

## Üç Fazlı Sincap Kafesli bir Asenkron Motorun Matlab/Simulink Ortamında Dolaylı Vektör Kontrol Benzetimi

Ahmet NUR<sup>1\*</sup>, Zeki OMAÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Adiyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 02040, Adiyaman

<sup>2</sup> Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli

(Alınış Tarihi: 18 Kasım 2015, Yayım Tarihi: 25 Aralık 2015 )

### ÖZET

Asenkron motorlar sanayide ve evlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hızla gelişen motor sürücü teknolojileriyle birlikte asenkron motorların hız kontrolü doğru akım motorları gibi kolay olmuştur. Bu çalışmada üç fazlı sincap kafesli bir asenkron motorun d-q modeli kullanılarak dolaylı vektör kontrol modeli Matlab/Simulink ortamında oluşturulmuştur. Daha sonra farklı referans hız değerleri için üç fazlı asenkron motorun benzetim sonuçları elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Asenkron Motor; Vektör Kontrol; Matlab/Simulink

## Simulation of Indirect Vector Control of Three Phase Squirrel Cage Induction Motor Using Matlab /Simulink Software

### ABSTRACT

Induction motors are widely used in industries and homes. Induction motors with rapidly growing motor drive technology, the speed control of induction motor has been made easily. In this study, three phase squirrel cage induction motor was created by using d-q model with indirect vector control model in Matlab/Simulink software. Afterwards, three-phase induction motor simulation results were obtained for different reference speed values.

**Keywords:** Induction Motor; Vector Control; Matlab/Simulink

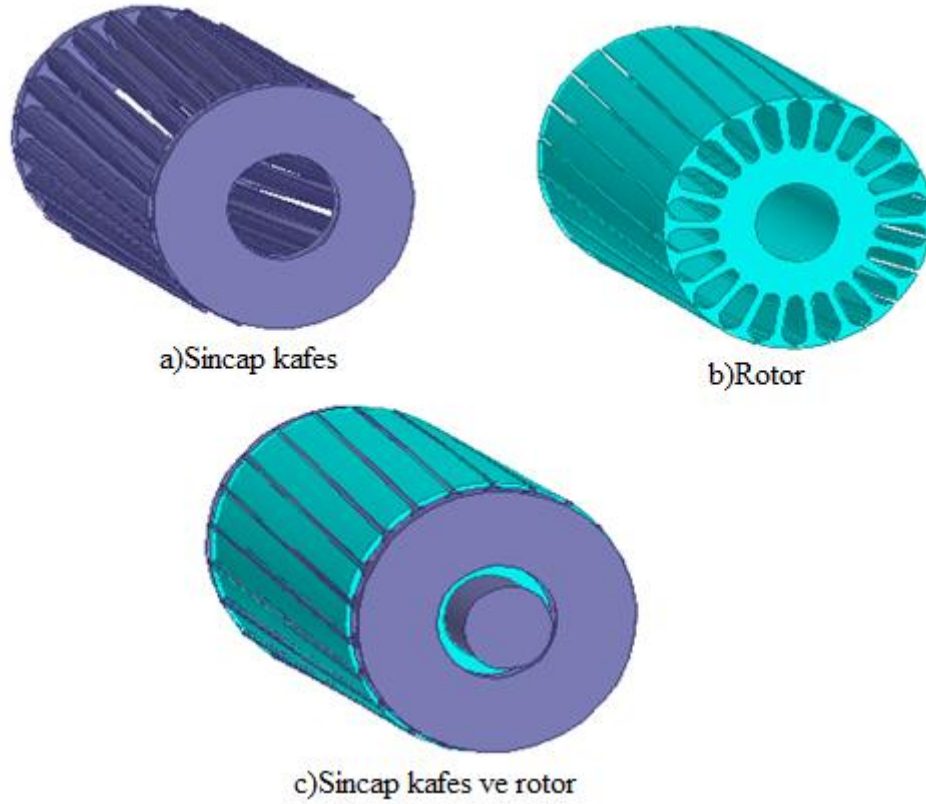
### 1. Giriş

Asenkron motorlar üretim ve bakım maliyeti düşük, sağlam ve verimi yüksek olan elektrik makineleridir. Bu nedenle endüstride yaygın olarak kullanılan motor türü asenkron motordur. Endüstriyel bantlar, su pompaları, üç fazlı torna makineleri endüstriyel kullanım alanlarına örnektir [1], [2].

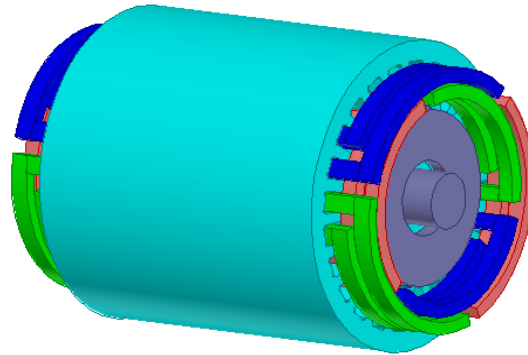
Boşta çalışan bir asenkron motorun hızı yük binmesi durumunda çok az değişir. Yüklü durum ve yüksüz durum arasındaki hız farkı ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bu nedenle bu motorlar sabit hızlı motorlar sınıfında yer alırlar. Asenkron motorlar sınıflandırılırken genelde faz sayılarına ve rotor yapılarına göre sınıflandırılır. Faz sayılarına göre asenkron motorlar tek fazlı asenkron motorlar ve üç fazlı asenkron motorlar olarak ikiye ayrılır. Rotor yapısına göre ise asenkron motorlar sincap kafesli asenkron motorlar ve bilezikli asenkron motorlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Endüstriyel alanlarda

\* Sorumlu yazar : [anur@adiyaman.edu.tr](mailto:anur@adiyaman.edu.tr) (A. Nur)

çoğunlukla kullanılan asenkron motor tipi sincap kafesli asenkron motorlardır [3]. Ansys yazılımında tasarlanmış üç fazlı sincap kafesli bir asenkron motorun yapısı şekil 1 ve şekil 2' de gösterilmiştir [4].



Şekil 1. Üç fazlı ve sincap kafesli bir asenkron motorun kafes yapısı



Şekil 2. Üç fazlı ve sincap kafesli asenkron motorun üç boyutlu görünüşü

## 2. Vektör Kontrol

Değişken hızlı tahrik sistemleri uygulamalarında asenkron motorların hız kontrolü için stator sargılarına uygulanan gerilim frekansını ayarlanmaya dayalı çeşitli kontrol yöntemleri vardır. Bu kontrol yöntemleri temel olarak üç bölüme ayrılabilir [1]. Bunlar;

- Skaler Kontrol

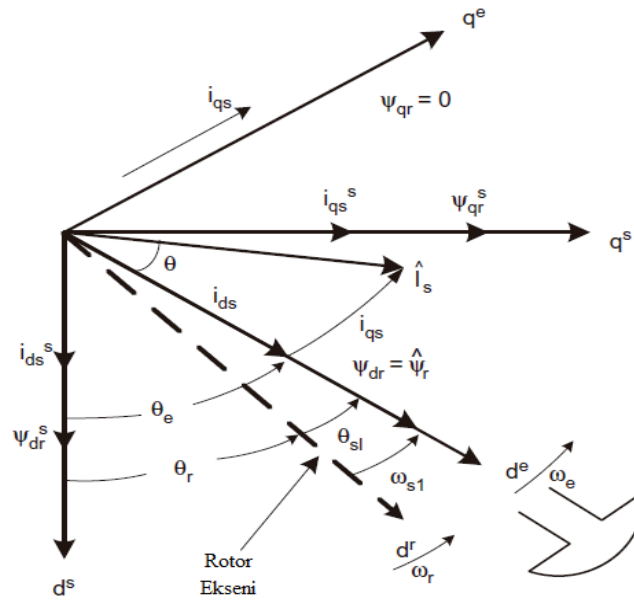
- Vektör Kontrol
- Doğrudan Moment Kontrolü

Vektör kontrol tekniği geri besleme elemanlarının kullanılması nedeniyle diğer kontrol tekniklerine göre daha yüksek maliyetlidir. Fakat bununla beraber vektör kontrol tekniğinin sağladığı bazı avantajlar şunlardır [5]:

- Daha kolay hız kontrolü
- Güçlü bir dinamik davranış
- Oldukça iyi bir moment yanıtı
- Çeşitli hız aralıklarında farklı çalışma noktaları için yüksek verim
- Bağımsız akı ve moment kontrolü

Asenkron motorun hız kontrolü doğru akım (DA) motora göre daha zordur. Fakat vektör kontrol veya diğer adıyla alan yönlendirmeli kontrol asenkron motoru DA motor hız kontrolü gibi yüksek performanslı bir şekilde motor kontrolü sağlar [6]. Asenkron motorun vektör kontrolü rotor akısı yönlendirmeli, stator akısı yönlendirmeli ve hava aralığı akısı yönlendirmeli olmak üzere üç gruba ayrılır [7]. Uygulama şekline göre ise vektör kontrol yöntemi doğrudan vektör kontrol ve dolaylı vektör kontrol olmak üzere iki gruba ayrılır [8]. Hava aralığı akısını algılamada kullanılan hall etkili algılayıcıların neden olduğu sorunlar ve parametre değişiminden kaynaklı etkilenmelere hızlı cevap verememesi nedeniyle asenkron motora doğrudan vektör kontrolü metodunu uygulamak zor ve kullanışsızdır [9].

Şekil 3'de dolaylı vektör kontrolün fazör diyagramı verilmiştir [6]. Burada  $i_{ds}$  ve  $i_{qs}$  asenkron motorun iki kontrol bileşenidir.  $i_{qs}$  moment üretir,  $i_{ds}$  ise manyetik alan oluşturur.



Şekil 3. Dolaylı vektör kontrol fazör diyagramı

Üç fazlı asenkron motorun dolaylı vektör kontrolü için asenkron motorun dinamik modeli kullanılır. Asenkron motorun dinamik modeli ise d-q dönüşümünden elde edilir [10]. Üç fazlı bir asenkron motorun d-q modelinde kullanılan bazı denklemler aşağıdaki gibidir [11], [12], [13].

Akı denklemleri;

$$\begin{aligned}
 \Psi_{sd} &= L_S i_{sd} + \frac{3}{2} L_{sr} i_{rd} \\
 \Psi_{sq} &= L_S i_{sq} + \frac{3}{2} L_{sr} i_{rq} \\
 \Psi_{rd} &= L_R i_{rd} + \frac{3}{2} L_{sr} i_{sd} \\
 \Psi_{rq} &= L_S i_{rq} + \frac{3}{2} L_{sr} i_{sq}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Gerilim denklemleri;

$$\begin{aligned}
 U_{sd} &= R_s i_{sd} - w_s \Psi_{sq} + p \Psi_{sd} \\
 U_{sq} &= R_s i_{sq} + w_s \Psi_{sd} + p \Psi_{sq} \\
 0 &= R_r i'_{rd} - w_k \Psi'_{rq} + p \Psi'_{rd} \\
 0 &= R_r i'_{rq} + w_k \Psi'_{rd} + p \Psi'_{rq}
 \end{aligned} \tag{2}$$

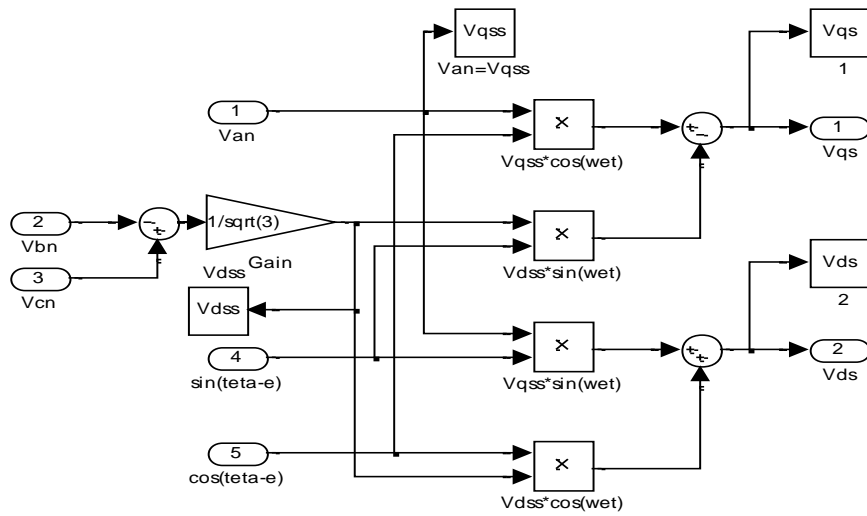
Moment ve hareket denklemleri;

$$\begin{aligned}
 T_e &= 3 \left( \frac{P}{2} \right) L_m (i_{sq} i'_{rd} - i_{sd} i'_{rq}) \\
 T_e - T_y &= \frac{2}{P} J \frac{dw_r}{dt}
 \end{aligned} \tag{3}$$

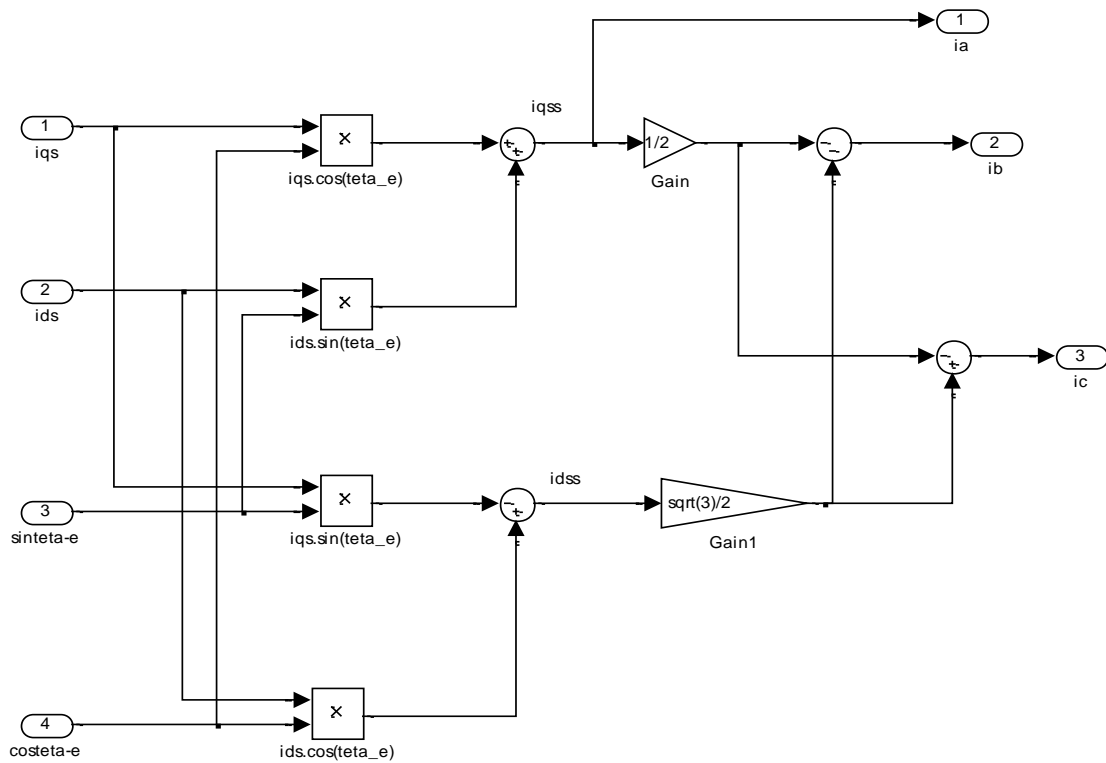
### 3. Üç Fazlı Sincap Bir Asenkron Motorun Dolaylı Vektör Kontrol Modeli

Matlab (Matrix Laboratory) programı 1985'de C.B Moler tarafından geliştirilmiş bir programlama dilidir. Matlab mühendislik alanında, sayısal hesaplamada, veri çözümleri ve grafik işlemlerinde kullanılabilecek genel amaçlı bir program olmakla beraber içerisinde yer alan Simulink paketi benzetim programlarının hazırlanması ve çalıştırılmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [14].

Üç fazlı sincap kafesli asenkron motorun vektör kontrolü için tasarlanan benzetim şemaları şekil 4 ve şekil 5' de gösterilmiştir.

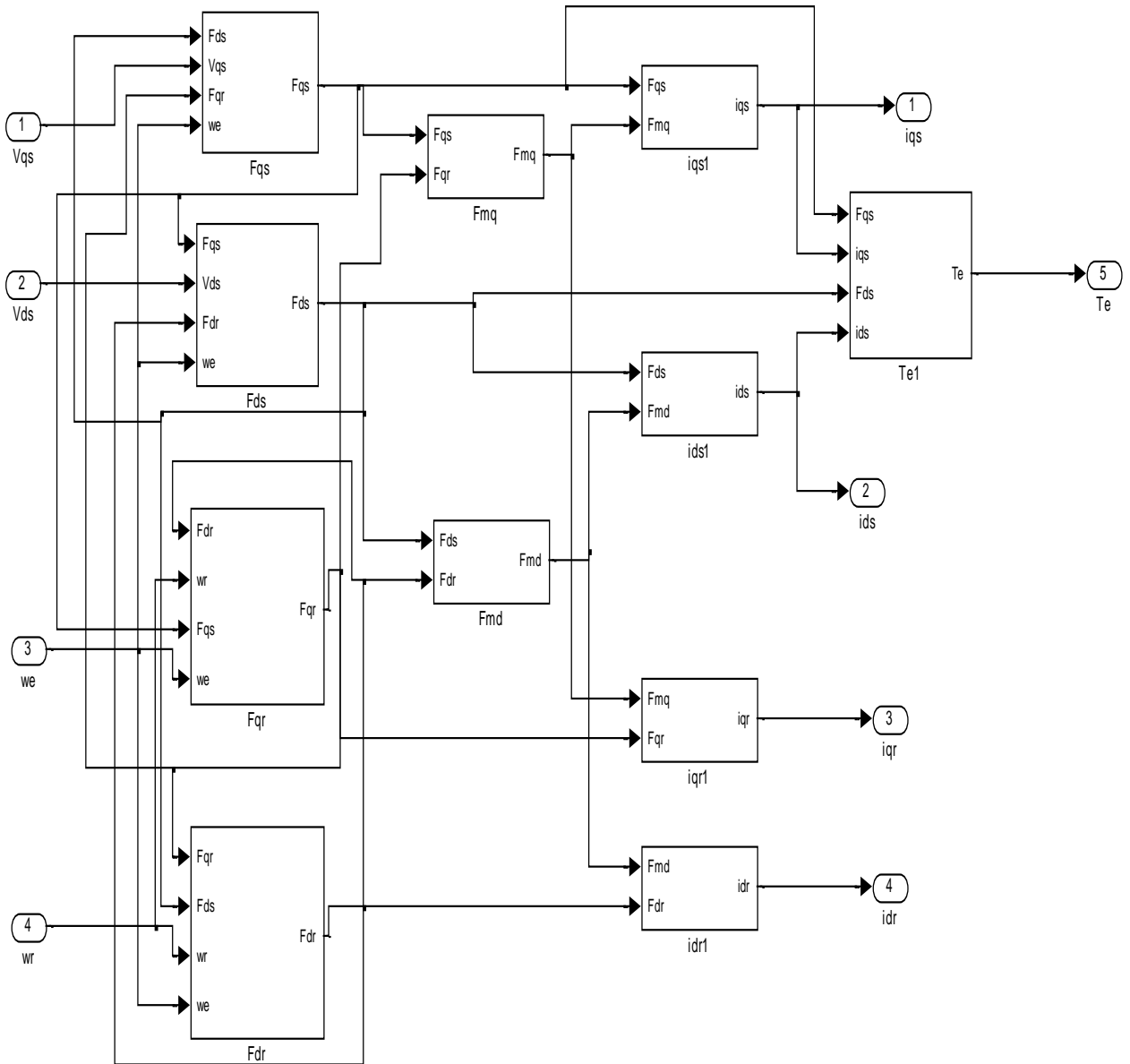


Şekil 4. Asenkron motor faz gerilimlerinin abc-dq dönüşüm benzetim şeması



Şekil 5. Asenkron motor faz akımlarının dq-abc dönüşümü benzetim şeması

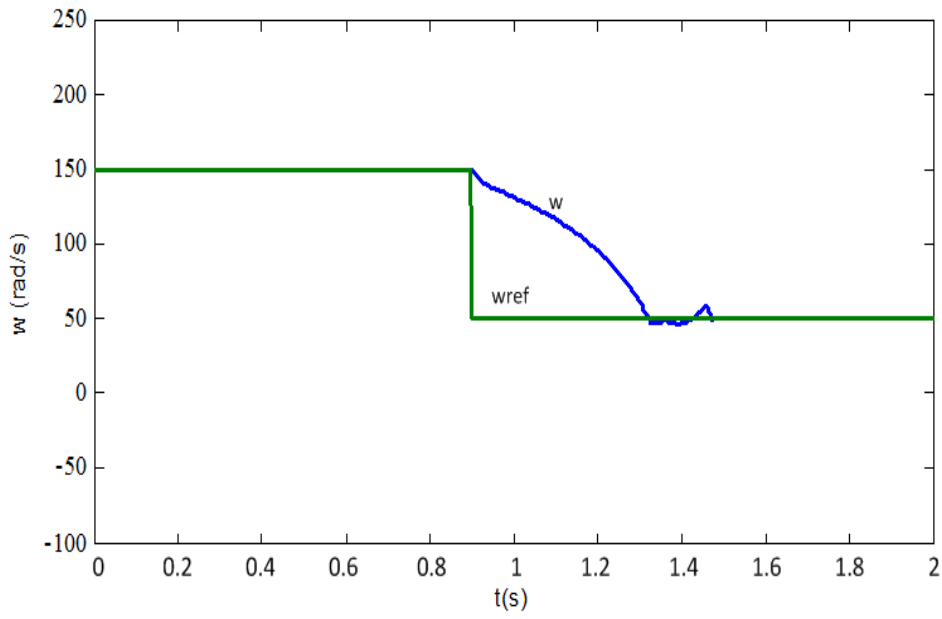
Üç fazlı sincap kafesli asenkron motorumuzun vektörel kontrolü için tasarlanmış olan d-q modeli benzetim şeması şekil 6' da verilmiştir.



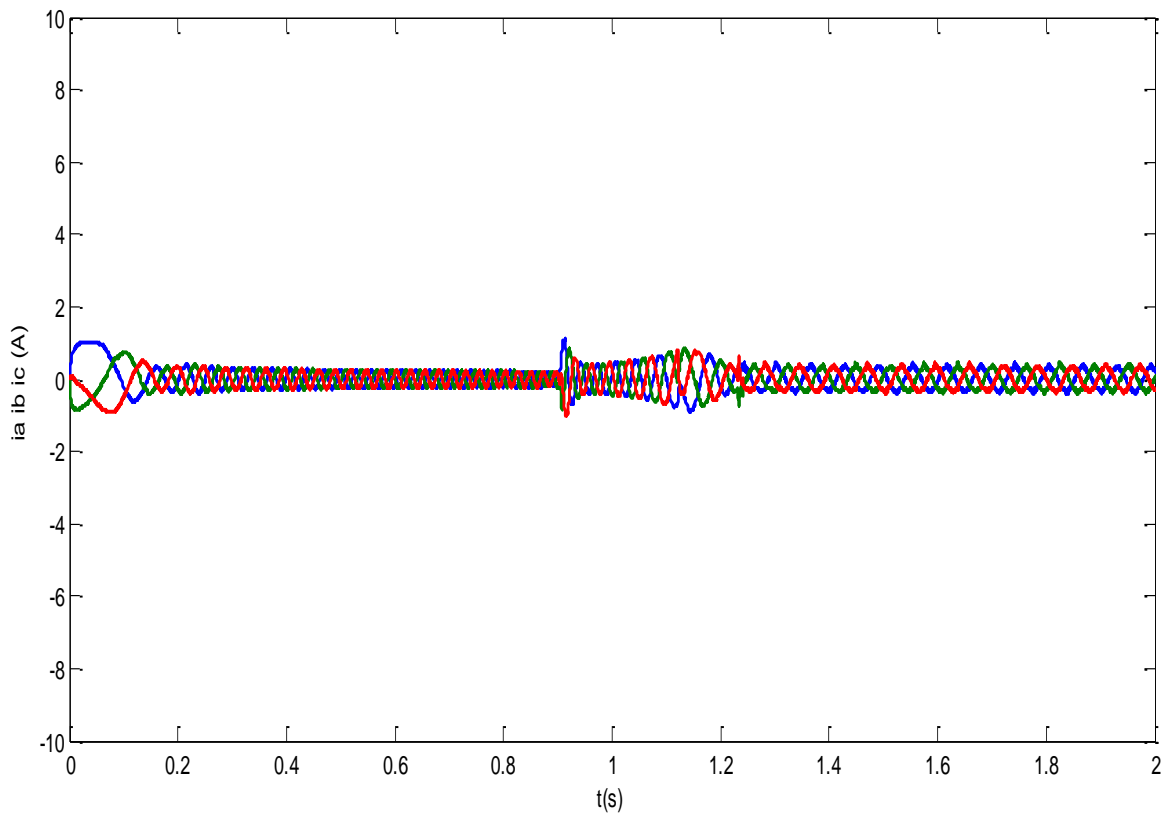
Şekil 6. Üç fazlı asenkron motorun d-q modeli Matlab/Simulink benzetim şeması

#### 4. Benzetim Sonuçları

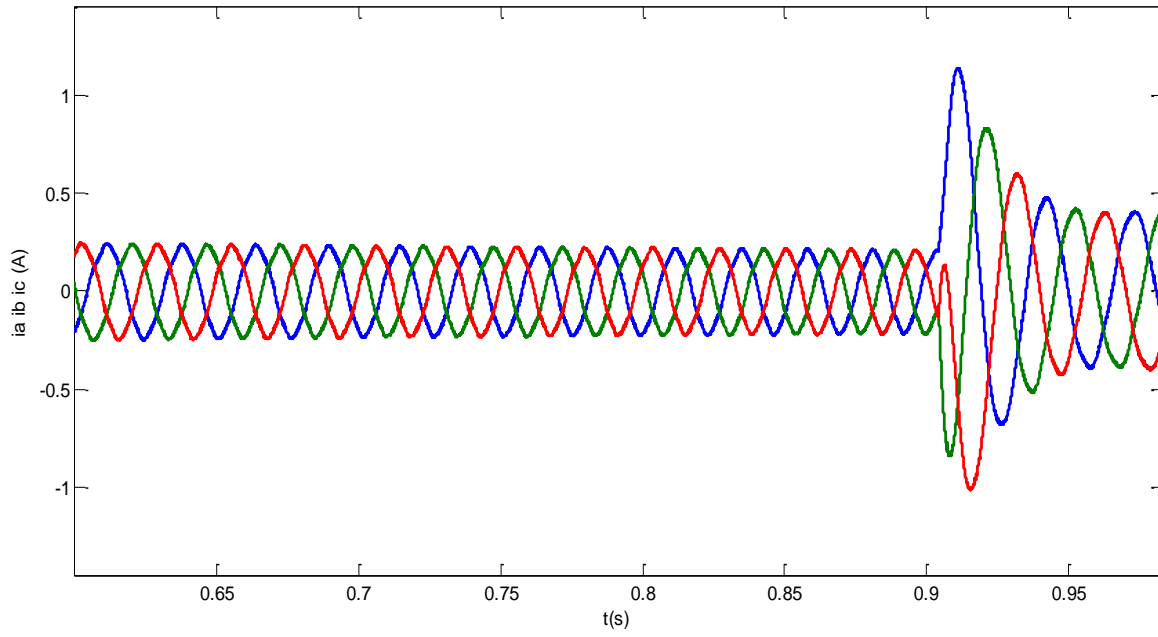
Matlab/Simulink'te hazırlanan üç fazlı sincap kafesli asenkron motor vektör kontrolünün  $\omega=150/50$  rad/s hız durumu için simülasyon sonuçları şekil 7, şekil 8, şekil 9, şekil 10 ve şekil 11'de gösterilmiştir.



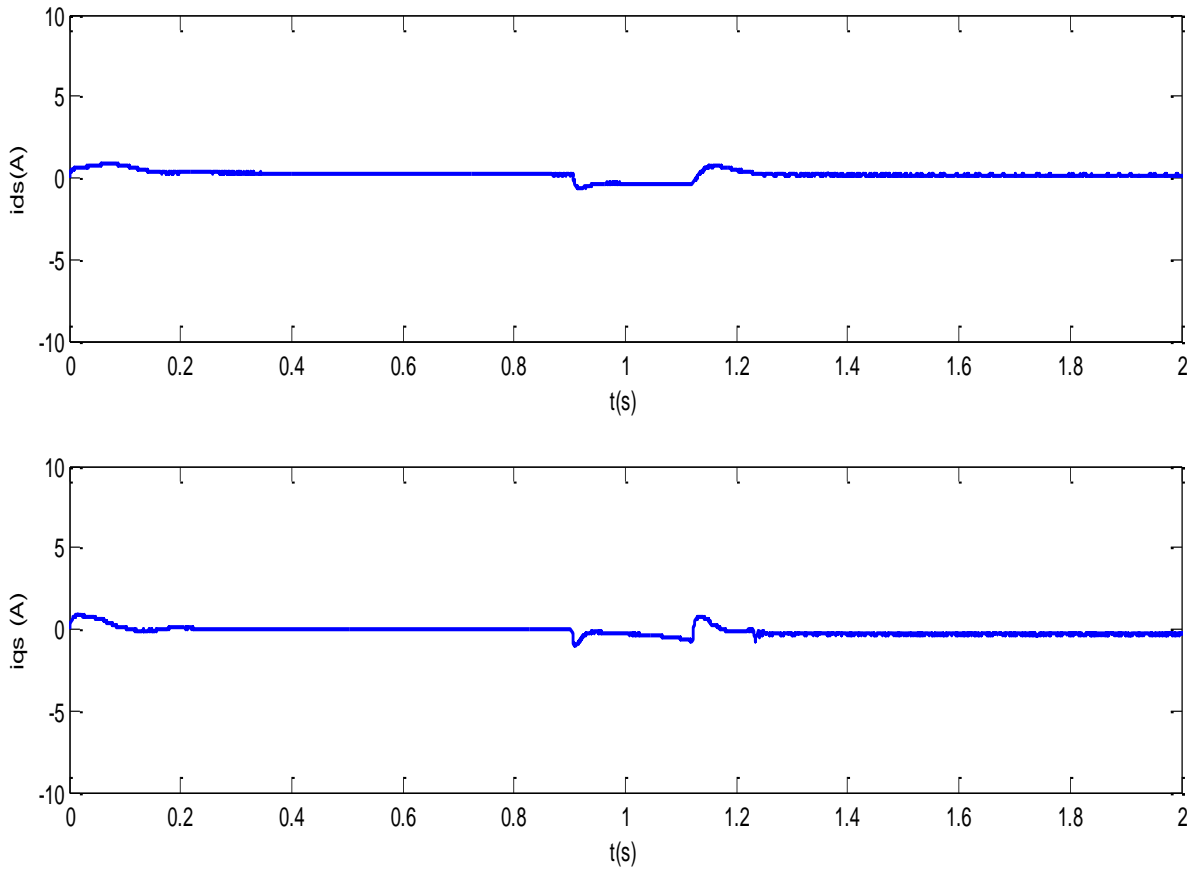
Şekil 7. Asenkron Motorun  $\omega=150/50$  rad/s hıza ulaşması durumunda elde edilen hız simülasyon sonucu



Şekil 8. Asenkron Motorun  $\omega=150/50$  rad/s hıza ulaşması durumunda elde edilen Ia, Ib ve Ic faz akımları simülasyon sonucu

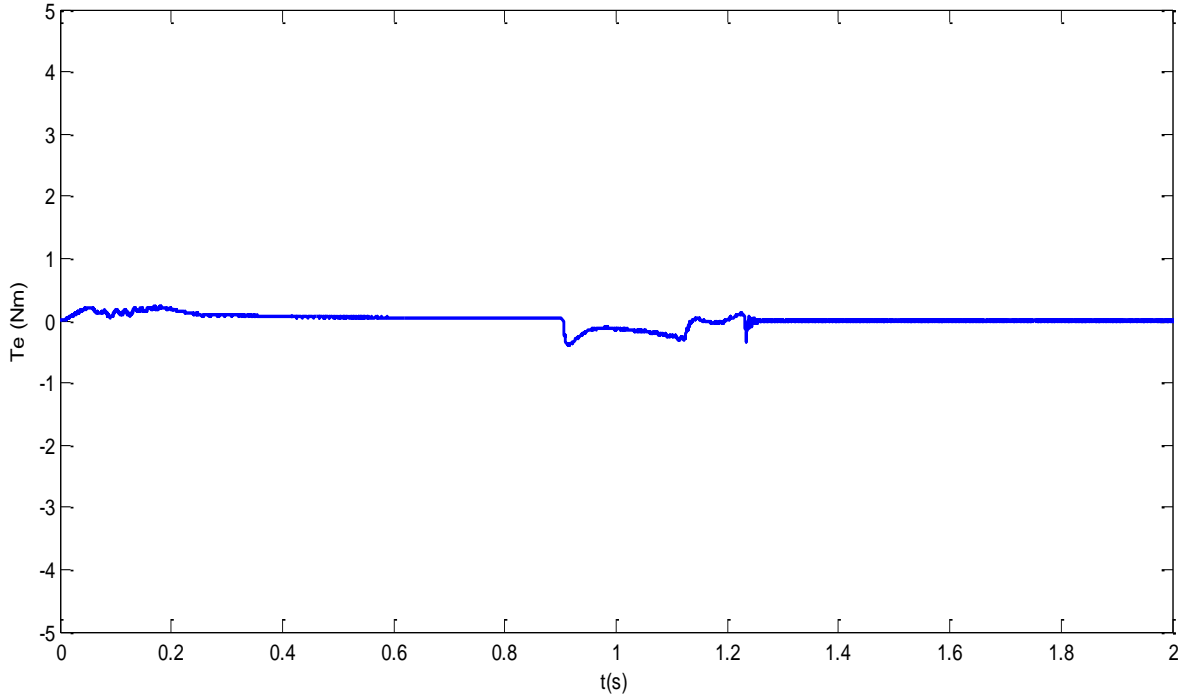


Şekil 9. Asenkron Motorun  $\omega=150/50$  rad/s hız durumunda faz akımlarının büyütülmüş simülasyon sonucu



Şekil 10. Asenkron Motorun  $\omega=150/50$  rad/s hıza ulaşması durumunda  $I_d$  ve  $I_q$  akımları simülasyon sonucu





Şekil 11. Asenkron Motorun  $\omega=150/50$  rad/s hıza ulaşması durumunda elde edilen moment simülasyon sonucu

## 5. Sonuç

Üç fazlı sincap kafesli bir asenkron motorun dolaylı vektör kontrol dinamik modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Matlab/ Simulink ortamında oluşturulan bu modelde, farklı referans hız değerleri için asenkron motorun dinamik hız cevabı alınmıştır. Asenkron motorun referans hızını doğrulukla yakaladığı görülmüştür. Ayrıca üç fazlı sincap kafesli asenkron motorun faz akımları değişim grafikleri ve moment değişim grafiği Matlab/Simulink benzetim ortamında elde edilmiştir.

## Kaynaklar

- [1] Nur A, Omaç Z, Öksüztepe E. Fuzzy logic based indirect vector control of squirrel cage induction Motor. The 4th International Fuzzy Systems Symposium, Istanbul, Turkey; 2015.
- [2] Oğuz Y, Dede M. Speed estimation of vector controlled squirrel cage asynchronous motor with artificial neural Networks. Energy Conversion and Management, 2011;52:675–686.
- [3] Nur A. Asenkron motorun sonlu elemanlar yönteminde incelenmesi ve bulanık mantık denetleyicili vektör kontrolü. Yüksek Lisans Tezi. Tunceli: Tunceli Üniversitesi, 2014.
- [4] Nur A, Omaç Z, Öksüztepe E. Modelling and analyzing of induction motor using three-dimensional finite element method. 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Valencia, Spain; 2015.
- [5] Akın Ö, Alan İ. The use of fpga in field oriented control of an induction machine. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 2010; Volume 18, Issue 6.
- [6] Bose BK. Modern power electronics and AC drives. Prentice Hall; 2002
- [7] Krause PC, Wasynczuk O, Sudhoff SD. Analysis of electric machinery and drive systems. Wiley-IEEE Press; 2002.

- [8] Omaç Z, Öksüztepe E, Selçuk AH. Sayısal sinyal işlemci tabanlı dolaylı alan yönlendirmeli asenkron motorun hız kontrolü. 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Turkey; 2011.
- [9] Toliyat HA, Campbell S. DSP based electromechanical motion control. CRC press; 2004.
- [10] Güzelbeyoğlu N. Elektrik makinaları I-II. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi; 1992.
- [11] Boldea I, Nasar SA. Vector control of AC drives. CRC press; 1992.
- [12] Sarıoğlu K. Elektrik makinalarının temelleri Cilt: III. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi; 1992.
- [13] Polat M, Kürüm H. Dolaylı Rotor Akısı Alan Yönlendirme Yöntemindeki Parametre Değişimlerinin Etkilerinin İncelenmesi, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, Türkiye; 2002.
- [14] E. Akın, M. Karaköse, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Sanal Laboratuvarların Kullanımı, Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu, Ankara, Türkiye; 2003.