmada kullanamayız. Bunun için Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, sürekli olarak devrede kalacak olan daimi kondansatör, yardımcı sargıya doğrudan bağlıdır. Merkezkaç anahtar ile devre dışı bırakılan elektrolitik kondansatör daimi kondansatöre paralel bağlıdır [9].

Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorların bazı dezavantajları vardır. Bunların en belirgin olanları; motor çalışırken nominal hızın % 75'ine yakın bir hızda yol verme kondansatörünün bir merkezkaç anahtar ile devre dışı bırakılması sonucunda motorda oluşan kararsızlık ve yol verme ile daimi kondansatörlerin beraber kullanılmalarından dolayı sisteme getirdikleri ek maliyettir.

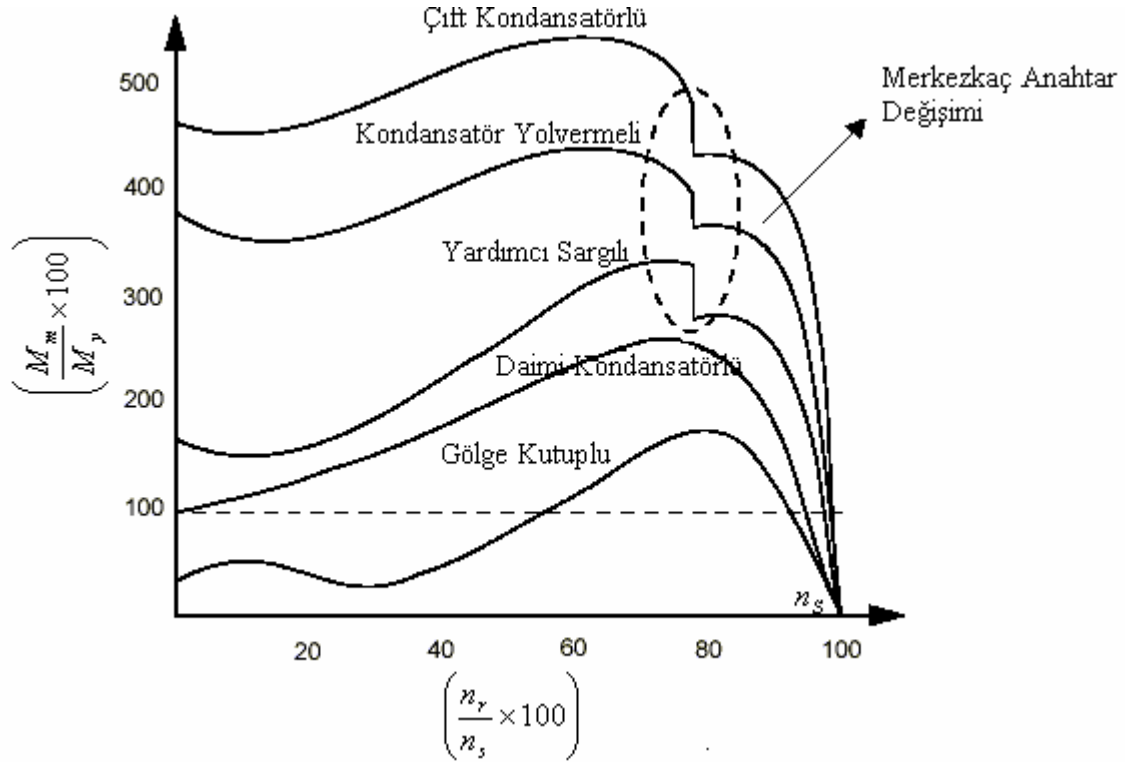
Bu motorlar; hava kompresörleri, yüksek basınçlı su pompaları, vakum pompaları ile 1hp'den 10 hp'e kadar olan güç aralığındaki uygulamalar için kullanılmaktadır [10].

Çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorları özetleyecek olursak;

- Yol verme kondansatörlü asenkron motor ile daimi kondansatörlü asenkron motorun tüm avantajlarını taşımaktadır. Motor yol aldıktan sonra büyük değerli olan kondansatör, merkezkaç anahtar ile devreden çıkar ve daimi kondansatör ise devrede kalır.

- Yüksek güçte imal edilen tek fazlı motorlardır.

Tek fazlı asenkron motorlar için verilen bütün bu bilgilerden sonra bu motorların kendi aralarında olan hız – moment eğrileri Şekil 3.5’ deki gibi gösterilip karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca, çoğu zaman tek fazlı asenkron motorlar sınıfına alınmayan fakat, tek fazlı gerilim ile çalışan gölge kutuplu motorların da hız – moment eğrisi Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların hız – moment eğrileri

Şekil 3.5’ deki M_m ; motor momentini, M_y ; yük momentini, n_r ; motor hızını, n_s ; senkron hızı ifade eder. Şekilden de görüldüğü gibi en yüksek kalkış momenti çift kondansatörlü asenkron motora aittir. Buradan anlaşılabileceği gibi üzerinde kondansatör bulunduran motorların sahip olduğu tam yükteki moment değeri diğer motorların momentlerine göre çok daha iyidir.

Ayrıca yine şekilden görüleceği üzere, yolverme kondansatörlü tek fazlı motorlarda kondansatörün veya yardımcı sargının devre dışı bırakılması için kullanılan merkezkaç anahtarın moment eğrisi üzerinde meydana getirdiği ani değişime görülmektedir. Bu ani değişim

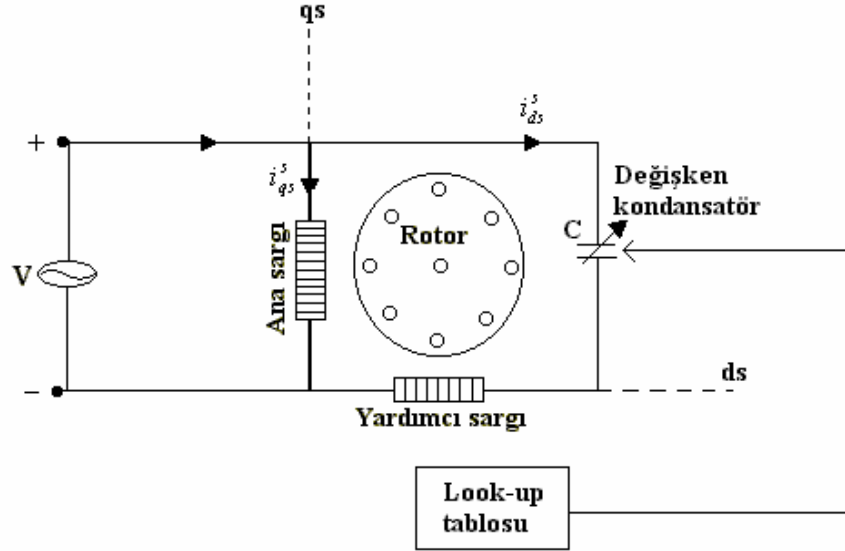
moment üzerinde kararsızlığa sebep olmakta ve tek fazlı asenkron motorların bir dezavantajı olarak gösterilmektedir.

Gölge kutuplu asenkron motorların ise, yol alma momentlerinin, verimlerinin ve aşırı yüklenmelerdeki tepkisinin oldukça düşük olduğu Şekil 3.5’de görülmektedir. Ancak bu motorlarında yapılarının basit oluşu, sessiz çalışmaları ve ekonomik olmaları tercih sebebi olmalarını sağlamaktadır.

4. ANAHTARLAMALI KONDANSATÖRLÜ TEK FAZLI ASENKRON MOTORUN SIMULINK MODELİNİN ELDE EDİLMESİ

4.1. Giriş

Bu bölümde, tezde yapılmış olan simülasyonda kullanılan tek fazlı asenkron motorun anahtarlama kondansatör modeli matematiksel ifadeler ile verilmiştir.



Şekil 4.1. Öngörülen sistemin d-q eksenindeki blok şeması

Tek fazlı asenkron motorlarda, maksimum moment elde etmek için anahtarlama kondansatör kullanılır. Bu yöntemle, hem çift kondansatörün hem de merkezkaç anahtarın dezavantajından kurtulmuş olunur. Simülasyonda, değişken kondansatör değerleri için bir look-up tablosu kullanılmıştır. Look-up tablosundaki kondansatör değerleri, bir sonraki bölümde elde edilen, motora ait hız-kondansatör değişiminden elde edilmiştir.

Benzetimde kullanılan anahtarlama tek fazlı asenkron motorun genel matematiksel denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$V_{sq} = (R_{sq} + pL_{sq})i_{sq} + pL_{0q}i'_{rq} \quad (4.1)$$

$$V_{sd} = (R_{sd} + pL_{sd})i_{sd} + pL_{0d}i'_{rd} \quad (4.2)$$

$$0 = (pL_{0q})i_{sq} - \left(\frac{N_q}{N_d}\omega_r L_{0d}\right)i_{sd} + (R'_{rq} + pL'_{rq})i'_{rq} - \left(\frac{N_q}{N_d}\omega_r L'_{rd}\right)i'_{rd} \quad (4.3)$$

$$0 = (pL_{0d})i_{sd} - \left(\frac{N_d}{N_q}\omega_r L_{0q}\right)i_{sq} + (R'_{rd} + pL'_{rd})i'_{rd} - \left(\frac{N_d}{N_q}\omega_r L'_{rq}\right)i'_{rq} \quad (4.4)$$

Yukarıdaki denklemlerdeki V_{sq} ve V_{sd} q ve d eksenlerindeki stator gerilimleri, R_{sq} ve R_{sd} q ve d eksenlerindeki stator dirençleri, L_{sq} ve L_{sd} q ve d eksenlerindeki stator indüktansları, p diferansiyel (d/dt), i_{sq} ve i_{sd} q ve d eksenlerindeki stator akımları, L_{0q} ve L_{0d} q ve d eksenlerindeki ortak indüktanslar, i'_{rq} ve i'_{rd} q ve d eksenlerindeki rotor akımları, N_q ve N_d q ve d eksenlerindeki efektif dönmeler, R'_{rq} ve R'_{rd} q ve d eksenlerindeki rotor dirençleri, L'_{rq} ve L'_{rd} q ve d eksenlerindeki rotor indüktansları ve ω_r ise rotorun açısal hızı olarak tanımlanır.

q ve d eksenlerindeki stator ve rotor indüktansları ise aşağıdaki denklemler ile tanımlanabilir.

$$L_{sq} = L_{lsq} + L_{0q} \quad (4.5)$$

$$L_{sd} = L_{lsd} + L_{0d} \quad (4.6)$$

$$L'_{rq} = L'_{lsq} + L'_{0q} \quad (4.7)$$

$$L'_{rd} = L'_{lsd} + L'_{0d} \quad (4.8)$$

Denklemlerde görünen L_{lsq} ve L_{lsd} q ve d eksenlerindeki stator kaçak indüktansları ve L'_{lrq} ve L'_{lrd} q ve d eksenlerindeki rotor kaçak indüktanslarıdır.

Tek fazlı asenkron motorun anlık elektromanyetik moment denklemi ise;

$$T_e = \frac{P}{2} \frac{N_d}{N_q} L_{0q} (i_{sq} i'_{rd} - i_{sd} i'_{rq}) \quad (4.9)$$

Denklemden görünen P tek fazlı asenkron motorun çift kutup sayısını göstermektedir. Tek fazlı asenkron motorun elektromekaniksel denklemi ise yine aşağıda gösterilmiştir.

$$P\omega_r = \frac{1}{J_m} (T_e - T_l) \quad (4.10)$$

Yukarıdaki denklemde görünen J_m , motorun atalet sabiti, ω_r motorun açısal hızı ve T_l ise harici yükü ifade eder [3,4,5].

Bu denklemlerdeki d eksenini yardımcı sargıya karşılık gelmekte ve q eksenini de ana sargıya karşılık gelmektedir. Bu sebeple V_{sq} gerilimi V_{kaynak} kaynak gerilimine denk olacaktır. Yardımcı sargı gerilimi de aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

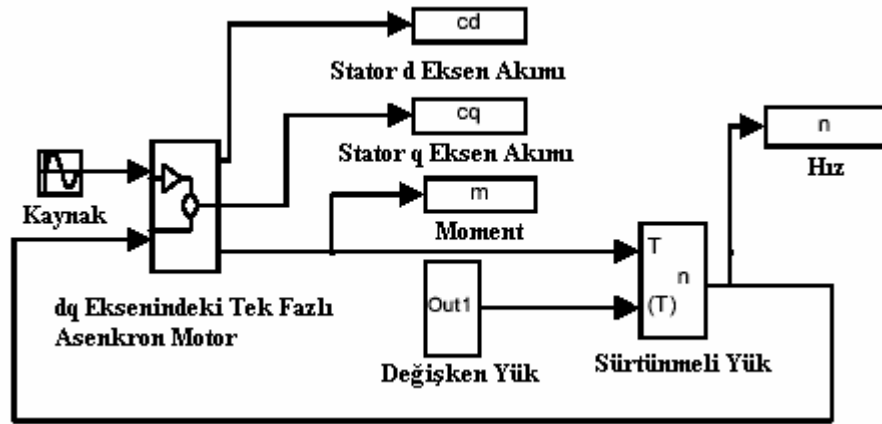
$$V_{sd} = V_{kaynak} - \frac{1}{C} \int i_{sd} dt \quad (4.11)$$

Denklem (5.25)'deki V_{kaynak} tek fazlı asenkron motorun giriş gerilimini, C ise yardımcı sargı devresine seri bağlı olan kondansatörü göstermektedir [3,4,5].

Simulasyon temelde 3 parametre grubundan oluşmaktadır. Bunlar; giriş, çıkış ve hesaplanan parametreler olarak sınıflandırılır. Simulasyonun gerçekleştirilebilmesi için hesaplanan parametreler sabitler içermektedir. Giriş parametreleri değiştirilebilir ve modelin

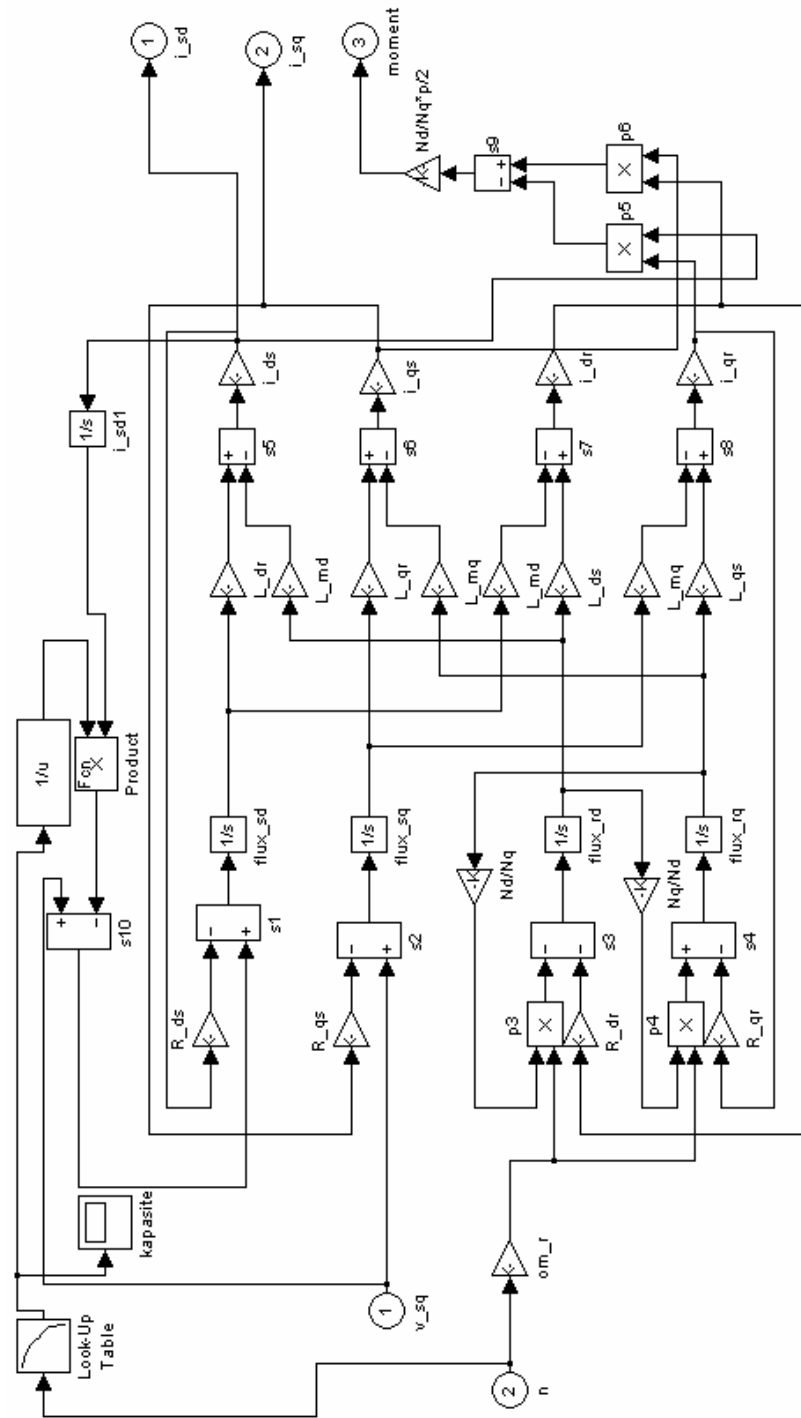
ilerlemesi için kullanılır. Çıkış parametreleri ise simulasyon bittiği zaman sonuçlara ulaşabilmek için incelenmektedir.

Tek fazlı asenkron motorun toolbox'ında gösterilen girişler, motor hızı ve kaynak gerilimidir. Motor hızı, simulasyonun bir sonucudur ve aynı zamanda motor toolbox'ı ile geri besleme için giriş parametresi olarak kullanılmaktadır. Motor momenti ve d – q eksenindeki stator akımları tek fazlı asenkron motorun çıkış parametreleridir. Bu bloğun hesaplanan parametreleri ise; d – q eksenindeki stator ve rotor dirençleri ve indüktansları, ortak indüktans, kutup sayısı ve dönme oranı olan N_d/N_q .



Şekil 4.2. Anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun simulink modeli

Mekanik yük ile yüklenmiş tek fazlı asenkron motorun modeli Şekil 4.2' deki gibi ayrı bir blok ile verilmiş ve modellenmiştir. Bu bloğun için giriş parametreleri; tek fazlı asenkron motorun elektromanyetik momenti, motor hızı ve uygun yüküdür. Mekanik yük için hesaplanan parametreler; yük momenti, sürtünme ve atalettir. Bu blok tek fazlı asenkron motorun elektromekanik moment ifadesindeki motor hızının hesaplanması için kullanılmıştır.



Şekil 4.3.d – q ekseninde tek fazlı asenkron motorun benzetim modelinin açık şeması

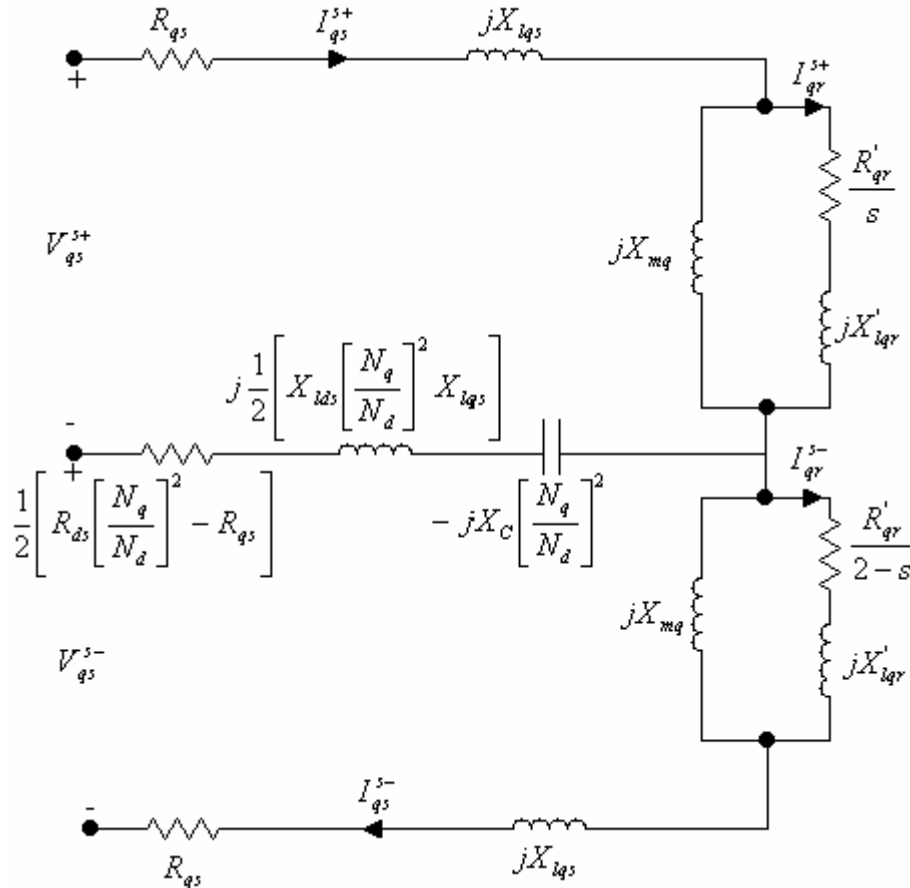
Yukarıdaki şekil 4.3’de tek fazlı bir asenkron motorun açık modeli gösterilmiştir. Model tek fazlı asenkron motorun matematiksel denklemlerinden faydalanılarak çıkartılmıştır.

5. TEK FAZLI ASENKRON MOTORLARDA UYGUN KONDANSATÖR DEĞERİNİN BULUNMASI

5.1 Giriş

Kondansatör yol almalı ve çift kondansatörlü motorlarda, yol alma kondansatörünün değeri kalkış momentinin büyüklüğünü belirlemektedir. Kalkış momentinin maksimum yapılması için, yardımcı sargıya bağlı olan daimi kondansatöre paralel bağlanan elektronik anahtarın anahtarlanması ile kondansatör değeri efektif olarak değiştirilmiştir.

Bu bölümde tek fazlı asenkron motorun uygun çalışma kondansatörünü bulmak için tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresinden faydalanılarak denklemler çıkarılmıştır. Bu denklemler çözülerek uygun kondansatör – hız eğrisi çıkarılmıştır.



Şekil 5.1. Tek fazlı asenkron motorun sürekli durum eşdeğer devresi

Şekil 5.1’de görülen semboller aşağıdaki gibi açıklanır;

V_{qs}^{s+} ve V_{qs}^{s-}	q ekseninde pozitif ve negatif periyotlardaki stator gerilimleri,
R_{qs} ve R_{ds}	q ve d eksenlerindeki dirençleri,,
i_{qs}^{s+} ve i_{qs}^{s-}	q ekseninde pozitif ve negatif periyotlardaki stator akımları,
X_{mq}	q eksenindeki manyetik reaktans,
N_q ve N_d	q ve d eksenlerindeki rotor açısal hızına göre efektif dönüşler,
R'_{qr}	q eksenlerindeki rotor direnci olarak ifade edilir.

Ayrıca q ve d eksenlerindeki reaktanslar aşağıdaki gibi ifade edilirler;

$$X_{qs} = X_{lqs} + X_{mq} \quad (5.1)$$

$$X_{ds} = X_{lds} + X_{md} \quad (5.2)$$

$$X'_{qr} = X'_{lqr} + X_{mq} \quad (5.3)$$

$$X'_{dr} = X'_{ldr} + X_{md} \quad (5.4)$$

olarak ifade edilirler. Bu denklemlerdeki;

X_{lqs} ve X_{lds} q ve d eksenlerindeki stator kaçak reaktansları,

X'_{lqr} ve X'_{ldr} q ve d eksenlerindeki rotor kaçak reaktanslarını belirtir.

Şekil 5.1’deki tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresinden motorun momenti aşağıdaki gibi tanımlanabilir [6].

$$T_e = \frac{1}{\omega_e} \frac{2}{P} \left\{ \left[(R_{qs} + R_b + R_d) V_{qs+}^s + R_d V_{qs-}^s \right]^2 + \left[(X_{lqs} + X_b + X_d) V_{qs+}^s + X_d V_{qs-}^s \right]^2 \right\} \cdot$$

$$\left(R_a / (M_1^2 + N_1^2) \right) - \frac{1}{\omega_e} \frac{2}{P} \left\{ \left[(R_{sq} + R_a + R_d) V_{sq-}^s + R_d V_{sq+}^s \right]^2 + \left[(X_{lsq} + X_a + X_d) V_{sq-}^s + X_d V_{sq+}^s \right]^2 \right\}$$

$$\left(R_b / (M_1^2 + N_1^2) \right) \quad (5.5)$$

Denklemlerdeki $R_a, X_a, R_b, X_b, R_d, X_d, M_1, N_1$, sembolik değişkenler olup aşağıdaki gibi ifade edilirler.

$$R_a = \left[X_{ms}^2 R'_{qr} / s \right] / \left[(R'_{qr} / s)^2 + (X_{ms} + X'_{lqr})^2 \right] \quad (5.6)$$

$$X_a = \left[X_{ms} (R'_{qr} / s)^2 + (X_{ms} + X'_{lqr}) X_{ms} X'_{lqr} \right] / \left[(R'_{qr} / s)^2 + (X_{ms} + X'_{lqr})^2 \right] \quad (5.7)$$

$$R_b = \left[X_{ms}^2 R'_{qr} / (2-s) \right] / \left[(R'_{qr} / 2-s)^2 + (X_{ms} + X'_{lqr})^2 \right] \quad (5.8)$$

$$X_b = \left[X_{ms} \left(R_{qr}' / (2-s)^2 \right) + (X_{ms} + X_{lqr}') X_{ms} X_{lqr}' \right] / \left[\left(R_{qr}' / (2-s)^2 \right) + (X_{ms} + X_{lqr}')^2 \right] \quad (5.9)$$

$$R_d = 0.5 \left[R_{ds} \left(N_q / N_d \right)^2 - R_{qs} \right] \quad (5.10)$$

$$X_d = 0.5 X_{lds} \left(N_q / N_d \right)^2 - 0.5 X_{lqs} - X_C \quad (5.11)$$

$$M_1 = (R_{qs} + R_a + R_d) (R_{qs} + R_b + R_d) - (X_{lqs} + X_a + X_d) (X_{lqs} + X_b + X_d) - (R_d^2 - X_d^2) \quad (5.12)$$

$$N_1 = (R_{qs} + R_a + R_d) (X_{lqs} + X_b + X_d) + (R_{qs} + R_b + R_d) (X_{lqs} + X_a + X_d) - 2 R_d X_d \quad (5.13)$$

Farklı hızlardaki maksimum moment $dT_e/dX_c = 0$ denklemi ile elde edilir ve aşağıdaki gibi gösterilir.

$$V_{qs}^s (M_1^2 + N_1^2) (R_a S_1 - R_b Q_1) + \{ M_1 (-2 X_{lqs} - X_a - X_b) + N_1 (2 R_{qs} + R_a + R_b) \} \{ R_b (P_1^2 + Q_1^2) - R_a (T_1^2 + S_1^2) \} = 0 \quad (5.14)$$

Bu denklemde görülen P_1 , Q_1 , S_1 ve T_1 sembolik değişkenlerdir ve aşağıdaki gibi ifade edilirler.

$$P_1 = (R_{qs} + R_a + R_d) V_{qs-}^s + R_d V_{qs+}^s \quad (5.15)$$

$$S_1 = (X_{lqs} + X_b + X_d) V_{qs+}^s + X_d V_{qs-}^s \quad (5.16)$$

$$T_1 = (R_{qs} + R_b + R_d) V_{qs+}^s + R_d V_{qs-}^s \quad (5.17)$$

$$Q_1 = (X_{lqs} + X_a + X_d) V_{qs-}^s + X_d V_{qs+}^s \quad (5.18)$$

Kondansatörün anahtarlanması ile sürekli kondansatörün rektansı ve efektif kondansatörün reaktansı arasındaki ilişki yaklaşık olarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır[1,5].

$$X_{Cefektif} = X_{Csürekli} \frac{t_{off}}{T} = X_{Csürekli} (1-d) \quad (5.19)$$

Denklem (5.19)'da $X_{cefeaktif}$ efektif reaktans, $X_{csürekli}$ sürekli kondansatörün reaktansı, T ise periyottur, bu periyot elektronik anahtarın açma ve kapama aralığıdır. d ise görev periyodudur. $X_c = 1/JWC$ ifadesi yukarıdaki denklemde yerine konulursa aşağıdaki ifadeyi elde etmiş oluruz.

$$C_{efektif} = C_{sürekli} \frac{1}{1-d} \quad (5.20)$$

Denklem (5.20)' den görüldüğü gibi elektronik anahtarların görev periyodu değiştirildikçe farklı kondansatör değerleri elde edilir.

Tek fazlı asenkron motorlarda uygun kondansatör değerlerinin hesaplanması için yukarıda gösterilen denklemlerden faydalanılır.

Denklemlerde görüleceği gibi X_c ifadesi sadece (5.11) numaralı denklemdeki X_d ifadesinde bulunmaktadır. Bundan dolayı denklemler çözülürken X_d ' li ifadeler çekilip X_c yerine koyulacaktır. Ayrıca denklemlerin çözümünü kolaylaştırmak için bazı kısaltmalar kullanılmıştır.

Denklemlerde X_d ifadesini bulunduranları uygun katsayılarla kısaltacak olursak;

$$M_1 = A_1 - A_2 X_d \quad (5.21)$$

$$N_1 = B + B_1 X_d \quad (5.22)$$

$$Q_1 = C + C_1 X_d \quad (5.23)$$

$$S_1 = D + D_1 X_d \quad (5.24)$$

$$M_1 = A - X_{lqs}^2 - X_{lqs} X_b - X_{lqs} X_a - X_a X_b - R_d^2 - (2X_{lqs} + X_a + X_b) X_d \quad (5.25)$$

Yukarıdaki denklemlerden çözümü kolaylaştıracak katsayıları tanımlayacak olursak;

$$A = (R_{qs} + R_a + R_d)(R_{qs} + R_b + R_d) \quad (5.26)$$

$$A_1 = A - X_{lqs}^2 - X_{lqs} X_b - X_{lqs} X_a - X_a X_b - R_d^2 \quad (5.27)$$

$$A_2 = (2X_{lqs} + X_a + X_b) \quad (5.28)$$

$$B = (R_{qs} + R_a + R_d)(X_{lqs} + X_b) + (R_{qs} + R_b + R_d)(X_{lqs} + X_a) \quad (5.29)$$

$$B_1 = (2R_{qs} + R_a + R_b) \quad (5.30)$$

$$C = (X_{lqs} + X_a) V_{qs-}^s \quad (5.31)$$

$$C_1 = (V_{qs-}^s + V_{qs+}^s) \quad (5.32)$$

$$D = (X_{lqs} + X_b) V_{qs+}^s \quad (5.33)$$

$$D_1 = (V_{qs+}^s + V_{qs-}^s) \quad (5.34)$$

Yukarıda belirtilen katsayıları, (5.14) numaralı denklemde yerine koyup bu denklemi çözebiliriz. Ancak (5.14) numaralı denklem oldukça uzun olduğu için bu denklemi parçalara ayırıp tekrardan yazacak olursak;

$$V_{qs}^s (M_1^2 + N_1^2) (R_a S_1 - R_b Q_1) + \quad (5.35.a)$$

$$\{M_1 (-2X_{lqs} - X_a - X_b) + N_1 (2R_{qs} + R_a + R_b)\} \quad (5.35.b)$$

$$\{R_b (P_1^2 + Q_1^2) - R_a (T_1^2 + S_1^2)\} = 0 \quad (5.35.c)$$

Denklemin (a) bölümü için gerekli katsayılar yerine koyulup çarpma işlemi gerçekleştirilirse, (a) bölümü için denklem (5.36)' daki son durum elde edilmiş olunur.

$$\begin{aligned}
& V_{qs}^s \left[(A_2^2 + B_1^2) (R_a D_1 - R_b C_1) \right] X_d^3 + V_{qs}^s \left[(A_2^2 + B_1^2) (R_a D - R_b C) + (2BB_1 - 2A_1 A_2) \right. \\
& \left. (R_a D_1 - R_b C_1) \right] X_d^2 + V_{qs}^s \left[(2BB_1 - 2A_1 A_2) (R_a D - R_b C) + (A_1^2 + B^2) (R_a D_1 - R_b C_1) \right] X_d \\
& V_{qs}^s \left[(A_1^2 + B^2) (R_a D - R_b C) \right]
\end{aligned} \tag{5.36}$$

Denklemin (b) bölümü için gerekli işlemler yapılıncı aşağıdaki denklem elde edilir.

$$(-A_1 A_2 + BB_1) + (B_1^2 + A_2^2) X_d \tag{5.37}$$

Denklemin (c) bölümünün son hali aşağıda gösterilmiştir;

$$(R_b C_1^2 - R_a D_1^2) X_d^2 + (2R_b CC_1 - 2R_a DD_1) X_d + (R_b P_1^2 + R_b C^2 - R_a T_1^2 - R_a D^2) \tag{5.38}$$

Denklem (5.35)'e ait (b) ve (c) bölümleri çarpılıp, (a) bölümü ile toplanıp elde edilen ifadede kısaltmalar kullanılırsa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$K_3 X_d^3 + K_2 X_d^2 + K_1 X_d + K = 0 \tag{5.39}$$

Daha önceden (5.11) numaralı denklem olarak tanımlanan X_d ifadesini tekrardan yazacak olursak;

$$X_d = 0.5 X_{lds} \left(N_q / N_d \right)^2 - 0.5 X_{lqs} - X_c \tag{5.40}$$

$$\begin{array}{c}
\text{---} \\
\text{E}
\end{array}$$

Yukarıdaki denklemde X_c ifadesi dışında kalan ifade E katsayısı olarak tanımlanmıştır. Buna göre X_d yeniden tanımlanıp (5.39) numaralı denklemde yerine yazılırsa aşağıdaki denklemi elde etmiş oluruz;

$$X_d = E - X_c \tag{5.41}$$

$$K_3 (-X_c^3 + 3EX_c^2 - 3E^2 X_c + E^3) + K_2 (E^2 - 2EX_c + X_c^2) + K_1 (E - X_c) + K = 0 \tag{5.42}$$

$$\begin{aligned}
& -K_3 X_c^3 + (3K_3 E + K_2) X_c^2 - (3K_3 E^2 + 2K_2 E + K_1) X_c + (K_3 E^3 + K_2 E^2 + K_1 E + K) = 0 \\
& \tag{5.43}
\end{aligned}$$

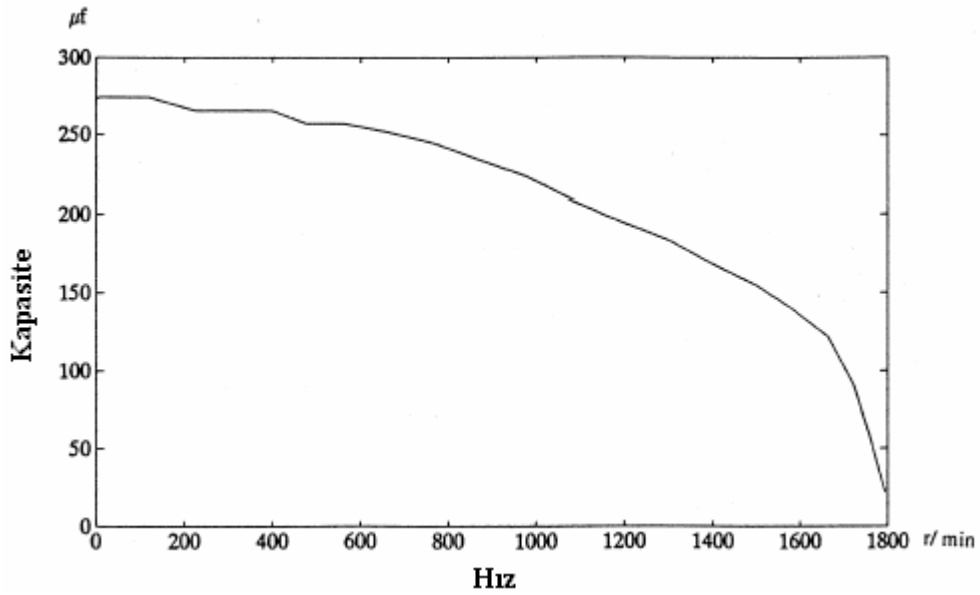
(5.43) numaralı denklemde bulunan uzun ifadeleri de kısaltacak olursak;

$$F_3 X_c^3 - F_2 X_c^2 + F_1 X_c - F = 0 \tag{5.44}$$

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ ifadesi yukarıdaki denklemde yerine yazılırsa;

$$F_3\left(\frac{1}{\omega^3 C^3}\right) - F_2\left(\frac{1}{\omega^2 C^2}\right) + F_1\left(\frac{1}{\omega C}\right) - F = 0 \quad (5.45)$$

Son olarak denklem (4.47)'de Ek:1' de verilen motor parametreleri ile motorun değişik değerdeki hızları girilince uygun kondansatör-hız eğrisi aşağıdaki Şekil 5.2' deki gibi elde edilir.



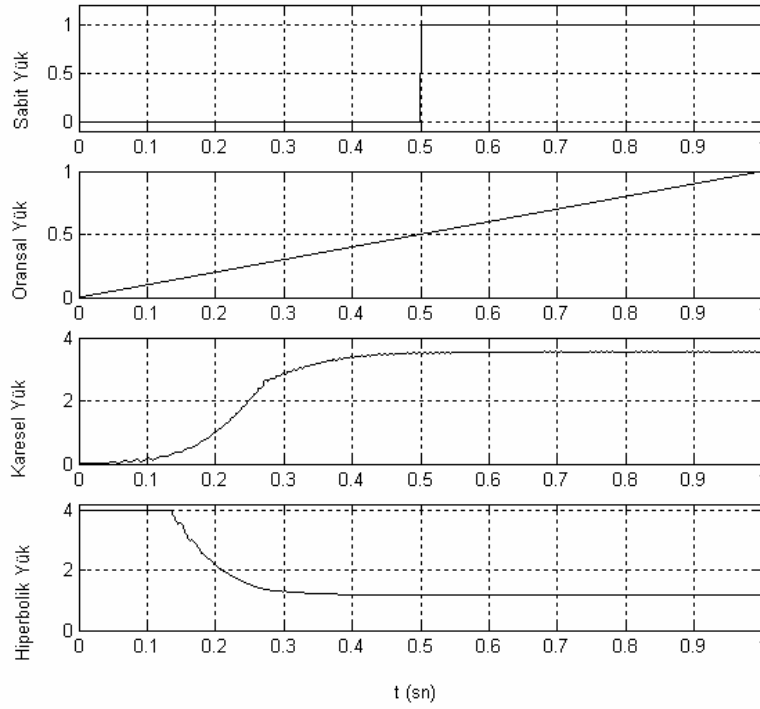
Şekil 5.2. Tek fazlı asenkron motor için uygun kondansatör – hız eğrisi

Şekil 5.2'de görülen uygun kondansatör – hız eğrisi uygun efektif kondansatör ve motor hızı arasındaki ilişki olarak ifade edilir ve yukarıdaki gibi gösterilir. Şekil 5.2'yi inceleyecek olursak; maksimum momenti elde etmek için, motor hızı arttığı zaman efektif kondansatörün yavaşça azalması gerektiği görülmektedir. Motorun yol alma anında daha büyük sığalı kondansatöre kullanılır. Bununla birlikte motor hızı ve uygun efektif kondansatör arasındaki ilişki nonlineerdir ve tek fazlı asenkron motor parametrelerine bağlıdır.

6. BENZETİM SONUÇLARI

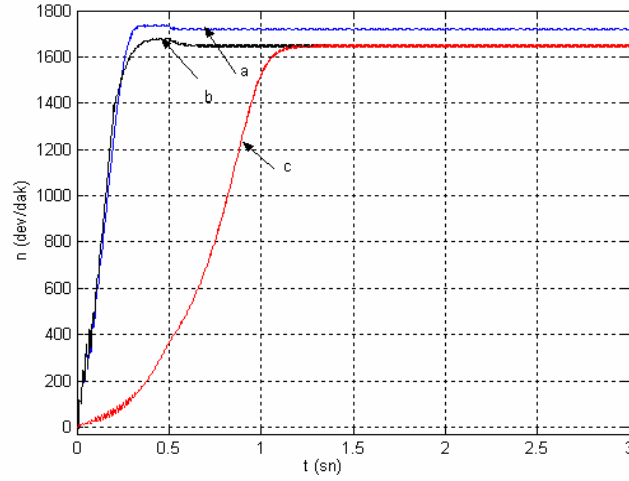
6.1. Giriş

Bundan sonraki kısımda anahtarlama tek fazlı asenkron motor ile çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun değişik yükler altındaki çeşitli dalga şekilleri gösterilmiştir. Her iki durumdaki tek fazlı asenkron motora uygulanacak yükler sırasıyla sabit, oransal, karesel ve hiperbolik yük olarak tasarlanmıştır. Uygulanan yükleri grafiksel olarak şekil 6.1’ deki gibi gösterebiliriz.



Şekil 6.1. Tek fazlı asenkron motora uygulanan değişik yüklerin eğrileri

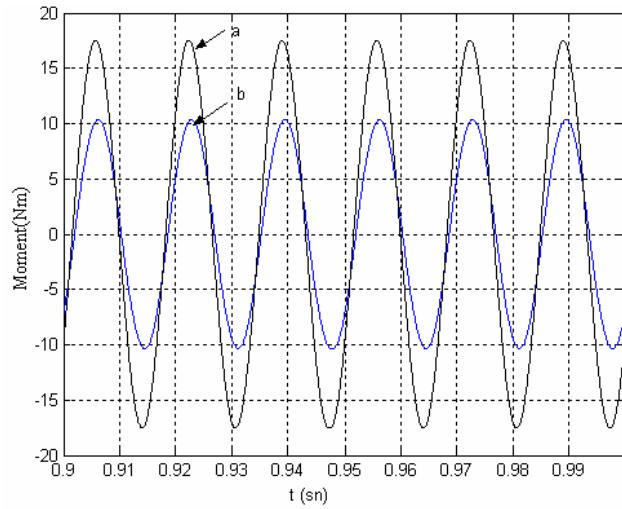
Yapılan simülasyonlarda, Ek 1’de parametreleri verilen, yol verme kondansatörü $275 \mu F$ ve daimi kondansatörü $30 \mu F$ olan çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motor kullanılmıştır. $275 \mu F$ ’lık yol verme kondansatörü nominal hızın % 75’ inde merkezkaç anahtar ile devre dışı bırakılmaktadır. Anahtarlama kondansatörlü motor için ise bir look-up tablosu kullanılmış ve kondansatör değeri, motorun hızına bağlı olarak $275 \mu F$ ile $30 \mu F$ arasında değiştirilmiştir. Benzetim sonuçları bu koşullar altında alınmıştır. Ayrıca sadece sabit yük koşulunda anahtarlama kondansatörlü motor ile çift kondansatörlü motorun sonuçları aynı grafik üzerinde gösterilerek anahtarlama kondansatörün üstünlüğü gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.2. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların hız-zaman eğrileri

(a) Anahtarlama kondansatör için (b) Çift kondansatör için (c) Sadece 30 μF 'lık kondansatör için

Şekil 6.2' de görüldüğü gibi anahtarlama kondansatörlü motorun sürekli duruma geçmesi çift kondansatörlü ve daimi kondansatörlü motora göre daha erken olmaktadır. Bu motorlar, sabit yük ile aynı yük koşulunda çalışmaktadır. Bu yük koşulunda anahtarlama kondansatörlü motorun daha yüksek hızlarda çalıştığı da Şekil 6.2' de görülür. Anahtarlama kondansatörlü motorda geçici durumda gerekli olan yüksek kondansatör değeri anahtarlamanın yapılması ile elde edilmiştir. Böylece anahtarlama kondansatörün avantajı hızlanma üzerinde görülmüştür.



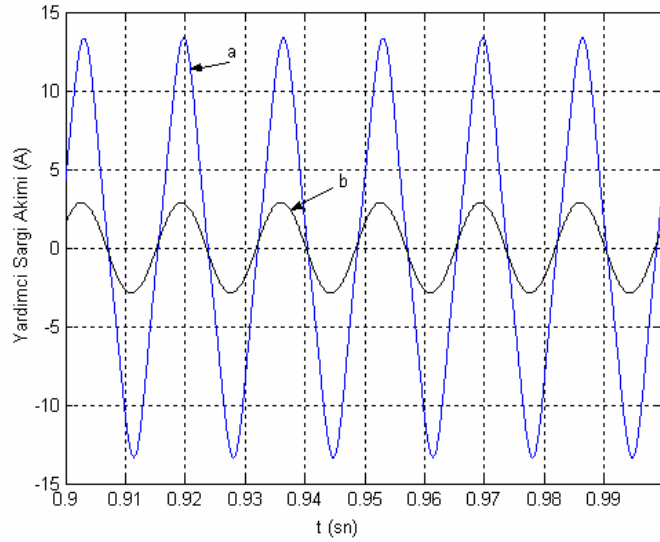
Şekil 6.3. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların sürekli durumdaki moment-zaman eğrileri

(a) Anahtarlama kondansatör için

(b) Çift kondansatör için

Şekil 6.3’ de görüldüğü gibi anahtarlamalı kondansatörlü motorun ürettiği moment, çift kondansatörlü motorun ürettiği momente göre çok daha iyidir. Bunun sebebi ise çift kondansatörlü motorda nominal hızın % 75’ inde yol verme kondansatörü devreden çıktığı için kondansatör değeri küçülmektedir. Kondansatör değerinin büyüklüğü üretilen moment ile orantılı olduğundan anahtarlamalı kondansatörlü motorun momentleri daha iyi olacaktır.

Çift kondansatörlü motor nominal hızının, % 75’ ine karşılık gelen 1375 dev/dak hızından sonra $30 \mu F$ ’ lık kondansatör ile çalışmasına devam edecektir. Anahtarlamalı kondansatörlü motorda ise bu hız değerine karşılık gelen kondansatör değeri kullanılacaktır ve bu kondansatör değerinde $30 \mu F$ ’ lık kondansatör değerinden daha yüksek olacağından üretilen momentte daha büyük olacaktır. Anahtarlamalı kondansatörün avantajı Şekil 6.3’ de görülmektedir.

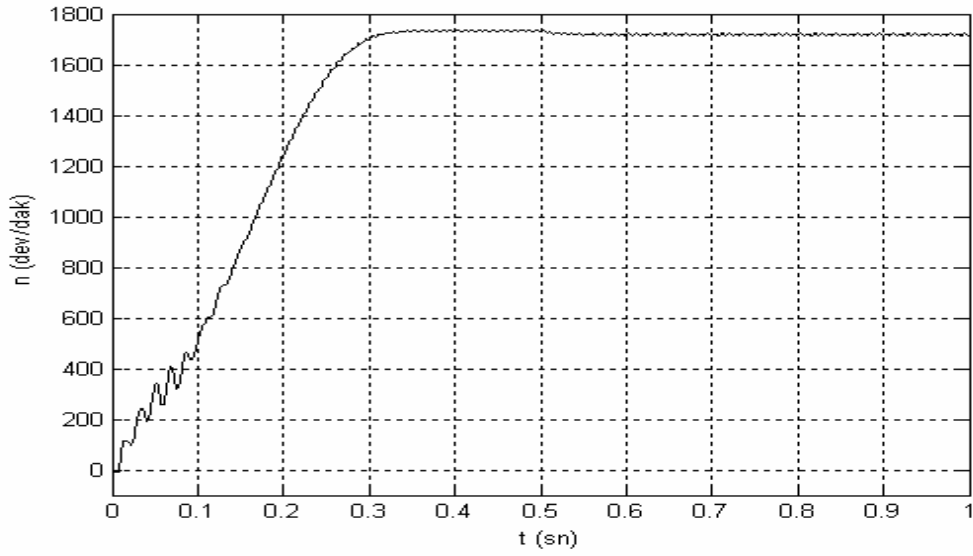


Şekil 6.4. 1 Nm sabit yük için farklı yapılarıdaki tek fazlı asenkron motorların sürekli durumdaki yardımcı sargı akım eğrileri

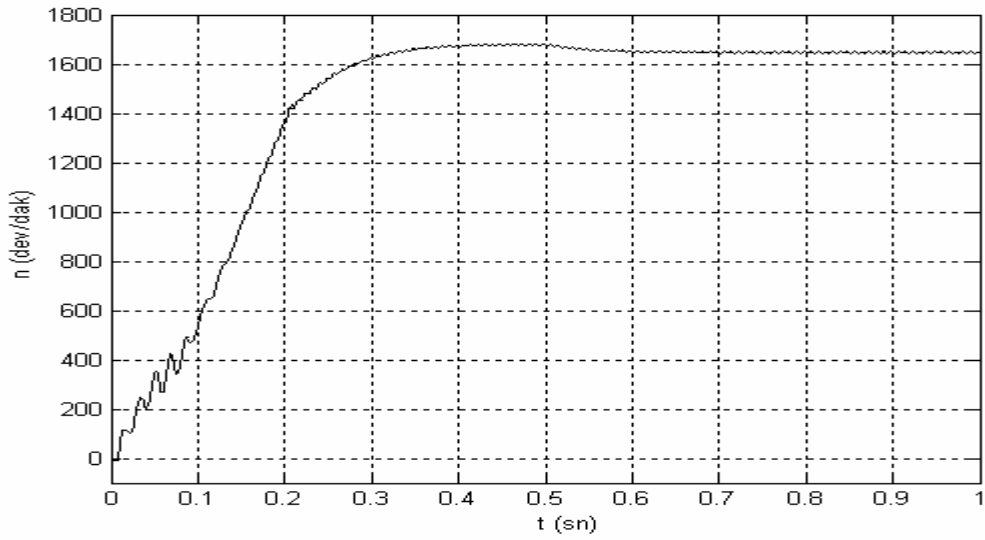
(a) Anahtarlamalı kondansatör için

(b) Çift kondansatör için

Şekil 6.4’ de görüldüğü gibi anahtarlamalı kondansatörlü motorun yardımcı sargı akımının daha yüksek olduğu görülmektedir. Çift kondansatörlü motorda ise, merkezkaç anahtar yardımıyla yol verme kondansatörünün devreden çıkarılması ile yardımcı sargıya bağlı kondansatör değeri azalmakta dolayısıyla da yardımcı sargı akımı azalmaktadır. Anahtarlamalı kondansatörlü motorda, merkezkaç anahtar kullanılmayarak kondansatör değerinde ani bir azalma görülmez. Böylece yardımcı sargı akımında azalma oluşmaz. Momentin oluşumunda yardımcı sargının büyük etkisi olduğundan, yardımcı sargı akımının büyük oluşu anahtarlamalı kondansatörlü motorda momentin de daha büyük olacağını gösterir.

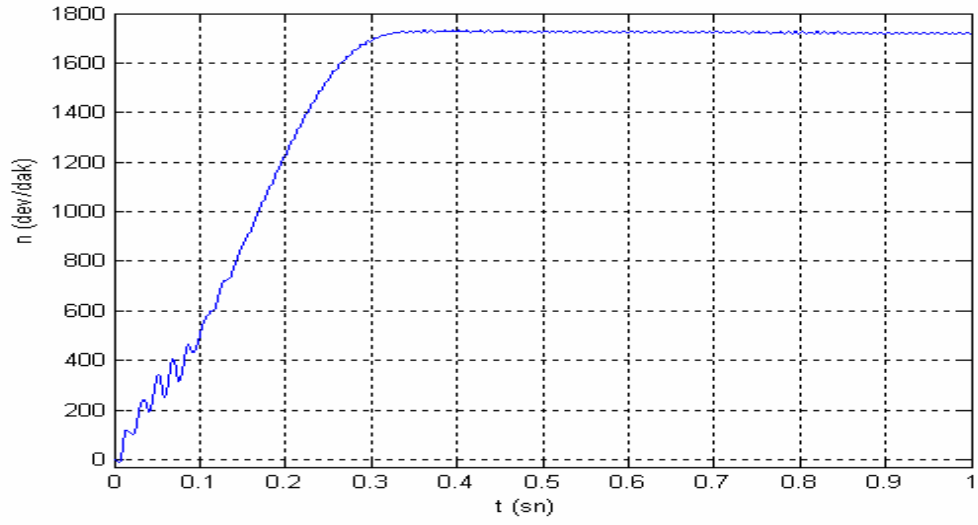


Şekil 6.5. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

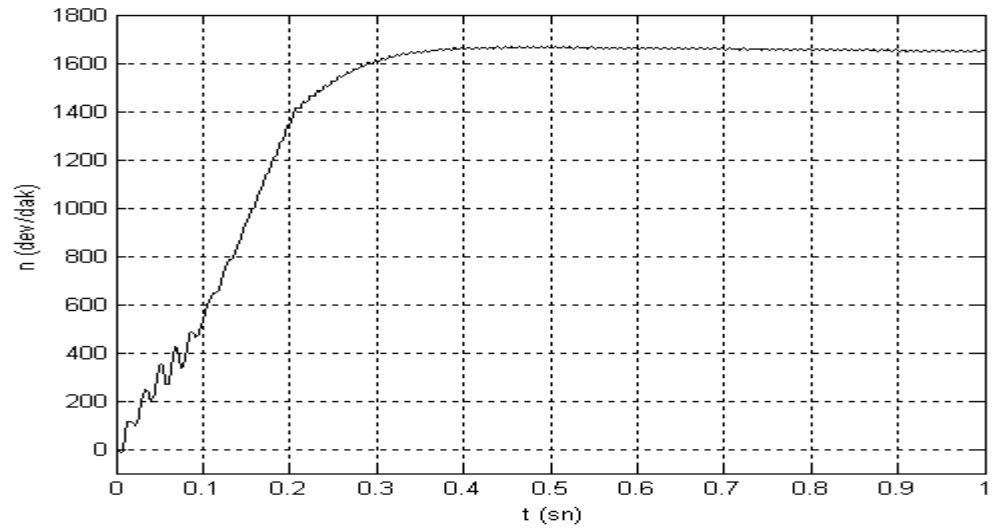


Şekil 6.6. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

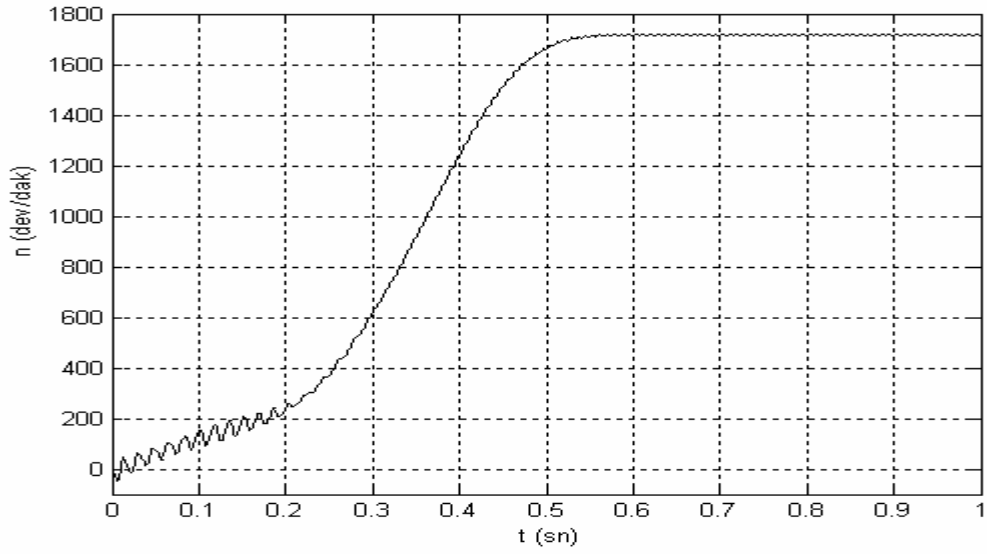
Yukarıdaki şekiller incelendiğinde anahtarlamaalı durumdaki tek fazlı asenkron motorun nominal hızına ulaşması daha kısa zamanda olmakta ve hızlanma grafiğinin daha düzgün olduğu görülmektedir. Tek fazlı motorlar, kalkış anında daha büyük değerli kondansatöre ihtiyaç duyduklarından, anahtarlanan kondansatör ile efektif kondansatör değeri büyür ve motor nominal hızına daha kısa zamanda ulaşır.



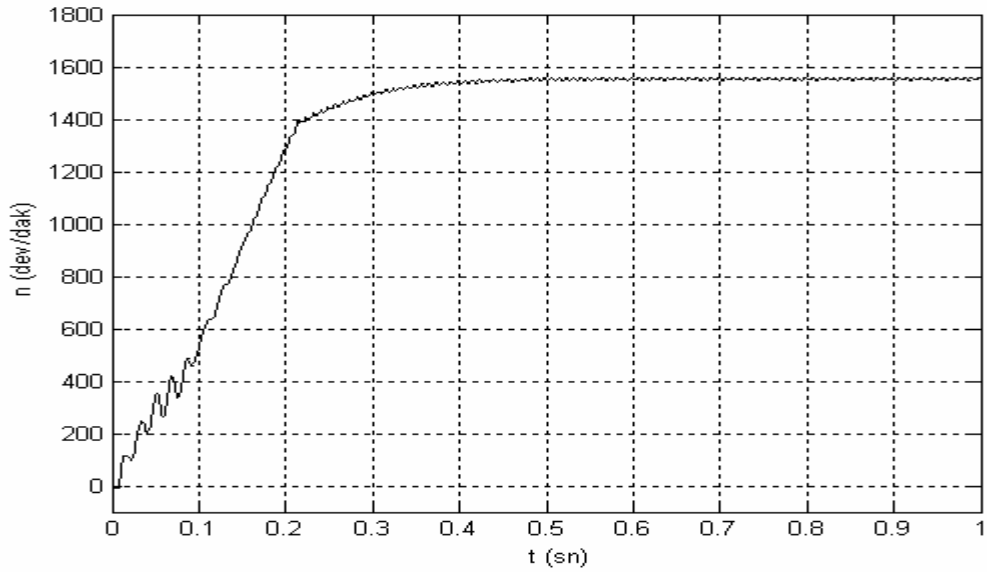
Şekil 6.7. Oransal yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi



Şekil 6.8. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız–zaman eğrisi

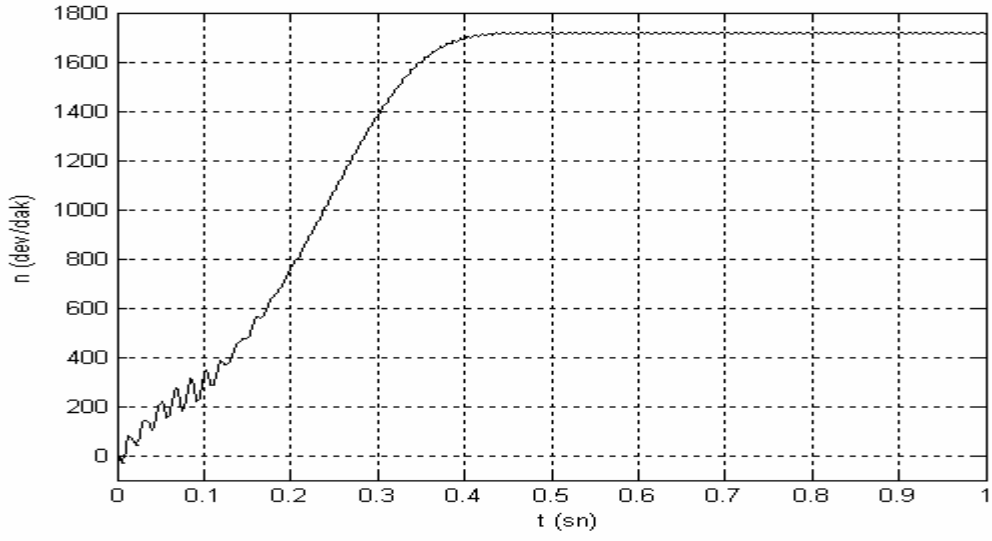


Şekil 6.9. Karesel yük için anahtarlamalı durumda tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

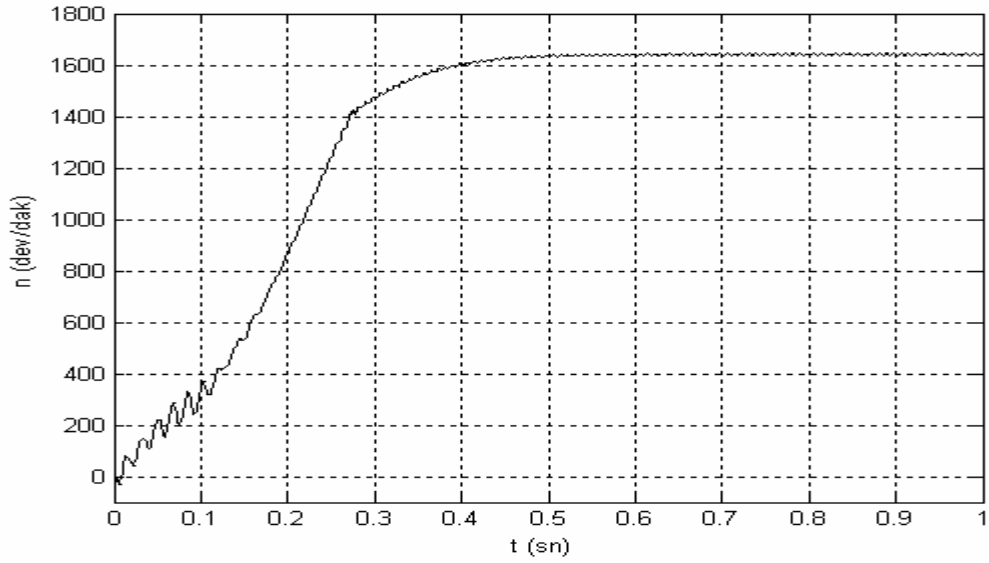


Şekil 6.10. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

Yukarıdaki şekillere bakıldığında karesel yük için sabit kondansatörlü motorun sürekli duruma daha kısa zamanda ulaştığı ancak nominal hız değerinin altındaki bir hızda çalıştığı görülmektedir. Anahtarlamalı kondansatörlü motor ise daimi duruma daha geç zamanda ulaşmasına rağmen nominal hızda çalıştığı görülür.

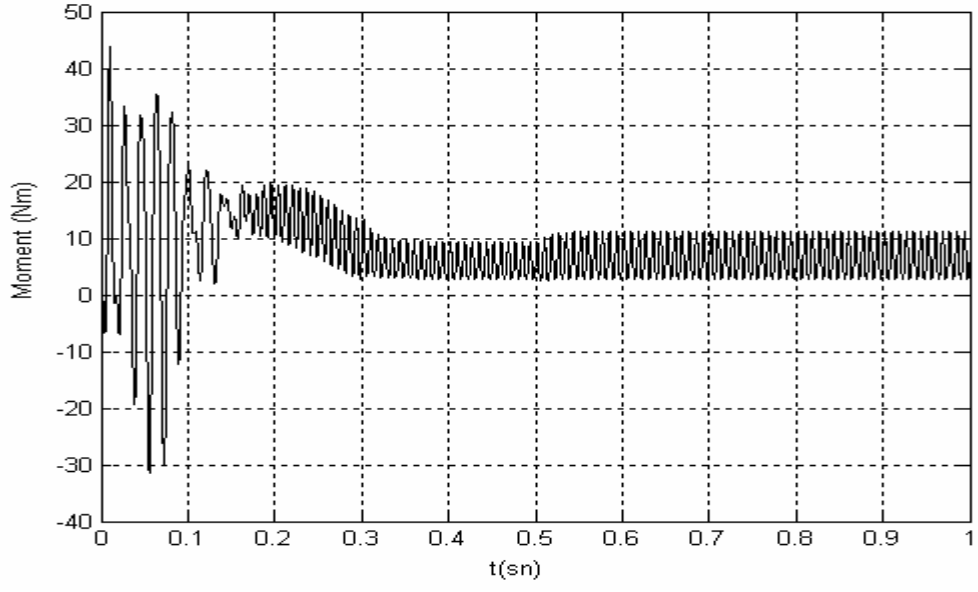


Şekil 6.11. Hiperbolik yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

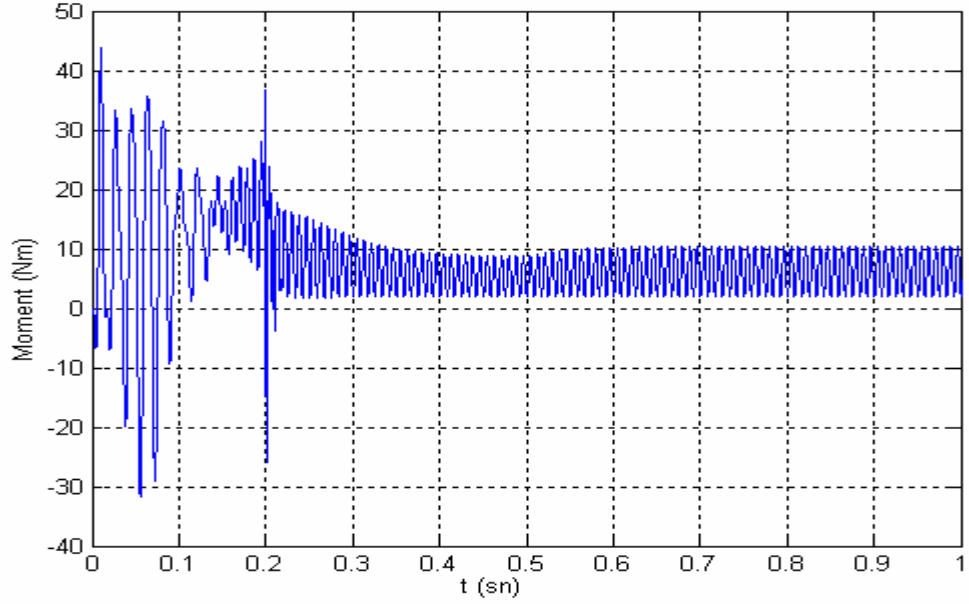


Şekil 6.12. Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun hız – zaman eğrisi

Yük hiperbolik olduğu zaman her iki motor tipinin de aynı zamanda sürekli duruma geçtiği görülür. Ancak anahtarlamaalı kondansatörlü motorun sürekli duruma geçiş zamanının daha kararlı olduğu görülür.



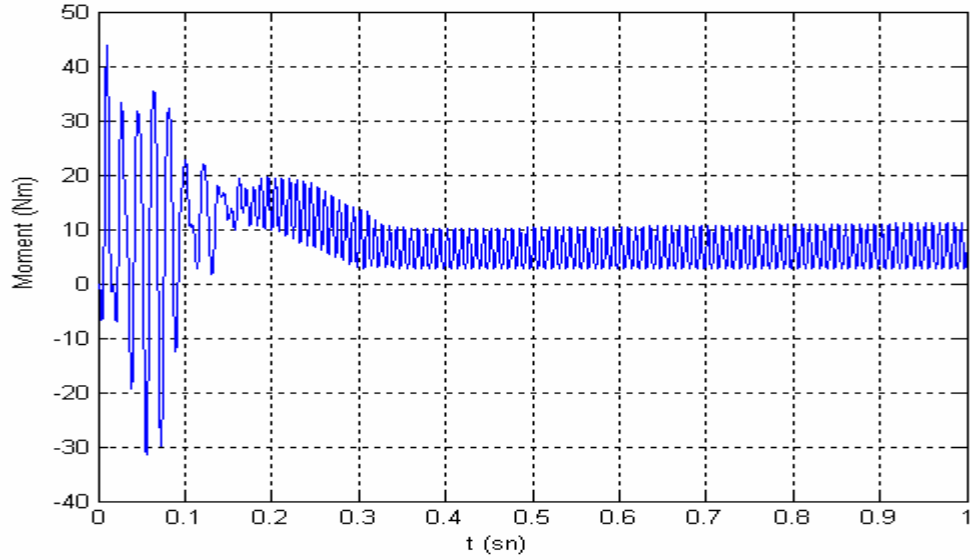
Şekil 6.13. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi



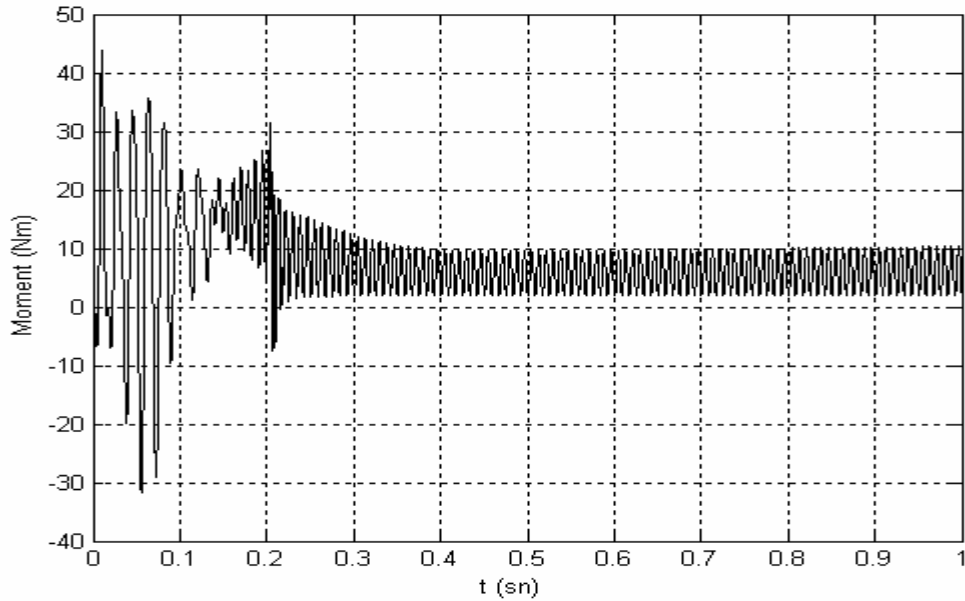
Şekil 6.14 Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi

Yukarıdaki şekillerde sabit yük için her iki durumdaki motor için moment değişimi görülmektedir. Çift kondansatörlü motorda merkezkaç anahtarın etkisi moment üzerinde

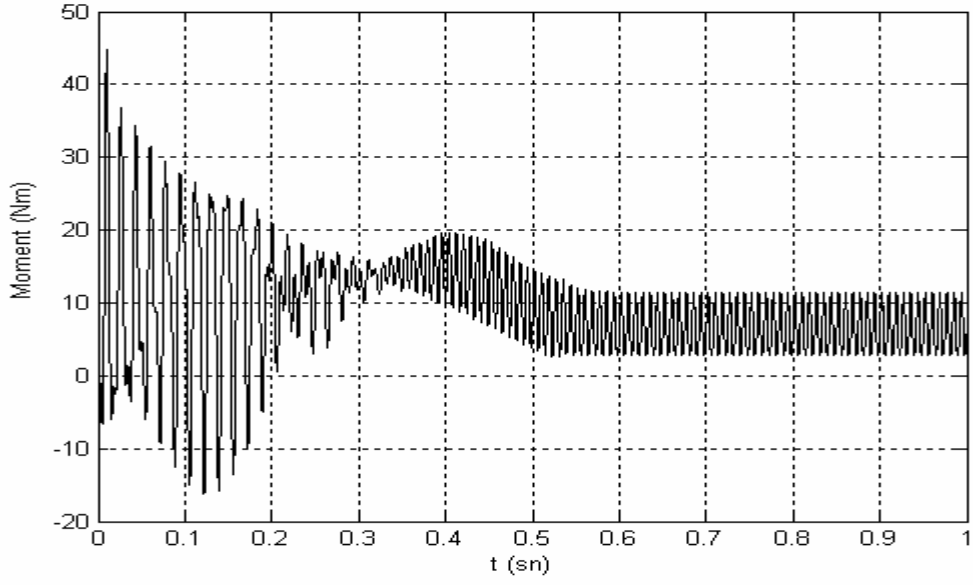
görülürken anahtarlamalı kondansatörlü motorda bu durum görünmemektedir. Yani anahtarlamalı kondansatörlü motorun momentinin daha düzgün olduğu görülür. Tezin bir amacı olarak, merkezkaç anahtarının dezavantajından kurtulmanın bir yolu olarak anahtarlamalı kondansatörün faydasını burada görmekteyiz.



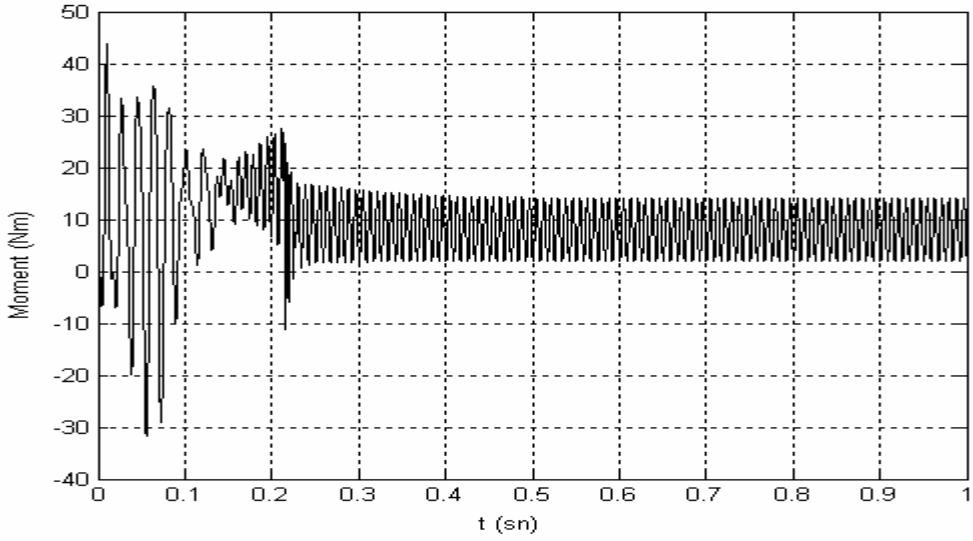
Şekil 6.15. Oransal yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi



Şekil 6.16 Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi

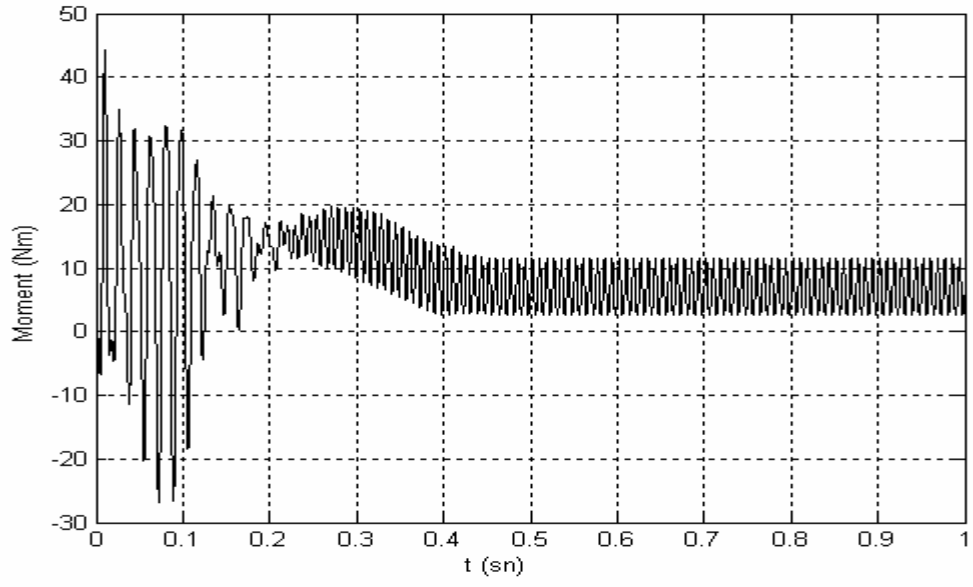


Şekil 6.17 Karesel yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi



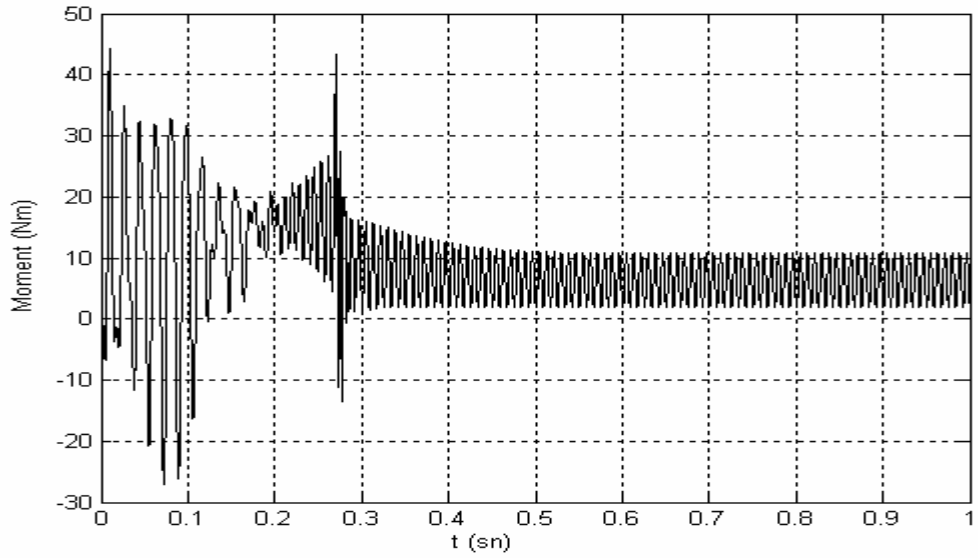
Şekil 6.18 Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi

Yukarıdaki şekillerde çift kondansatörlü motorun momentinde salınım görülmesine rağmen daha düzgün bir moment sağlamaktadır. Bu düzgün momentin daha uzun süre sağlandığı da görülmektedir. Yükün özelliğinden dolayı, çift kondansatörlü motorun daha iyi bir momente sahip olduğu görülür.



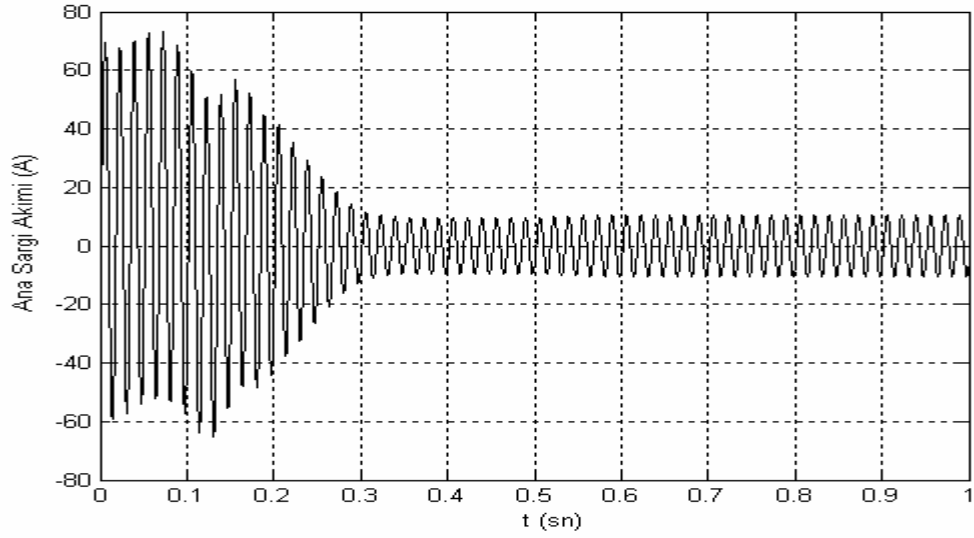
Şekil 6.19 Hiperbolik yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun

moment – zaman eğrisi

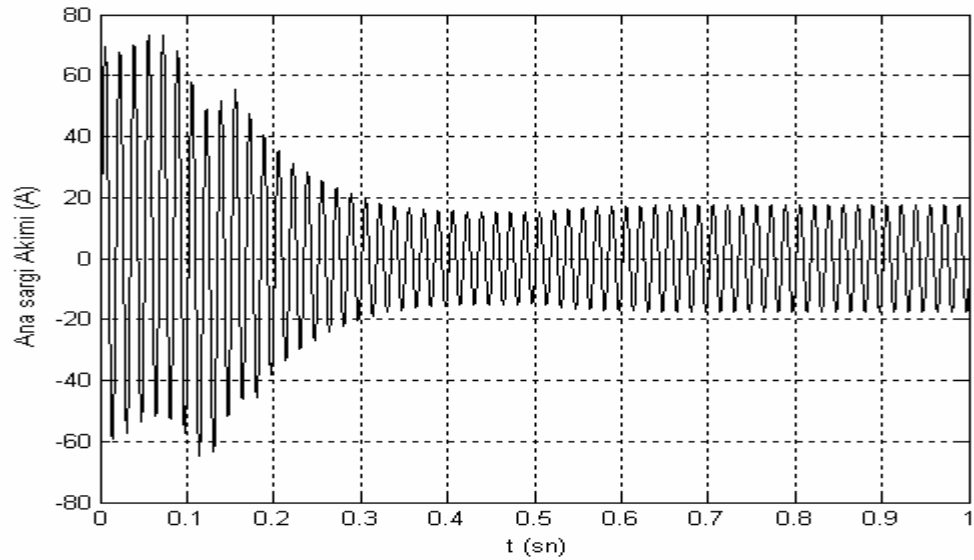


Şekil 6.20 Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun moment – zaman eğrisi

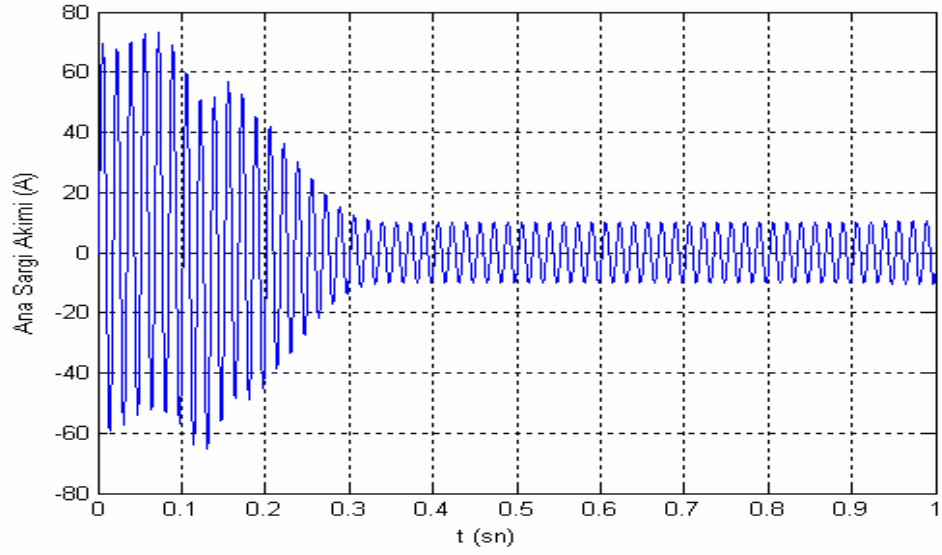
Yukarıda gösterilen bütün moment – zaman grafiklerinde çift kondansatörlü motorlarda görünen değişimde, motorun nominal hızının % 75’inde devreye girerek yardımcı sargıyı devre dışı bırakan merkezkaç anahtarında etkisi bulunmaktadır.



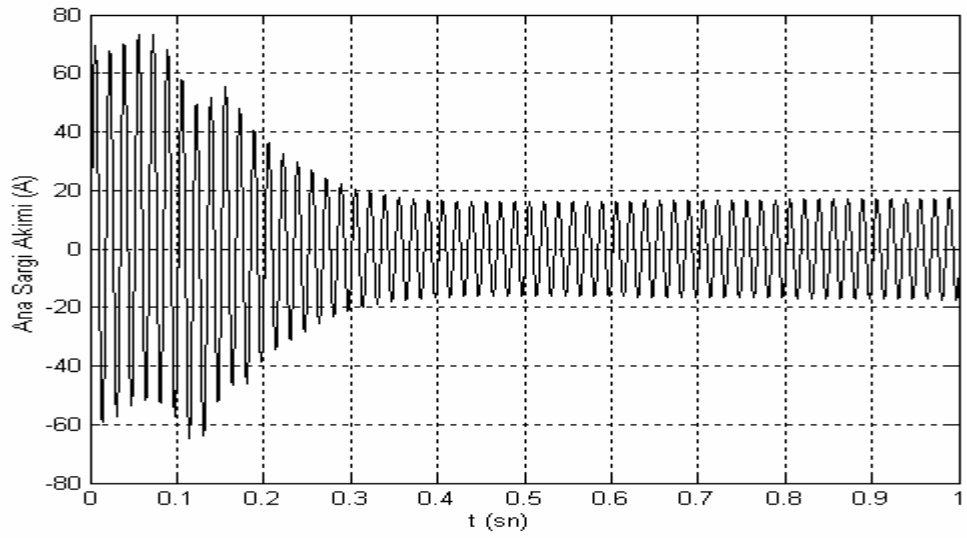
Şekil 6.21. Sabit yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



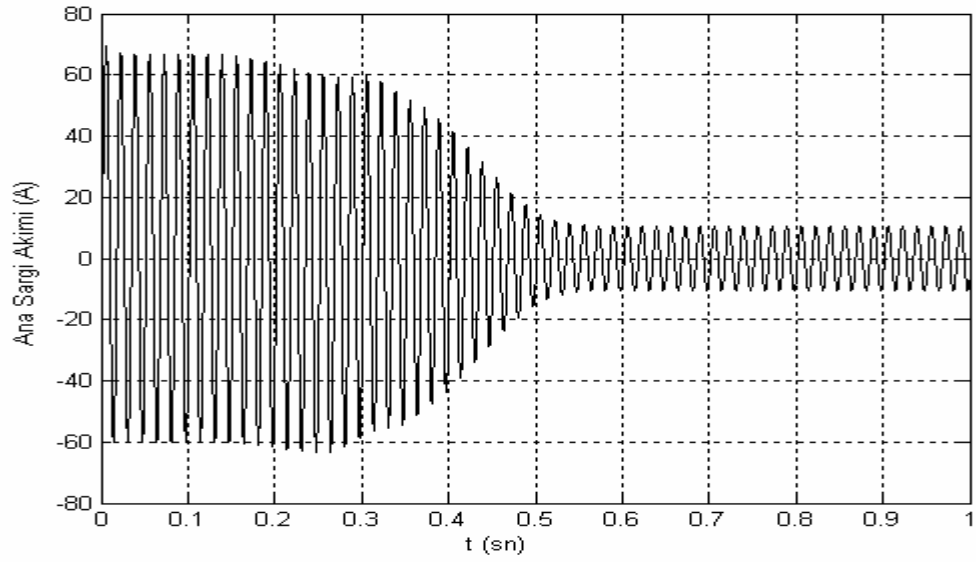
Şekil 6.22 Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



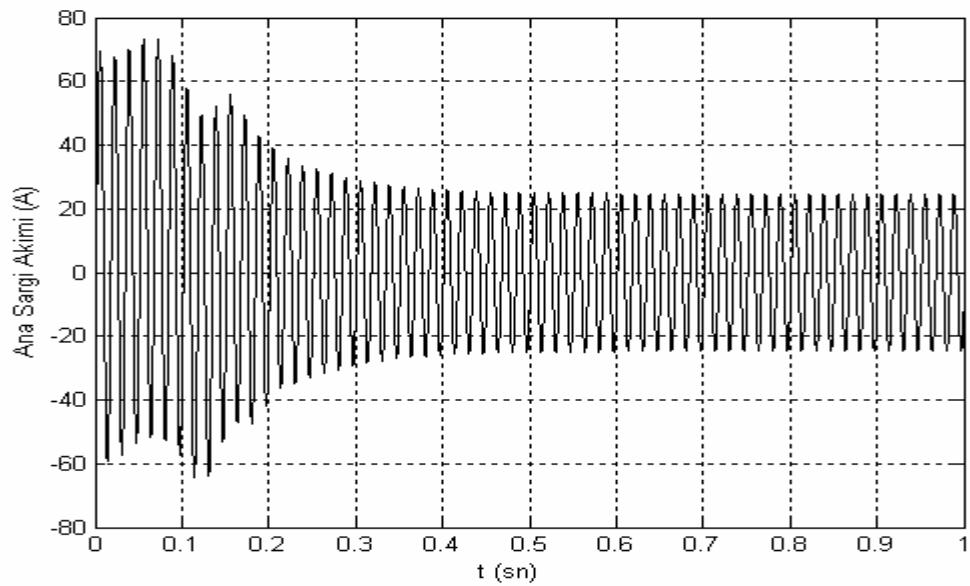
Şekil 6.23. Oransal yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



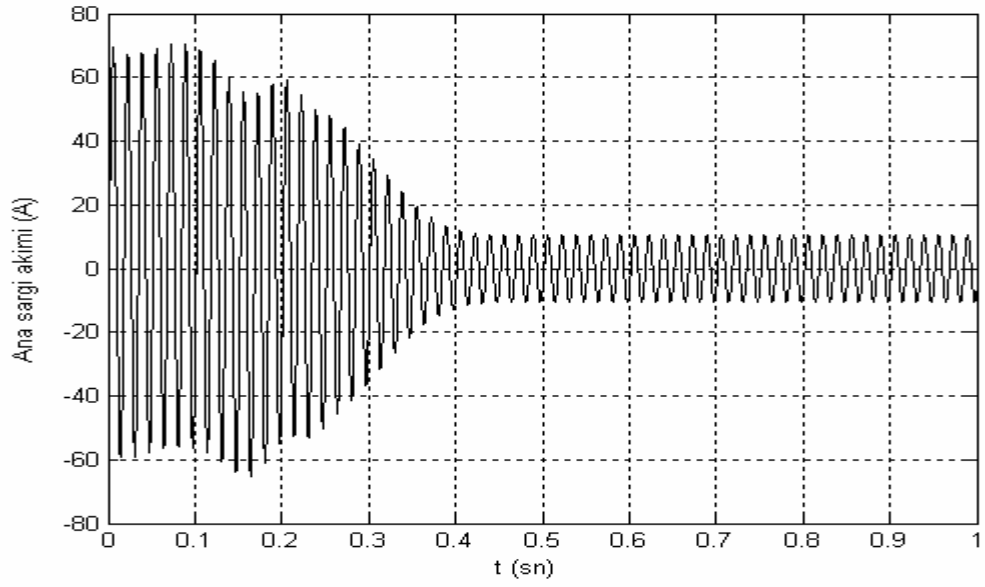
Şekil 6.24. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



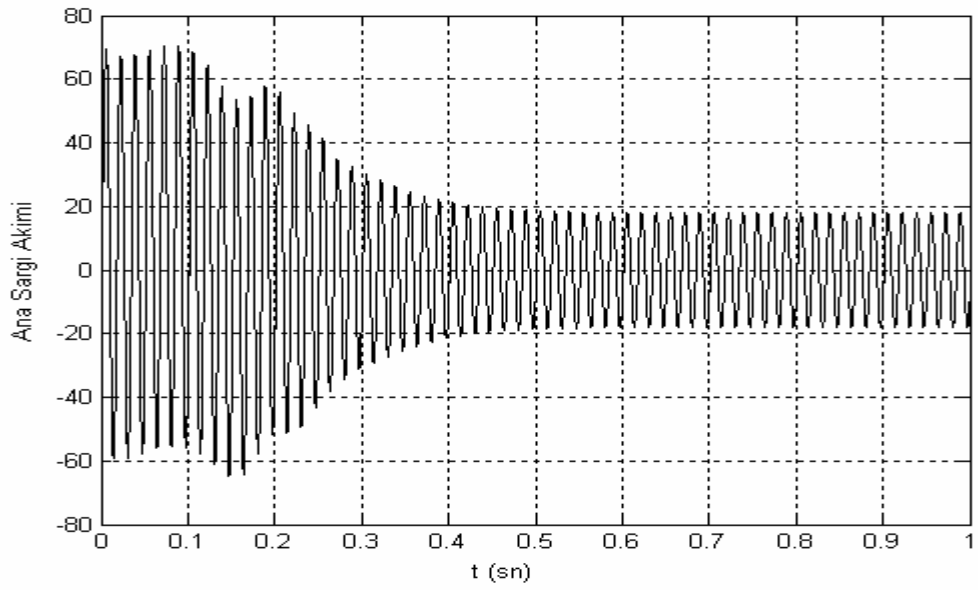
Şekil 6.25 Karesel yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



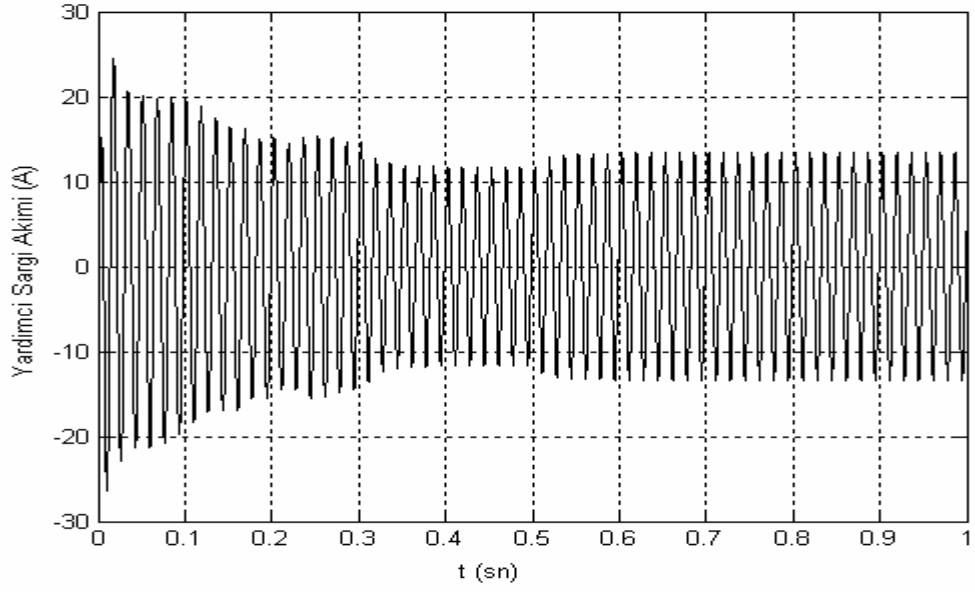
Şekil 6.26. Karesel yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



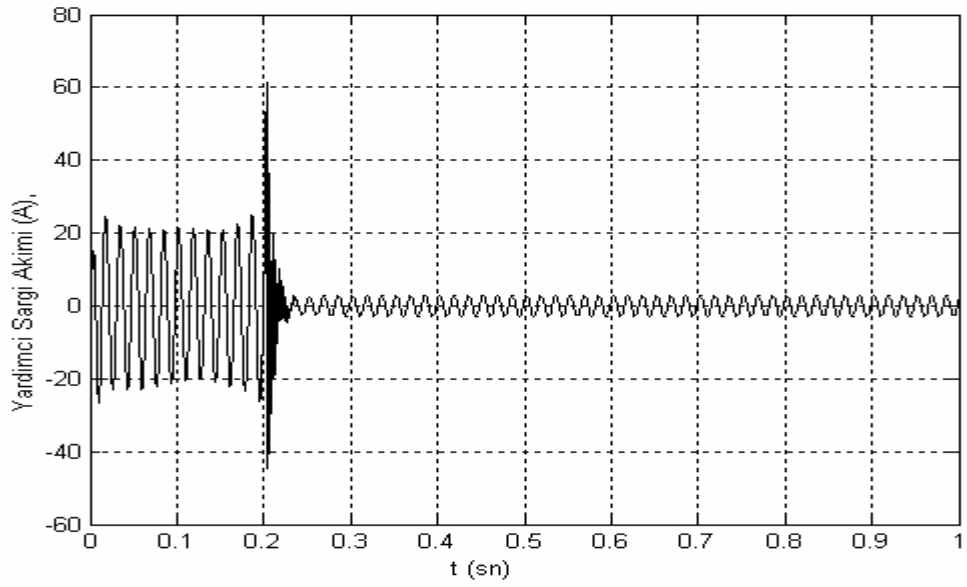
Şekil 6.27. Hiperbolik yük için anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi



Şekil 6.28. Hiperbolik yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı akım eğrisi

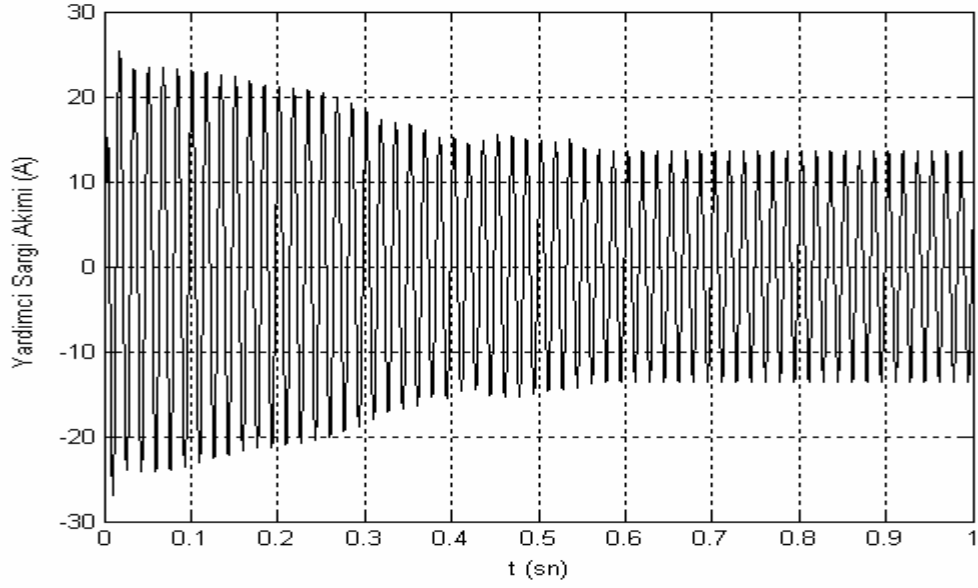


Şekil 6.29. Sabit yük için anahtarlamaalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi

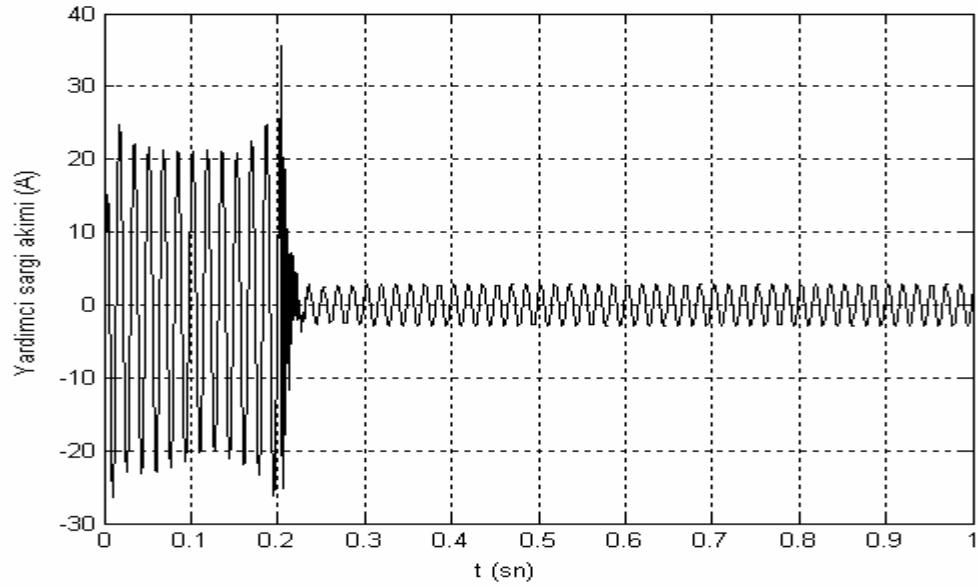


Şekil 6.30. Sabit yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi

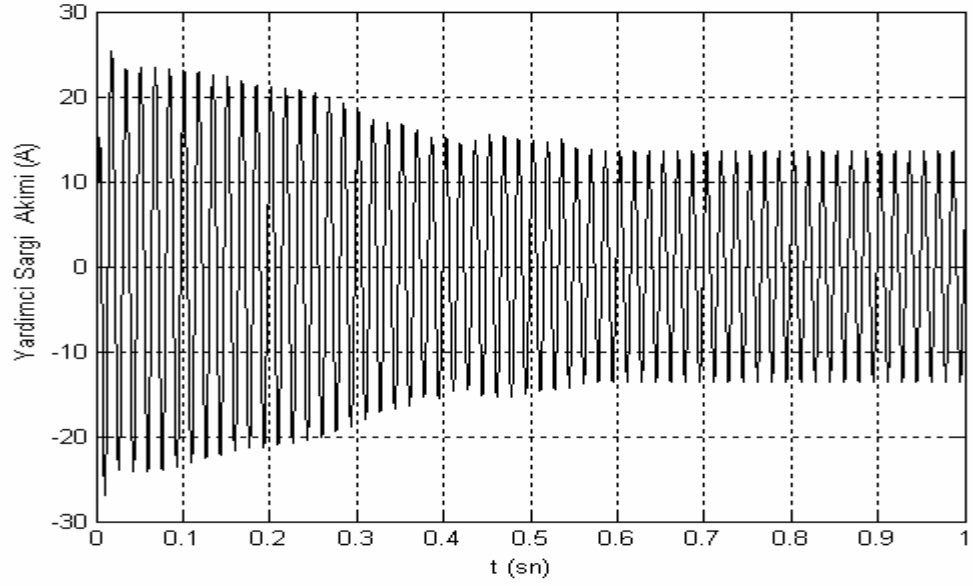
Yukarıdaki şekillerde görüleceği gibi sabit kondansatörlü motorda hızın % 75’inde merkezkaç anahtar vasıtası ile yardımcı sargının devre dışı bırakılması ile yardımcı sargı akımı sıfırlanmaktadır. Anahtarlama kondansatörlü motorda ise yardımcı sargı akımının sürekliliği görülmektedir.



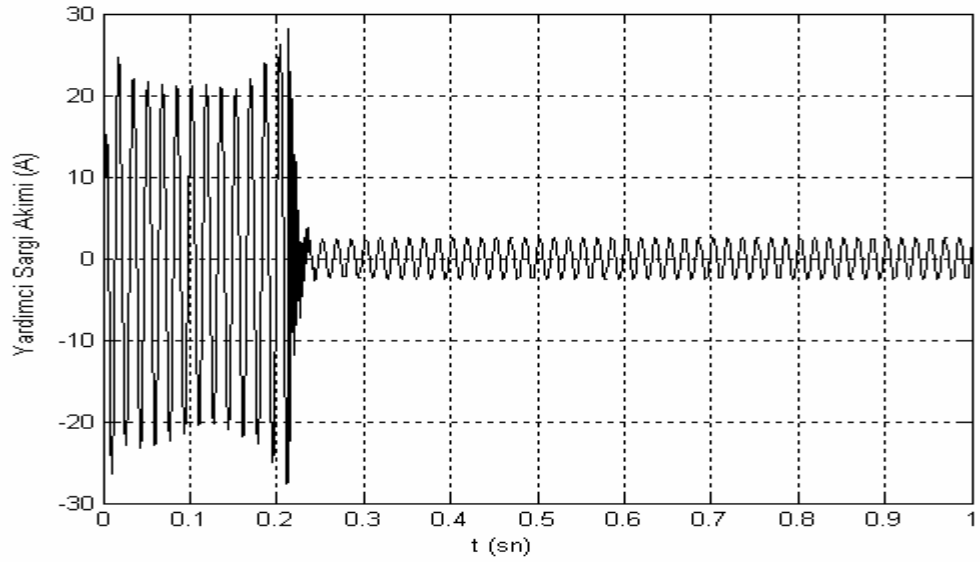
Şekil 6.31. Oransal yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi



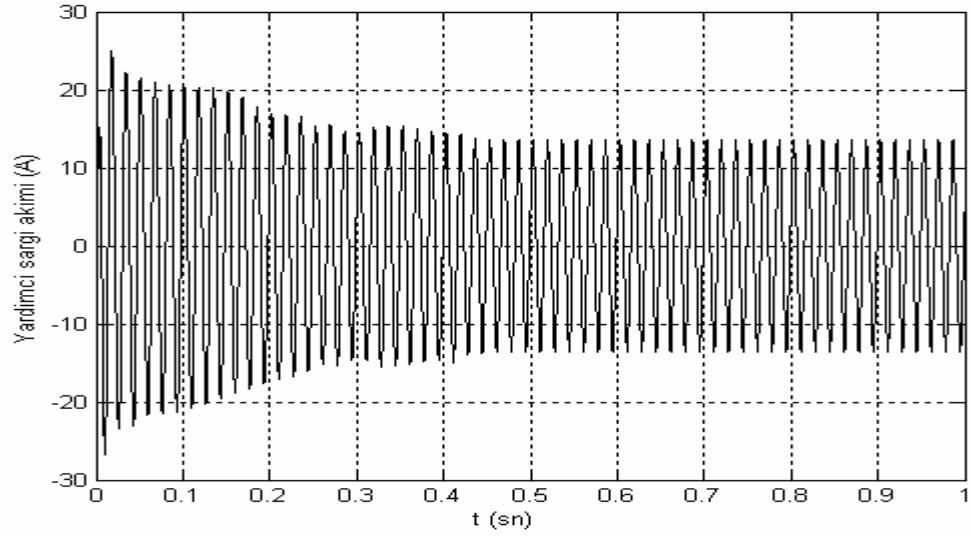
Şekil 6.32. Oransal yük için çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi



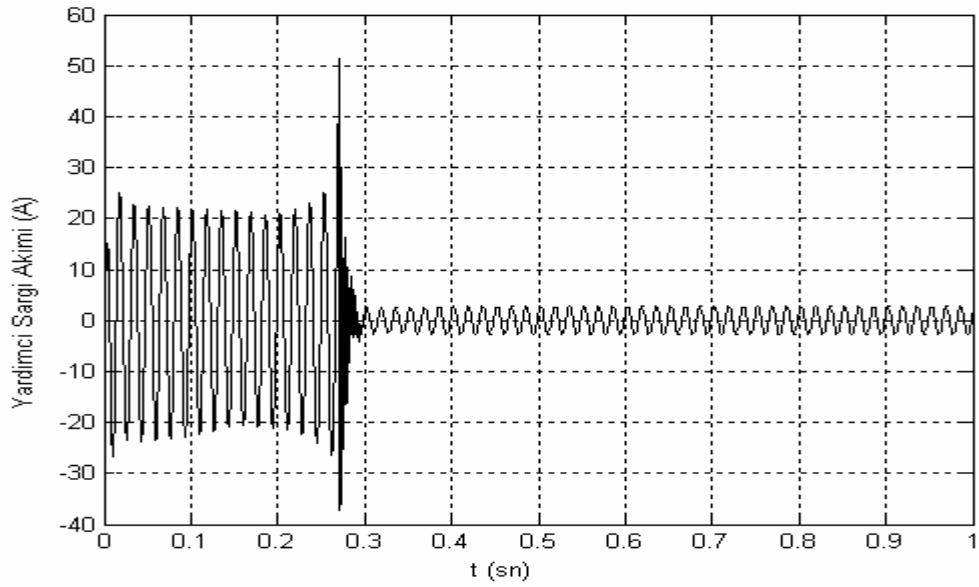
Şekil 6.33. Karesel yük için anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi



Şekil 6.34. Karesel yük için sabit kondansatörlü tek fazlı asenkron yardımcı sargı akım eğrisi



Şekil 6.35. Hiperbolik yük için anahtarlama durumunda tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi



Şekil 6.36. Hiperbolik yük için sabit kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun yardımcı sargı akım eğrisi

Yukarıdaki şekillerde de görüldüğü gibi çift kondansatörlü motorda yardımcı sargı akımının farklı yüklerdeki sıfırlanma süreleri farklıdır. Bunun sebebi ise motorun farklı yüklerde nominal hıza ulaşma süresi farklıdır. Yani motor hızı yüke göre değişmektedir. Tek fazlı asenkron motorlarda yardımcı sargı nominal hızın % 75'inde devreye girdiğine göre motorun farklı hızlanma sürelerindeki yardımcı sargı akımının sıfırlanma süreleri de farklı olacaktır.

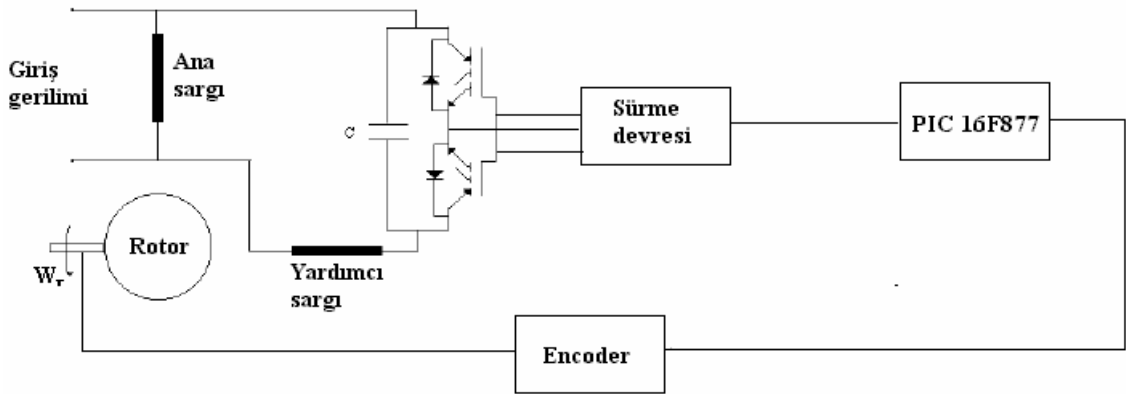
Anahtarlamalı kondansatörlü motorda ise yardımcı sargının devre dışı kalma olayı olmadığından dolayı yardımcı sargı akımının daimiliği görülmektedir.

7. DENEYSEL UYGULAMA DEVRESİ

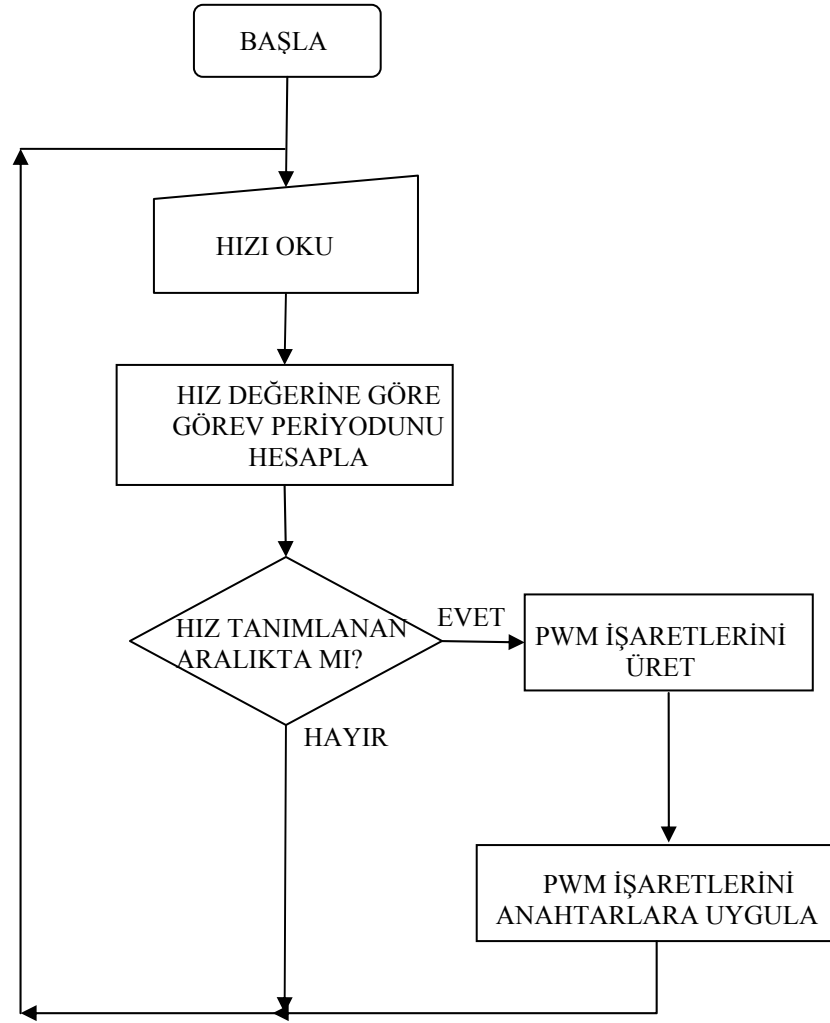
Tezin bu bölümünde, pratik uygulama olarak tek fazlı asenkron motorlarda kondansatörün nasıl anahtarlandığı anlatılmıştır. Deneysel uygulama seti, tek fazlı asenkron motorun yüklü ve yüksüz koşulları için gerçekleştirilmiştir. Deney setinden alınan sonuçlar, tek fazlı asenkron motorda bulunan kondansatörün anahtarlama durumu ve anahtarlama durumu için alınmıştır. Sonuçlar, tek fazlı asenkron motordaki kondansatörün yüksüz durumda iken anahtarlanması ve anahtarlanmaması ile değişik yük değerlerindeki kondansatörün anahtarlanması ve anahtarlanmaması durumu için alınarak, tek fazlı asenkron motorun geçici ve sürekli durumdaki performansı incelenmiştir.

Deneysel uygulamanın gerçekleştirilmesi amacı ile oluşturulan deney setinde; 0.37 kW gücünde, 3.2A nominal akımlı ve 2.37 Nm nominal momentli bir çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motor, 1.4 kW gücünde bir fren makinesi, fren makinesinin (yük motoru) moment değerini ayarlayabilmek için bir ölçü birimi, fren makinesinin moment değerini tespit edebilmek için bir strainage birimi, tek fazlı asenkron motorun hız bilgisini elde etmek için bir artırıcı encoder, alınan hız bilgisini değerlendirerek kapasiteyi anahtarlama için PWM işaretlerini üretmek için bir PIC 16F877 mikrokontrolör, anahtarlama elemanı olarak kullanılan 2 adet IGBT 'yi sürmek için 2 adet EXB 841 içeren sürme devresi kullanılmıştır.

Uygulama devresini blok şema halinde aşağıdaki gibi gösterebiliriz.



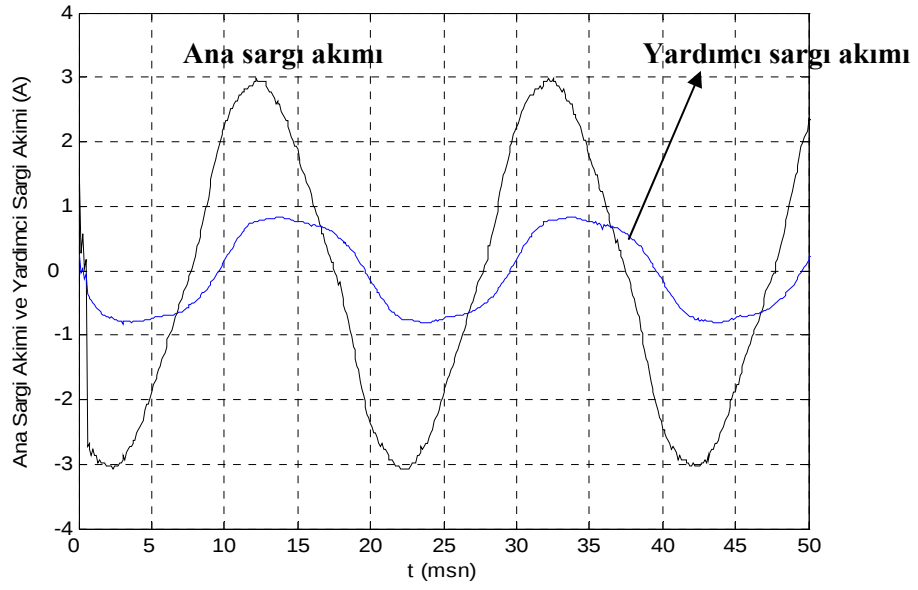
Şekil 7.1. Uygulama devresinin blok şeması



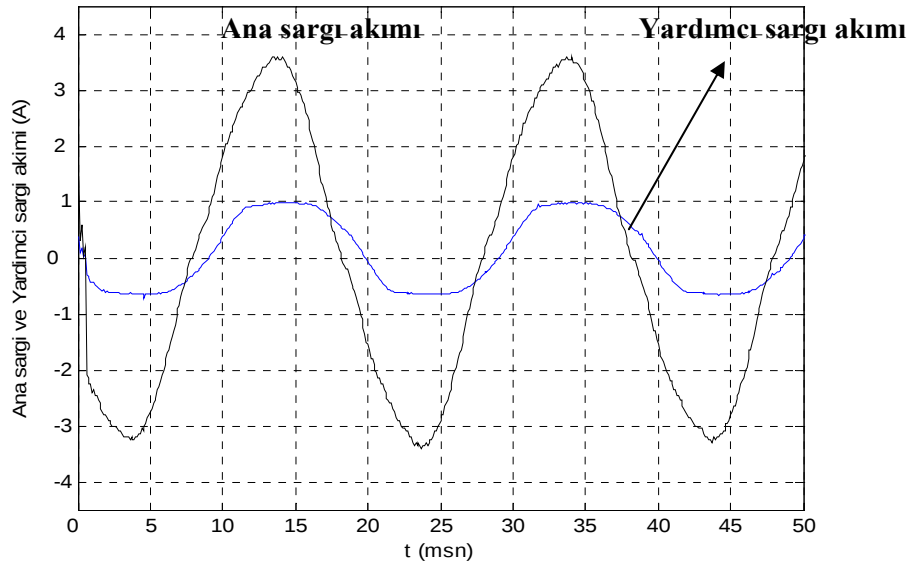
Şekil 7.2. Uygulama devresinin akış şeması

Yukarıdaki şekilde uygulama devresinde yapılan işlemlerin akış şeması gösterilmiştir.

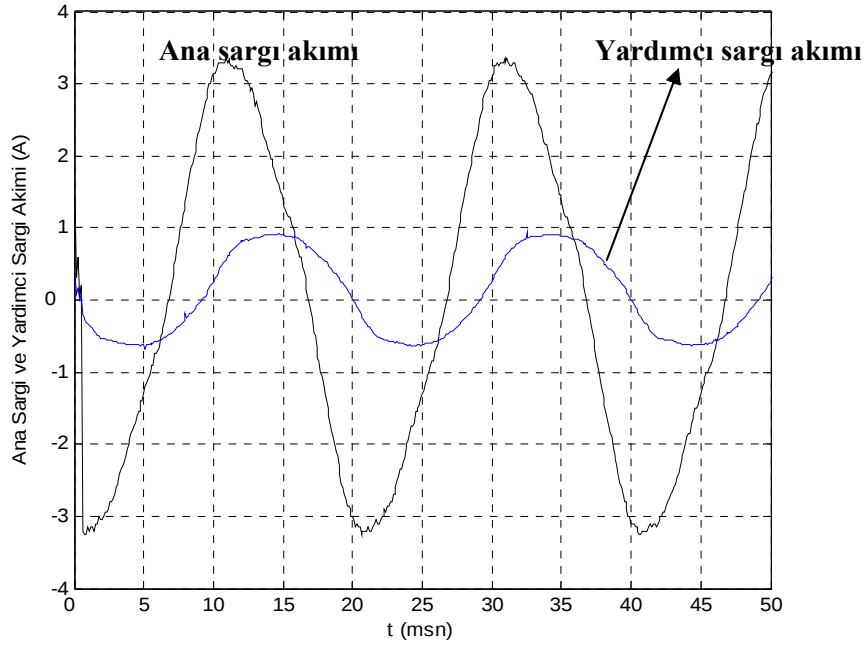
7.1. Deneysel Sonuçlar



Şekil 7.3. Yücsüz durumda anahtarlmalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi



Şekil 7.4. 1.6 Nm yük koşulundaki anahtarlmalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi



Şekil 7.5. 2.6 Nm yük koşulundaki anahtarlamalı kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun ana sargı ve yardımcı sargı akım eğrisi

Yukarıdaki şekillerde motor yüklendikçe, ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasındaki faz farkının azda olsa büyüdüğü görülmektedir. Bunun sebebi de motor yüklendikçe hızı düşmekte ve düşen hıza karşılık daha büyük kondansatör değeri gerektiğinden iki sargı akımı arasındaki faz farkı açılmaktadır.

8. SONUÇLAR

Bu tezde tek fazlı asenkron motorlara genel bir bakış yapılarak tek fazlı asenkron motorlarda kondansatör kontrol yönteminden bahsedilmiştir. Tek fazlı asenkron motorlarda uygun kondansatör değerinin bulunması için, tek fazlı asenkron motorun eşdeğer devresi aracılığı ile tek fazlı asenkron motorlara değişken hızlarda gerekli olan en uygun kondansatör değeri hesaplanmıştır.

Daha sonra anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun simulink modelinin elde edilmesi için tek fazlı asenkron motorun matematiksel denklemlerinden faydalanılarak $d-q$ eksen dönüşümleri gösterilmiştir. Elde edilen bu dönüşümler ile tek fazlı asenkron motorun değişken yüklerdeki performans analizi grafikler ile gösterilmiştir. Bu grafikler anahtarlama ve çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motor için ayrı ayrı ele alınarak anahtarlama kondansatörlü tek fazlı asenkron motorun çift kondansatörlü tek fazlı asenkron motorlara göre avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Sonuçlarda, anahtarlama kondansatörlü motorun farklı yük koşullarındaki momentinin daha iyi olduğu ve merkezkaç anahtarının meydana getirdiği olumsuzluklardan etkilenmediği görülmüştür. Yine anahtarlama kondansatörlü motorun, hızlanmasının çift kondansatörlü motora göre daha iyi olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak, farklı hızlarda anahtarlama motorun kullandığı kondansatör değerinin daha yüksek değerde olması gösterilir. Anahtarlama kondansatörlü motorda, yardımcı sargının merkezkaç anahtar ile devre dışına bırakılmaması ile bu sargıdan geçen akımın çift kondansatörlü motora göre daha büyük olduğu görülmüştür. Bu durumun, anahtarlama kondansatörlü motorun daha iyi moment üretmesinde büyük etkisi vardır.

Tek fazlı motorun kondansatör kontrol uygulamasında anahtarlama sürelerinin kontrolü için PIC 16F877 mikrokontrolör kullanılmıştır. Kondansatörü anahtarlayan eleman olarak ise IGBT elektronik anahtarlar kullanılmıştır. Ayrıca tek fazlı motordan hız bilgisinin alınması için motorun miline bağlı bir encoder kullanılmıştır. Bu encoder den alınan hız bilgisi PIC 16F877 mikrokontrolöre gönderilerek kondansatörün değişken hızlardaki anahtarlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulama devresinden alınan sonuçlarda, kondansatörün anahtarlama işlemine bağlı olarak ana sargı akımı ile yardımcı sargı akımı arasındaki faz farkının arttığı görülmüştür. Bu artış yük değeri arttıkça daha fazla olmuştur. Bunun sebebi olarak motor yüklendikçe hızının azalması ve düşük hızlarda daha büyük kondansatör değerinin kullanılması olarak gösterilir.

KAYNAKLAR

1. T. A. Lettenmaier, D. W. Novotony, and T. A. Lipo, "Single-phase induction motor with an electronically controlled capacitor," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 27, no. 1, pp.38-43, Jan/Feb. 1991
2. E. Muljaldi, Y. Zhao, T. H. Liu and T. A. Lipo, "Adjustable ac capacitor for a single phase induction motor," Proc. 1991 IEEE Conf. Industry Applications, Dearborn, Michigan, pp. 185 – 190
3. Sunter, S., Ozdemir, M.,Gumus, B., "Dynamic Performance of Single – Phase Induction Motor with A Switching Capacitor" ELECO'99, pp. 367-370
4. T. H. Liu, "A maximum torque control with a controlled capacitor for a single phase induction motor," IEEE Trans. Ind. Electron. 42 (1995) 17-24.
5. T. H. Liu, M. T. Lin,"A single phase induction motor drive with improved performance" Electric Power Systems 47 (1998) 29-38
6. Liu, T. H., Phase Induction Motor", IECON Proceedings v 2, p. 1140 – 1145Wang, P. C., 1993, "Adjustable Switched Capacitor Control For A Single
7. J.D. Law and T.A.Lipo, "A single phase induction motor voltage controller with improved performance" IEEE Trans. Power Electron., vol. 1, no. 4, pp. 240 – 247, Oct. 1986.
8. Karause, P.C Analysis of Electric Machinery. New York; Mc Graw – Hill, 1987
9. Saçkan, A. H.,1981 "Elektrik makinaları, cilt III; asenkron motorlar", Milli Eğitim Basımevi, İstanbul
10. Parcleh R., "AC Induction Motor Fundamental AN877" Mikrochip Technology Inc. USA 2003

ÖZGEÇMİŞ

22.11.1978 tarihinde Elazığ'da doğdu.1989 yılında Elazığ Atatürk İlköğretim Okulunu bitirdi.1992 yılında Elazığ Atatürk Orta Okulunu tamamladı. 1995 yılında Elazığ Mehmet Akif Ersoy Lisesi'nden mezun oldu. 1997 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenime başladı. 2001 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. 2002 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Elektrik –Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansa girdi.

2003 yılından itibaren Özıfırat Medikal Ltd. Şti. bünyesinde Teknik Servis Müdürü olarak çalışmaya devam etmektedir.

EK 1:

Benzetimde kullanılan tek fazlı asenkron motorun parametreleri

$$\begin{aligned}R_{sq} &= 0.542 \, \Omega & L_{sq} &= 0.05027 \, \text{H} & L_{0d} &= 0.1348 \, \text{H} \\R_{sd} &= 2,4 \, \Omega & L_{sd} &= 0.14185 \, \text{H} & L_{0Q} &= 0.0483 \, \text{H} \\R'_{rq} &= 0.533 \, \Omega & L'_{rq} &= 0.05025 \, \text{H} & J_m &= 0.0146 \, \text{Kg m}^2 \\R'_{rd} &= 1.486 \, \Omega & L'_{rd} &= 0.14016 \, \text{H} & N_q/N_d &= 1.67 \\P &= 4 \\C_{yolverme} &= 275 \, \mu F \\C_{\text{çalışma}} &= 30 \, \mu F\end{aligned}$$