

Matlab Simulink Gerçek Zaman Arabirimi Ve Uzak Vektör Darbe Genişlik Modülasyon Tekniğini Kullanan Sayısal İşaret İşlemci Kontrollü Evirici İle Asenkron Motorun Skalar Kontrolü

Ertan MURAT¹

Erhan AKIN²

Bülent ERTAN³

^{1,3} Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Söğütözü, Ankara
²Bilgisayar Mühendisliği, Fırat Üniversitesi Elazığ

¹e-posta: ertan_murat@hotmail.com

²e-posta: eakin@firat.edu.tr

³e-posta: ertan@metu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Sayısal İşaret İşlemci, Uzak Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu, Evirici

ABSTRACT

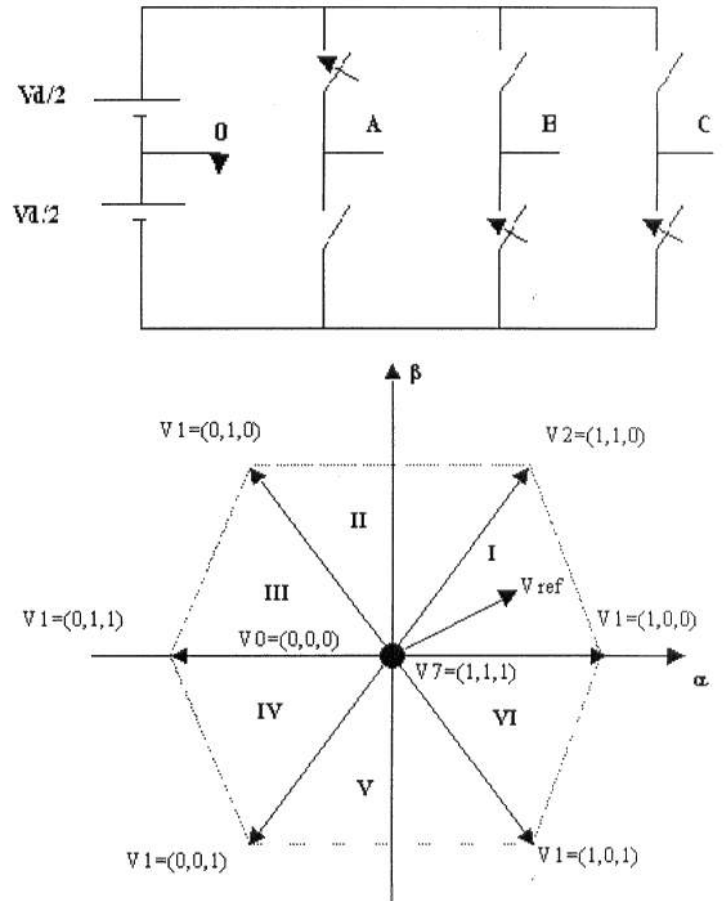
In this paper, scalar control of squirrel cage induction motor, supplied from dSpace DS1102 Digital Signal Processor (DSP) board controlled Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) based Intelligent Power Module (IPM) inverter using symmetrical Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM) technique which is programmed as a graphical Simulink model and implemented by the Real Time Interface is presented. First, SVPWM technique is described. Duty cycle determination for each sector is given. Secondly; programming dS1102 DSP controller board with Matlab Simulink Real Time Interface is presented. Finally, scalar control of an induction machine program using SVPWM which is controlled and traced from Controldesk Software is presented.

1. GİRİŞ

Endüstrinin ihtiyaç duyduğu değişken hızlı elektrik motor tahrik sistemlerinde, asenkron motor diğer motor türleriyle kıyaslandığı zaman sahip olduğu avantajlardan ve özellikle kontrol algoritmalarında ki gelişmelerden sonra (vektör kontrol, doğrudan moment kontrol) baskın tercih olagelmıştır.

2. UZAY VEKTÖR DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU

Evirici beslemeli asenkron motor sürücülerinin performansında, evirici anahtar modülasyon tekniği büyük önem arzetmektedir. 3 fazlı asenkron motor sürücü kontrol yöntemlerinin çoğu, kontrol edilebilir güç kaynağının stator sargılarına istenen şekilde akım ve gerilim uygulayabildiğini kabul ederler. Ancak, gerçekte çoğu evirici sadece yedi ayrı uzay vektörü oluşturabilir [1].

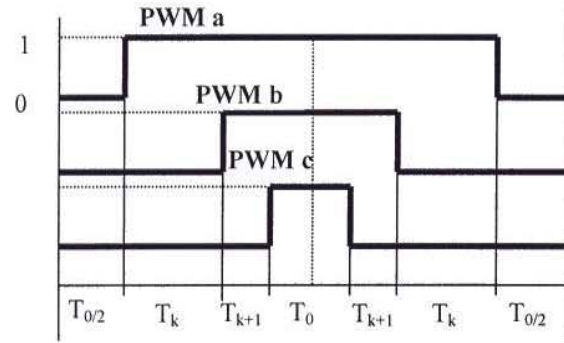


Şekil-1 a- Sürekli durumda $V_1(1,0,0)$ gerilim vektörü için evirici anahtarların konumları
b- Durağan referans çatısında evirici konumlarının gösterilmesi

Bu durum Şekil-1 de gösterilmiştir. İstenilen değişken vektörü, darbe genişlik modülasyon yöntemi kullanılarak bir periyot boyunca ortalama değer olarak elde edilir.

Gerilim kaynağı evirici beslemeli asenkron motorların akım bozulması ve moment salınımları uzay vektör darbe genişlik modülasyon yöntemi ile çok daha azaltılmıştır [2]. Uzay vektör darbe genişlik modülasyon yöntemi, altigen içerisindeki

bütün $\vec{V}_{ref}$ referans vektörlerinin, $\vec{V}_{ref}$ e komşu iki uzay vektörü ve sıfır vektörleri 0 ile 7 kullanılarak ağırlıklı ortalamaları alınarak oluşturulabilmesi temellidir. Dolayısı ile istenilen referans vektörü bu dört evirici konumunun anahtarlanması ile elde edilir.



Şekil-2 Referans vektör Sektör I de iken PWM çıkış sinyalleri

$$\vec{V}_{ref} \frac{T_s}{2} = \vec{V}_k T_k + \vec{V}_{k+1} T_{k+1} \quad (1)$$

$$\int_0^{\frac{T_s}{2}} \vec{V}_{ref} dt = \int_0^{\frac{T_0}{2}} \vec{V}_0 dt + \int_{\frac{T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}+T_k} \vec{V}_k dt + \int_{\frac{T_0}{2}+T_k}^{\frac{T_0}{2}+T_k+T_{k+1}} \vec{V}_{k+1} dt + \int_{\frac{T_0}{2}+T_k+T_{k+1}}^{\frac{T_s}{2}} \vec{V}_7 dt$$

$$T_0 + T_k + T_{k+1} = \frac{T_s}{2} \quad (2)(3)$$

$$\begin{pmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{pmatrix} \frac{T_s}{2} = \frac{2}{3} V_{dc} \left(T_k \begin{pmatrix} \cos \frac{(k-1)\pi}{3} \\ \sin \frac{(k-1)\pi}{3} \end{pmatrix} + T_{k+1} \begin{pmatrix} \cos \frac{k\pi}{3} \\ \sin \frac{k\pi}{3} \end{pmatrix} \right) \quad (4)$$

$$= \frac{2}{3} V_{dc} \begin{pmatrix} \cos \frac{(k-1)\pi}{3} \cos \frac{k\pi}{3} \\ \sin \frac{(k-1)\pi}{3} \sin \frac{k\pi}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_k \\ T_{k+1} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Uzay vektör darbe genişlik modülasyonunda sektörün doğru tayini modülasyonun kalitesini belirler. Sektör tayini en basit yolla aşağıdaki eşitlik ile yapılır.

$$\alpha = \arg \left(\frac{V_\alpha}{V_\beta} \right) \quad (6)$$

$$\frac{(k-1)\pi}{3} \leq \arg \left(\frac{V_\alpha}{V_\beta} \right) \leq \frac{k\pi}{3} \quad (7)$$

Her saykıldaki istenilen minimum anahtarlama komütasyonu tek sektörlerde aşağıdaki sıra ile gerilim vektörü uygulanır

$\vec{V}_0 \vec{V}_k \vec{V}_{k+1} \vec{V}_7 \vec{V}_{k+1} \vec{V}_k \vec{V}_0$
çift sektörlerde şu sıra takip edilerek sağlanır.

$\vec{V}_0 \vec{V}_{k+1} \vec{V}_k \vec{V}_7 \vec{V}_k \vec{V}_{k+1} \vec{V}_0$.

Anahtarların görev periyotlarının belirlenmesi için gerekli olan süreler ise şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{pmatrix} T_k \\ T_{k+1} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{T_s}{V_{dc}} \begin{pmatrix} \sin \frac{k\pi}{3} & -\cos \frac{k\pi}{3} \\ -\sin \frac{(k-1)\pi}{3} & \cos \frac{(k-1)\pi}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{pmatrix} \quad (8)$$

Uzayda α ve β ekseni gerilim vektörleri referans vektörü kullanılarak yazılır ise;

$$\vec{V}_{ref} = |\vec{V}_{ref}| e^{j\omega t} = |\vec{V}_{ref}| [\cos(\omega t) + j \sin(\omega t)] \quad (9)$$

burada $|\vec{V}_{ref}|$ genlik ω ise istenilen faz gerilimi

açısal hızıdır.

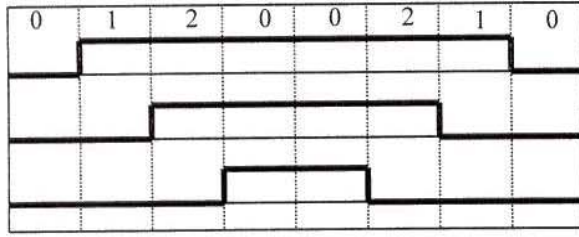
$$\begin{pmatrix} T_k \\ T_{k+1} \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|\vec{V}_{ref}| T_s}{V_{dc}} \begin{pmatrix} \sin \frac{k\pi}{3} & -\cos \frac{k\pi}{3} \\ -\sin \frac{(k-1)\pi}{3} & \cos \frac{(k-1)\pi}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\omega t) \\ \sin(\omega t) \end{pmatrix} \quad (10)$$

Böylece anahtarların belirli bir frekansta, verilen DC bara gerilimi ve referans gerilim vektörü için iletimde kalma süreleri dolayısı ile görev periyotları hesaplanmış olur. Bir anahtarlama saykılı süresince eviricinin kutup gerilimi ortalama değeri şu şekilde verilir:

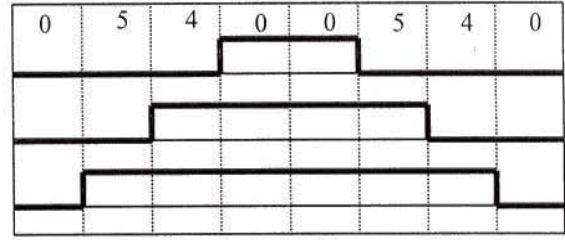
$$\begin{aligned} V_{A0}(\omega t) &= \frac{V_{dc}}{2T_s} \left(-\frac{T_0}{2} + T_1 + T_2 + T_0 + T_2 + T_1 - \frac{T_0}{2} \right) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|\vec{V}_{ref}|}{V_{dc}} V_{dc} \cos(\omega t - \frac{\pi}{6}) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} V_{B0}(\omega t) &= \frac{V_{dc}}{2T_s} \left(-\frac{T_0}{2} - T_1 + T_2 + T_0 + T_2 - T_1 - \frac{T_0}{2} \right) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{|\vec{V}_{ref}|}{V_{dc}} V_{dc} \sin(\omega t - \frac{\pi}{6}) \end{aligned} \quad (12)$$

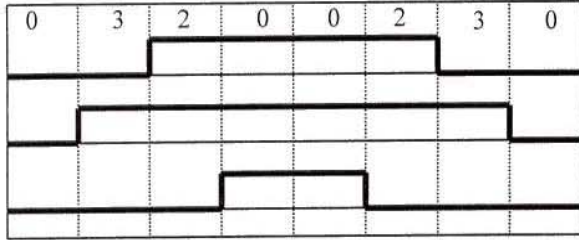
$$V_{C0}(\omega t) = -V_{A0}(\omega t) \quad (13)$$



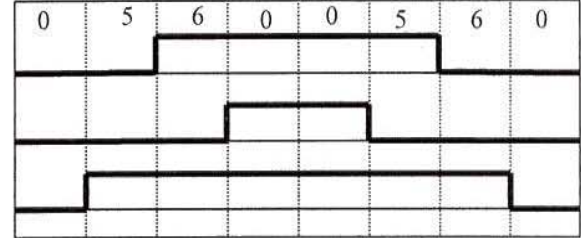
SEKTÖR 1



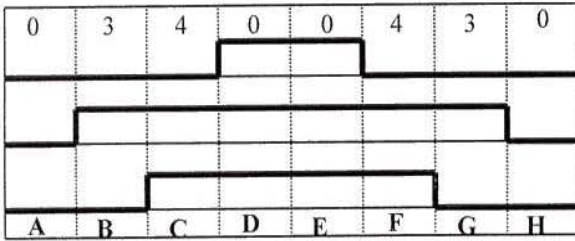
SEKTÖR 4



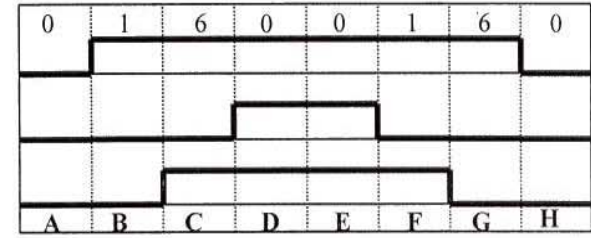
SEKTÖR 2



SEKTÖR 5



SEKTÖR 3



SEKTÖR 6

A= T0/2 B= TK C= TK+1 D= T0/2
E= T0/2 F= TK G= TK+1 H= T0/2

Şekil-3 Sektörlere göre simetrik Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu (SVPWM) için görev peryotlarının XOR kapısı ile üretilmesi

Tablo-1 Sektörler için stator faz görev peryotları

SEKTÖR	1	2	3	4	5	6
A Fazı	B	M	S	S	M	B
B Fazı	M	B	B	M	S	S
C Fazı	S	S	M	B	B	M

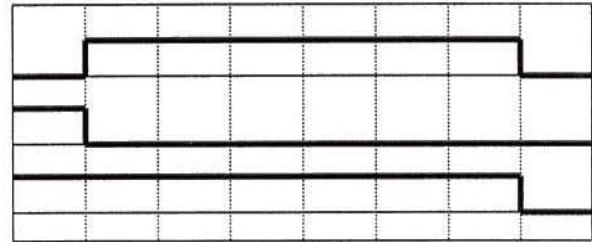
B – Büyük

M-Orta

S-Küçük

Tablo-2 XOR Kapısı doğruluk tablosu

P1	P2	Çıkış
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



BÜYÜK

Şekil-4 Büyük görev peryodunun iki PWM çıkışı ile elde edilmesi

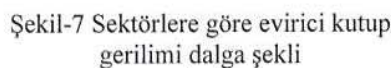
$$P1d = \frac{T0}{Ts} \quad P2d = \frac{Ts - T0}{Ts} \quad (14)$$



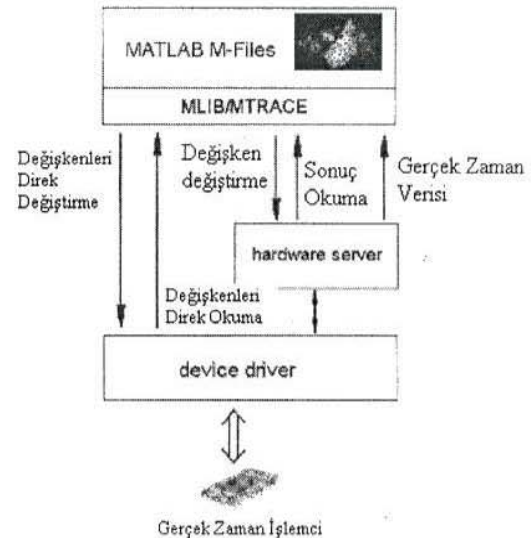
Tek Sektör:

Çift Sektör:

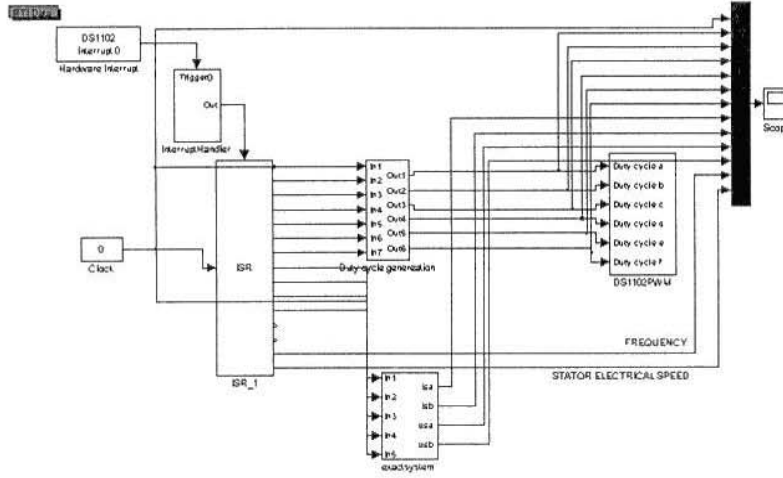
KÜÇÜK

$$P1d = \frac{\frac{T0}{2} + TK + TK+1}{Ts} \quad P2d = \frac{Ts - (\frac{T0}{2} + TK + TK+1)}{Ts} \quad (17)$$


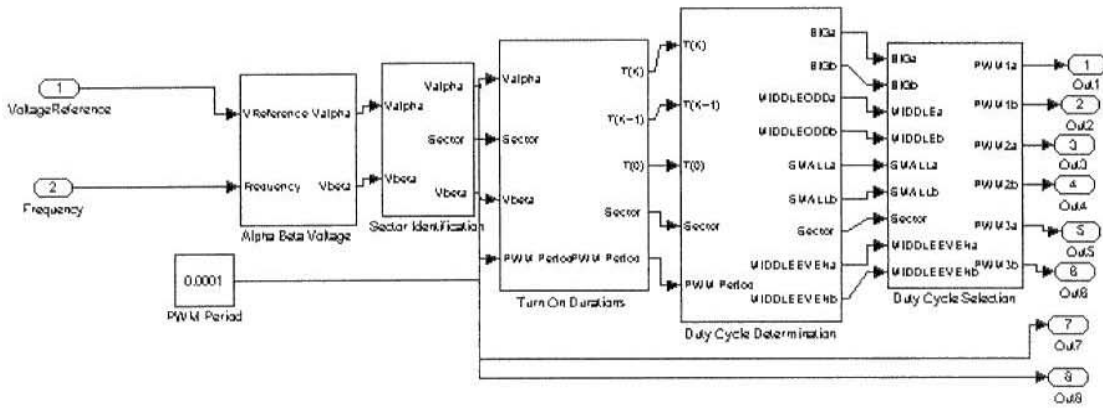
4. GERÇEK ZAMAN ARABİRİM VE SIMULINK YAZILIMI



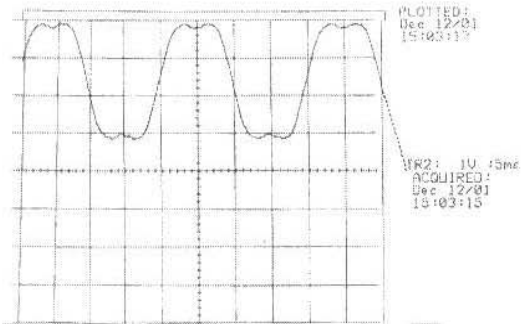
Matlab Simulink te hazırlanan programların C dosyaları oluşturulup, C derleyici kullanılarak Object dosyası oluşturulur. Bu dosya DSP işlemciye yüklenir [4].



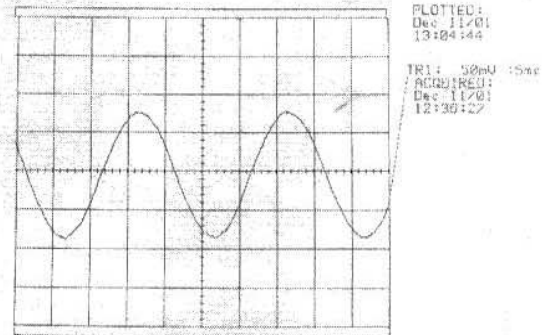
Şekil-10 Asenkron motor skalar kontrol MATLAB Simulink programı



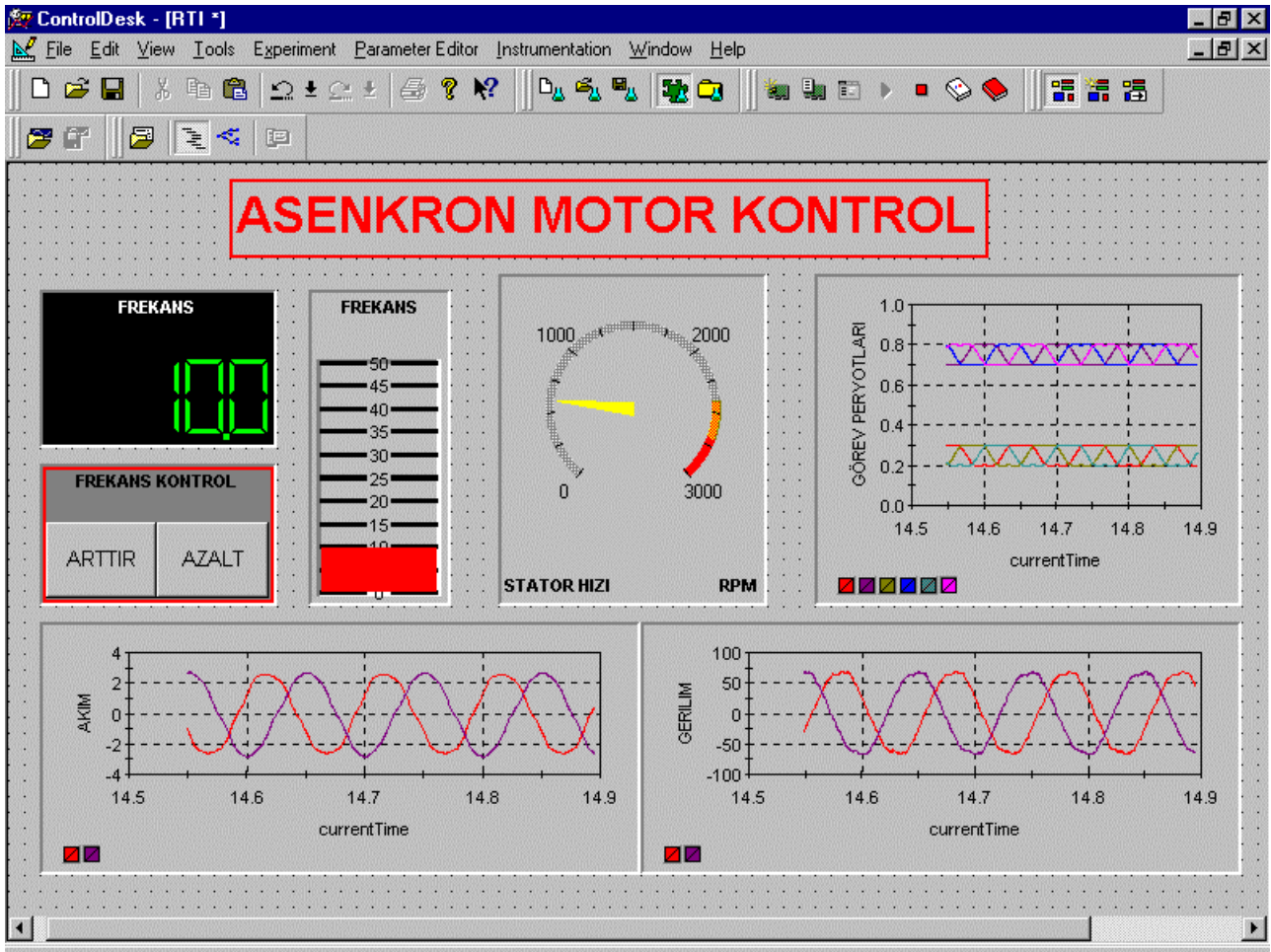
Şekil-11 Uzay fazör darbe genişlik modülasyonunun MATLAB Simulink te modellenmesi



Şekil-12 Filtrenilmiş PWM görev periyodu osiloskop çıktısı



Şekil-13 Stator faz akımı osiloskop çıktısı



Şekil-14 Asenkron motor skalar kontrolü için CONTROLDESK programında geliştirilmiş arabirim

4. SONUÇ

Bu makalede, asenkron motorun skalar kontrolü simetrik Uzay Fazör Darbe Genişlik Modülasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 KHz anahtarlama frekansı için deneysel sonuçlar eklenmiştir. Temiz akım dalga şekilleri elde edilmiştir. Motor kontrol programı MATLAB Simulink te yazılıp, motor; Controldesk yazılımından kontrol edilip, gözlenmiştir.

Motor Etiket Değerleri:

Δ / Y 220/380 V
4.7/2.7 A
1 kW. Cos ϕ = 0.76
2830 rpm. 50 Hz.

KAYNAKLAR

- [1] Depenbrock M. , Direct Self Control (DSC) of Inverter Fed Induction Machine, IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 3, No. 4, October 1988, pp 420-429.
- [2] Van Der Broeck H.W. , Skudelny H.C. , Stanke G.V. , Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage Space Vectors, IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 3, No. 4, October 1988, pp 420-429.
- [3] Akın, E. , “Stator Alan Akısı Üzerinden Asenkron Motorun Rotor Akısı Yönlendirmesi İçin Bir Yöntem”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, 1994
- [4] dSPACE “Squirrel Cage Induction Motor Control with DS1102 Controller Board”, Application Note, January 1999