

TEK FAZLI ASENKRON MOTORDA HIZ AYARI VE DEVİR YÖNÜNÜN DEĞİŞTİRİLMESİ

Koray Şener PARLAK¹

Mehmet ÖZDEMİR²

Mehmet İlyas BAYINDIR³

^{1,3}Fırat Üniversitesi, Tek. Bil. M.Y.O. Endüstriyel Elektronik Programı 23119 Elazığ

²Fırat Üniversitesi, Elk. Elektronik Müh. Bölümü 23119 Elazığ

¹(kparlak@firat.edu.tr)

²(mozdemir@firat.edu.tr)

³(mbayindir@firat.edu.tr)

Anahtar Kelimeler: PSPICE, Tek Fazlı Motor, A.A. Kırıcılar.

ABSTRACT

In this article, firstly a PSPICE simulation of a single phase auxiliary-winding induction motor of which the main and auxiliary windings fed by two different a.c. chopper has been carried out. After that chopper circuits of the main and auxiliary windings have been triggered in different angles. Next the effect of triggering angles on the motor speed, direction of rotation and starting torque of the motor have been investigated. While the speed of the motor has been controlled by triggering angle of chopper circuit of the main winding, direction of rotation and starting torque of the motor have been changed by triggering angle of chopper circuits of the main winding and auxiliary windings. The mathematical model is obtained based on the direct phase model of the induction motor. The electrical circuit model of the induction motor is obtained by replacing the equivalent of the mathematical models. The PSPICE simulation package which has great capabilities in simulation of power electronic circuits, has been used to obtain the simulation results.

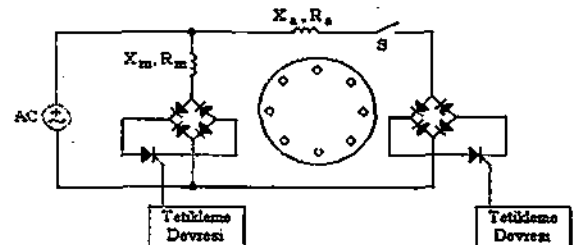
The theoretical result have been compared with the experimental results. A good agreement is found between these results. The simulation of the dynamic performance of the induction motor fed by a variable voltage a.c. chopper has been obtained and present.

1. GİRİŞ

Bir fazlı asenkron motorların endüstride, bürolarda ve ev aletlerinde oldukça geniş bir kullanım alanı vardır. Çeşitli türde kontrol sistemlerinde, soğutma, havalandırma, ev aletlerinde ve pompalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Asenkron motorların avantajlı yönleri sağlam olmaları, az arıza yapmaları ve ucuz olmalarıdır. Bu kadar değişik uygulama alanlarında kullanılması, bir fazlı asenkron motorların çok düşük güçlerde, örneğin 1/500 den 1 BG'e kadar, imal edilmelerini zorunlu kılar. Endüstride genellikle motor olarak çalıştırılırlar fakat belirli koşullar sağlandığında generatör olarak da kullanılırlar [1].

Tek fazlı asenkron motorlar endüstride oldukça yaygın kullanıldığından bu motorlarda hız ayarı, dönme yönü ve başlama momenti gibi kavramlar önem kazanmaktadır. Tek fazlı asenkron motorlarda hız ayarı için en sık kullanılan yöntemler statora uygulanan gerilimin frekansının [2] yada etkin değerinin değiştirilmesiyle yapılır [3]. Gerilimi değiştirerek yapılan hız ayarı basit ve ucuz olup, verimin çok önemli olmadığı sistemlerde, ayrıca hızın karesiyle değişen yük momentlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Devir yönünün değiştirilmesi için stator sargılarından birinin uçlarının değiştirilmesi böylece stator tarafından oluşturulan toplam magnetik alanın dönme yönünün değiştirilmesi yeterlidir [4]. Yük momenti sabit olan sistemlerde önem kazanan başlama momentinin artırılması, ana ve yardımcı sargı akımları arasındaki faz farkının 90°'ye yaklaştırılmasıyla artırılabilir. Bu amaçla en çok kondansatör başlatmalı motorlar kullanılır [5].

Bu çalışmada değişken gerilimi oluşturabilmek amacıyla ana sargıya seri olarak a.a. kırıcısı bağlanmıştır. Ana ve yardımcı sargılar arasındaki faz farkını ayarlayabilmek için yardımcı sargıya da seri olarak bir a.a. kırıcısı bağlanmıştır. Böylece motorun devir yönünün değişimini ve başlama momentinin bir miktar artırılması mümkün kılınmıştır. Oluşturulan model için Şekil 1.1'de a.a. kırıcılarının motora bağlantı şekli gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Kırıcı devrelerinin motora bağlantısı

Bu çalışmada ilk önce tek fazlı asenkron motorun doğrudan faz yaklaşımına dayalı dinamik davranış modeli çıkartılmıştır [6]. Daha sonra kırıcıları farklı

açılarda tetikleyerek elde edilen teorik ve uygulama sonuçları verilip benzetimin doğruluğu ve a.a. kıyıcıyla beslenen motorun performansı hakkında incelemeler sunulmuştur.

Tek fazlı yardımcı sargılı asenkron motorun doğrudan faz modelinin tam eşdeğer devresi ve denklemleri kullanılarak bir benzetimi tanıtılmıştır. PSPICE analog devre çözüm programına dayanan bu model, motorun sargıları arasındaki gerçek fiziksel bağlantıların incelenmesini, kontrol tekniklerinin daha kolay uygulanabilmesini ve güç elektroniği devrelerinin daha doğru incelenebilmesini sağlar.

2. MATEMATİKSEL MODEL VE PSPICE BENZETİMİ

Dengeli iki fazlı asenkron motor modelinde stator fazlarının özdeş olmaması halinde kurulan model bilinen tek fazlı asenkron motor modelini ortaya çıkarır. Tek fazlı yardımcı sargılı asenkron motorun stator ve rotor fazları için gerilim denklemleri matris şeklinde şöyledir.

$$[v_{s,r}] = [R_{s,r}] [i_{s,r}] + [L_{s,r}] \left[\frac{di_{s,r}}{dt} \right] + \left[\frac{dL_{s,r}}{d\theta} \right] [i_{s,r}] \frac{d\theta}{dt} \quad (1)$$

(1) denklemindeki $\omega = d\theta/dt$ açısal hız ifadesi, ortak indüktans değerleri θ 'nın, θ 'da zamanın fonksiyonu olduğu için türev işlemlerinin gereği olarak gerilim denkleminde yer alır. Stator ve rotor fazlarına ait gerilim ifadeleri açık olarak yazılırsa elektriksel devre modelinin karşılığı olacak şekilde ortaya çıkarılır.

$$v_{sa}(t) = R_{sa} i_{sa}(t) + L_{sa} \frac{di_{sa}(t)}{dt} - \omega M_a (i_{ra}(t) \sin\theta + \quad (2)$$

$$i_{rb}(t) \cos\theta) + M_a \left(\frac{di_{ra}(t)}{dt} \cos\theta - \frac{di_{rb}(t)}{dt} \sin\theta \right) \\ v_{sb}(t) = R_{sb} i_{sb}(t) + L_{sb} \frac{di_{sb}(t)}{dt} + \omega M_b (i_{ra}(t) \cos\theta - \quad (3)$$

$$i_{rb}(t) \sin\theta) + M_b \left(\frac{di_{ra}(t)}{dt} \sin\theta + \frac{di_{rb}(t)}{dt} \cos\theta \right) \\ v_{ra}(t) = R_r i_{ra}(t) + L_r \frac{di_{ra}(t)}{dt} - \omega (M_a i_{sa}(t) \sin\theta - \quad (4)$$

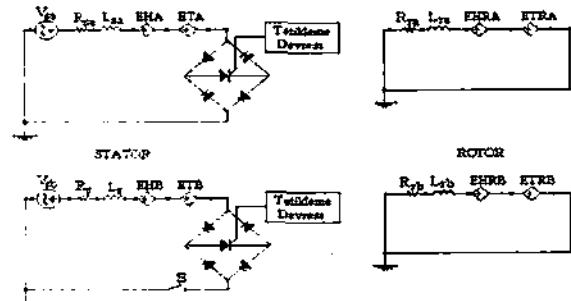
$$M_b i_{sb}(t) \cos\theta) + M_a \frac{di_{sa}(t)}{dt} \cos\theta + M_b \frac{di_{sb}(t)}{dt} \sin\theta) \\ v_{rb}(t) = R_r i_{rb}(t) + L_r \frac{di_{rb}(t)}{dt} - \omega (M_a i_{sa}(t) \cos\theta + \quad (5)$$

$$M_b i_{sb}(t) \sin\theta) - M_a \frac{di_{sa}(t)}{dt} \sin\theta + M_b \frac{di_{sb}(t)}{dt} \cos\theta)$$

Aşağıdaki şekilde verilen doğrudan faz modeline dayalı PSPICE eşdeğer devresinde bulunan EHA.

ETA, EHB, ETB, EHRA, ETRA, EHRB ve ETRB ifadeleri; ana sargı, yardımcı sargı, rotor birinci ve rotor ikinci fazlarında endüklenen hareket ve transformatör gerilimleridir [7].

Yukarıdaki denklemleri kullanarak motor ve kıyıcıya ait elektriksel devre modeli aşağıdaki şekilde kurulur. Burada "S" anahtarı isa pratikte santrifüj anahtar veya akım rölesi kontağı şeklinde kullanılan anahtarlara karşılık gelir.



Şekil 2.1. Kıyıcıyla beslenen motorun doğrudan faz modeline dayalı PSPICE eşdeğer devresi

Motora ait indüklenen moment ifadesi şu şekilde tanımlanır.

$$T_e = -\frac{p}{2} [i_{s,r}(t)]^T \left[\frac{dL_{s,r}}{d\theta} \right] [i_{s,r}(t)] \quad (6)$$

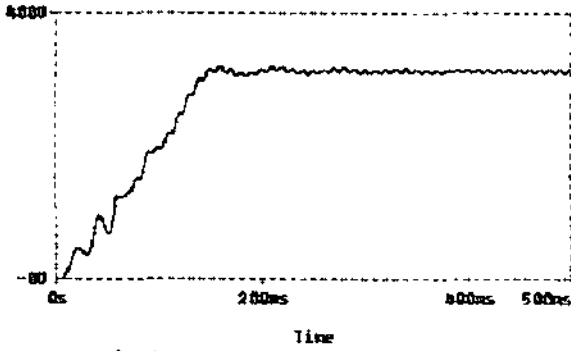
Motora ait hareket denkleminde açısal hız çekilirse aşağıdaki denklem elde edilir

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (T_e - T_L) \quad (7)$$

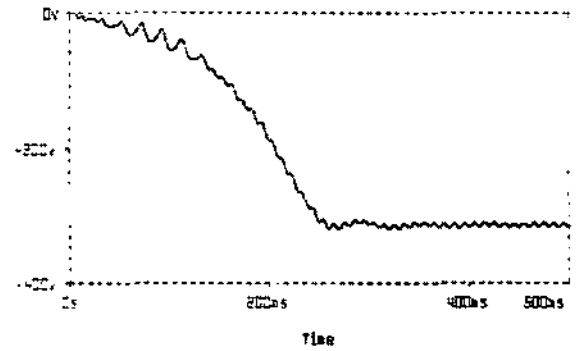
(1) denkleminde verilen gerilim ifadesini işlemler yapılarak ortaya çıkan gerilim ifadelerinin, akımların türevlerini içeren kısmına transformatör gerilimleri, hız ifadelerini içeren kısma da hareket gerilimleri denilmiştir. Bu endüklenen gerilimler bağımlı gerilim kaynaklarıyla gösterilmiştir. Benzetimin içeriğinde akımların türevlerini hesaplamak için ilave devreler kurulmuştur. Motora ait dört adet akımın ani türev değerleri bulmak için türev devresi kullanılır. Denklem (7) den hızın integral yoluyla bulunması gerektiği görülür. Hızın bulunması ile dönme açısını bulmak için de integral devresi kullanılmıştır [8].

3. SONUÇLAR

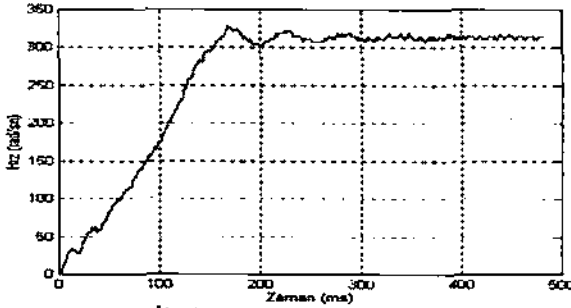
Aşağıdaki şekillerde ana sargı 0° , yardımcı sargı 0° ve 90° tetikleme açılarına ait hız-zaman, ana sargı akımı-zaman ve yardımcı sargı akımı-zaman eğrileri ile ana sargı 60° , yardımcı sargı 0° ve 120° tetikleme açılarına ait hız-zaman eğrilerine ait benzetim ve deneysel sonuçları içeren grafikler ile ana ve yardımcı sargı arasındaki faz farkını gösteren şekiller motor yüksüz olarak çalıştırılarak elde edilmiştir. Ayrıca 1Nm. yük altında kıyılan gerilimin harmonik analizi verilmiştir. Sunulan teorik sonuçlar PSPICE paket programından elde edilirken, deneysel sonuçlar ise, hafızalı osiloskoptan bilgisayara alınan verilerin MATLAB paket programında işlenmesiyle elde edilmiştir [9].



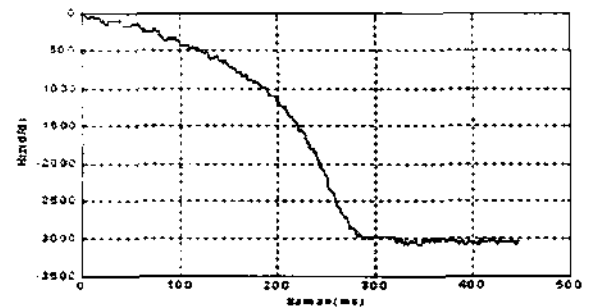
Şekil 3.1. İleri yönde teorik hızlanma eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



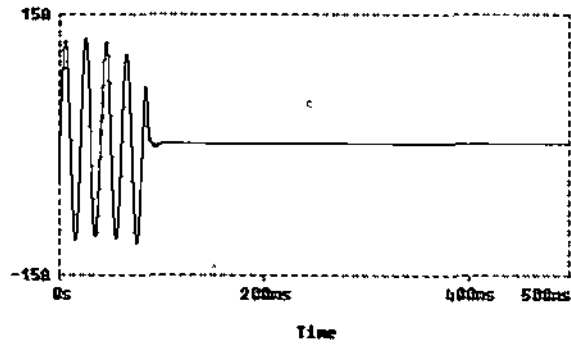
Şekil 3.5. Geri yönde teorik hızlanma eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 90° tetikleme açısı için).



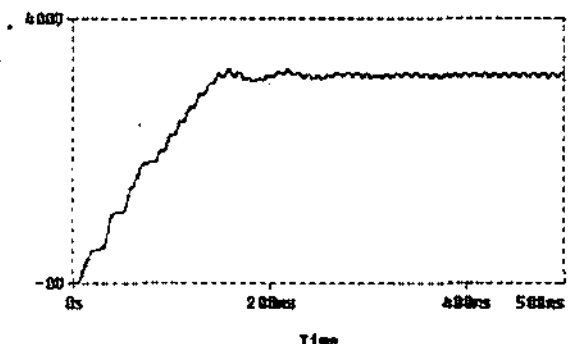
Şekil 3.2. İleri yönde deneysel hızlanma eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



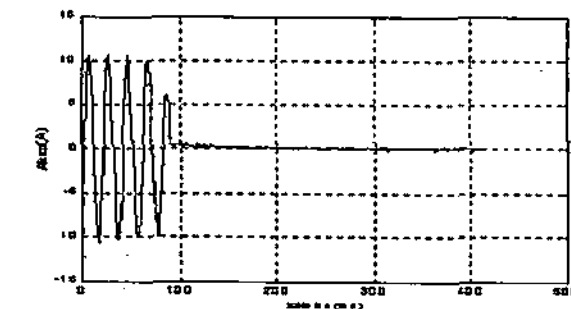
Şekil 3.6. Geri yönde deneysel hızlanma eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 90° tetikleme açısı için).



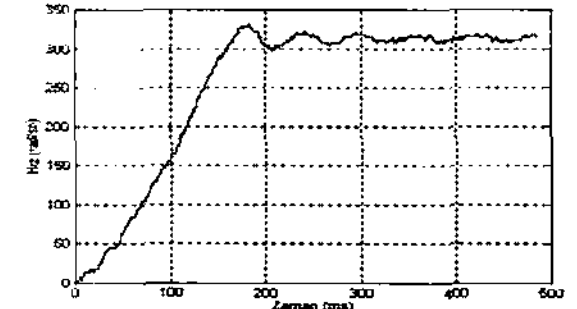
Şekil 3.3. Yol alma anında yardımcı sargı akımının teorik eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



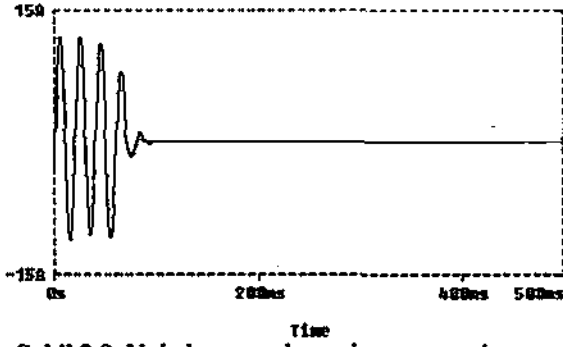
Şekil 3.7. İleri yönde teorik hızlanma eğrisi (Anasargı 60°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



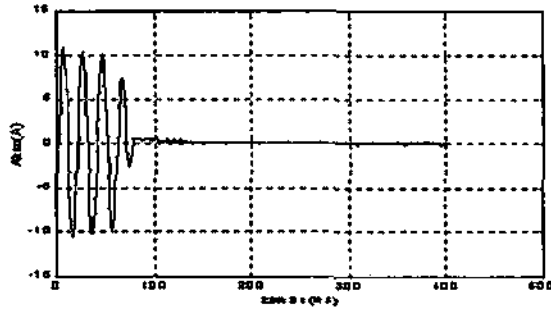
Şekil 3.4. Yol alma anında yardımcı sargı akımının deneysel eğrisi (Anasargı 0°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



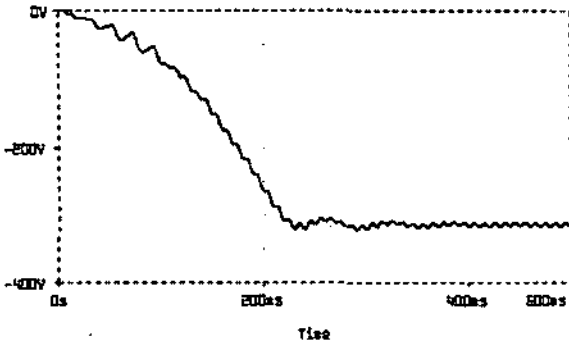
Şekil 3.8. İleri yönde deneysel hızlanma eğrisi (Anasargı 60°, yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



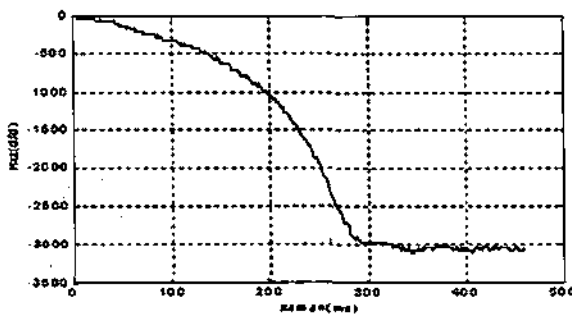
Şekil 3.9. Yol alma anında yardımcı sargı akımının teorik eğrisi (Anasargı 60° , yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



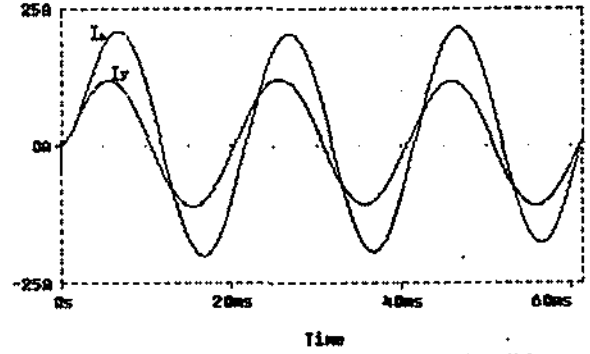
Şekil 3.10. Yol alma anında yardımcı sargı akımının deneysel eğrisi (Anasargı 60° , yardımcı sargı 0° tetikleme açısı için).



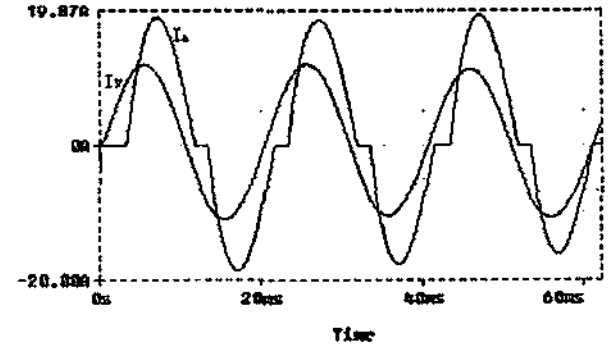
Şekil 3.11. Geri yönde teorik hızlanma eğrisi (Anasargı 60° , yardımcı sargı 120° tetikleme açısı için).



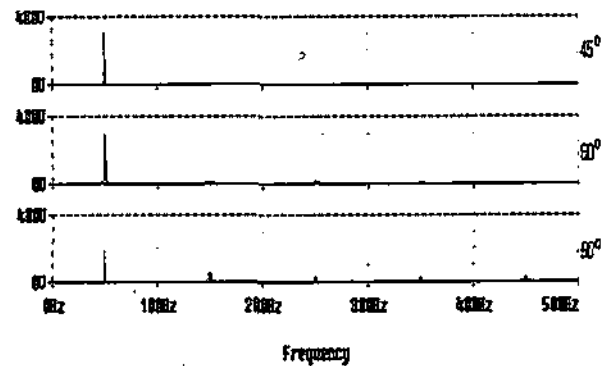
Şekil 3.12. Geri yönde deneysel hızlanma eğrisi (Anasargı 60° , yardımcı sargı 120° tetikleme açısı için).



Şekil 3.13. Anasargı 0° , yardımcı sargı 0° tetikleme açılarında ana ve yardımcı sargı akımlarının teorik eğrisi.



Şekil 3.14. Anasargı 60° , yardımcı sargı 0° tetikleme açılarında ana ve yardımcı sargı akımlarının teorik eğrisi.



Şekil 3.15. 1Nm. yük altında temel frekansı 50 Hz. olan gerilimin sırasıyla 45° , 60° , ve 90° kıyıldığında oluşan harmonikler.

Yukarıdaki hız-zaman ve akım-zaman eğrilerini gösteren, benzetim ve deneysel sonuçlar arasındaki uyum modelin doğruluğunu göstermektedir. Ayrıca motor 1 Nm. moment ile yüklenerek ana sargının gerilimi sırasıyla 45° , 60° , ve 90° kıyılarak gerilimde oluşan harmoniklerin analizi verilmiştir. Ana sargı akımını geciktirdikçe iki sargı arasındaki faz farkının arttığı, bunun da kalkış momentini etkilediğinden yardımcı sargı daha erken devreden çıkacaktır. Bu durum Şekil 3.3 ve Şekil 3.9 da görülmektedir.

4.SONUÇ

Bu çalışmada, ana ve yardımcı sargısı, a.a. kıyıcısı ile beslenen tek fazlı yardımcı sargılı asenkron motorun çalışmasının PSPICE benzetimi başarıyla, deneysel sonuçlarla doğrulanarak bir dinamik davranış ve performans incelemesi ortaya konulmuştur. Ticari ve ev tipi kullanımda yaygın olan tek fazlı motorlarda ihtiyaç duyulabilen hız ayarı amacına yönelik kullanılabilecek sistem, güç elektroniği devrelerinin çözümünde üstünlüğü olan ve fiziksel çalışma mantığına dayalı bağlantı değişikliklerini kolaylıkla modellenebilen PSPICE benzetiminin çalıştırılmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Stator geriliminin kırılmasıyla yapılan bir hız ayarı yöntemi incelenmiştir.

Ana ve yardımcı sargılara ait tetikleme açılarının, başlangıç momentine etkisi gösterilmiştir.

Ana ve yardımcı sargılara ait tetikleme açılarının, motorun dönme yönüne olan etkisi gösterilmiştir.

Sırasıyla ana ve yardımcı sargılara ait $(0^\circ, 0^\circ)$, $(60^\circ, 0^\circ)$ tetikleme açıları için yol alma anındaki hızlanma eğrisi, ana ve yardımcı sargı akımlarını gösteren şekiller incelendiğinde, $(60^\circ, 0^\circ)$ tetikleme açısında akımlar arasındaki faz farkı diğerlerinden daha fazla olduğundan başlama momenti yükselerek hızlanma süresini kısaltmıştır. Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'e ait şekiller faz farkını açıkça göstermektedir. Bu durum, bu tetikleme açılara ait yardımcı sargı akımlarına ait eğrilerden daha açık bir şekilde görülmektedir. Bilindiği gibi yardımcı sargı motorun nominal hızının belli bir değerinde devreden çıkmaktadır. Ayrıca ana sargıdaki kıyıcının tetikleme açısının geciktirilmesi, gerilimin daha çok kırılıp akımın efektif değerinin dolayısıyla momentin düşmesine sebep olacağıda gözönünde bulundurulmalıdır.

Eğer sargılardan geçen akımın önceliğini değiştirebilirsek, statorda oluşturulan döner alanın yönü de değişeceğinden motorun dönme yönünü tersine çevirebiliriz. Sırasıyla ana ve yardımcı sargılara ait $(0^\circ, 0^\circ)$, $(0^\circ, 90^\circ)$ ile $(60^\circ, 0^\circ)$, $(60^\circ, 120^\circ)$ tetikleme açılarına ait yol alma grafikleri incelendiğinde, ana sargı tetikleme açısını sabit tutup yardımcı sargının tetiklemesini ileri aldığımızda motorun dönme yönünün değiştiği açıkça görülmektedir.

Yapılan benzetim ile tek fazlı motorun ilave devreler ve/veya bağlantılarla ileri düzeyde ve daha ayrıntılı incelenmesi ve tasarım için kullanışlı ve etkili bir araç sunulmuştur.

MOTOR PARAMETRELERİ

$R_{sa}=7 \Omega$, $R_{ab}=20\Omega$, $R_{ra}=R_{rb}=R_r=6.11\Omega$, $L_{sa}=0.531$ H, $L_{ab}=0.5278$ H, $L_{ra}=L_{rb}=L_r=0.53$ H, $M_a=0.517$ H, $M_b=0.522$ H, $X_{1a}=4.398 \Omega$, $X_{2a}=4.084 \Omega$, $X_{1b}=1.822 \Omega$, $X_{2b}=2.513 \Omega$, $J=0.001$ kg.m², $B=0.00005569$ Nm/(rad/s)²

KAYNAKLAR

- [1] Sarıoğlu, K., ASENKRON MAKİNALAR, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 1983.
- [2] Gümtüş, B., Matris Konverterden Beslenen Tek Fazlı Asenkron Motorun Sayısal Benzetimi, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Elazığ 1997.
- [3] Abdel-Halim, M. A., Control of Single Phase Induction Motor Using Forced Commutated Electronic Switches, ELECTRIC MACHINES AND POWER SYSTEM JOURNAL, 25(4):1119-1133, 1997.
- [4] Abdel-Halim, M. A., Solid State Control of Single Phase Induction Motor, ELECTRIC MACHINES AND POWER SYSTEM JOURNAL, 24(6):623-638, 1996.
- [5] Veinott, C. G., Performance Calculation on L- and T-Connected Tapped-Winding Capacitor Motors, IEEE TRANS. on POWER APPARATUS and SYSTEMS, vol. Pas-96, no. 4, pp 1137-1144, July/August, 1997.
- [6] Krause, P. C., ANALYSIS OF ELECTRIC MACHINERY, McGraw Hill, 1987.
- [7] Bayındır, M. İ., Seri Uyarımlı Senkron Motorun Dinamik Davranış Modellemesi, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Elazığ, 1996.
- [8] Parlak, K. Ş., Tek Fazlı Yardımcı Sargılı Asenkron Motorda A.A. Kıyıcı İle Hız Kontrolü Ve Devir Sayısının Değiştirilmesi, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Elazığ, 2000.
- [9] The Math Works Inc., THE STUDENT EDITION OF MATLAB, 1992.