Lütfen bu yayini asagidaki gibi kaynak gösteriniz.
A. M Sharaf, I. H. Altas, E. Ozkop, "Elektrikli Araçlar için Çift Çevrim Destekli DA Motor Kontrol Uygulamasi", XII. EEBB Mühendisligi Ulusal Kongresi Ve Fuari, Eskisehir Osmangazi Üniversitesi, Eskisehir. Kasim 14-18, 2007.

Elektrikli Araçlar İçin Çift Çevrim Destekli DA Motor Kontrol Uygulaması

A. M. Sharaf[1] İ. H. Altaş[2] Emre Özkop[3]

[1]Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, New Brunswick Üniversitesi, Kanada
[2,3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

[1] e-posta: sharaf@unb.ca [2] e-posta: ihaltas@ktu.edu.tr
[3] e-posta: eozkop@ktu.edu.tr

Özetçe

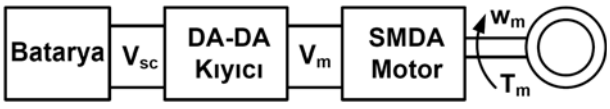
Bu çalışmada, sınırlı akım döngülü çift çevrim destekli PID denetleyici ile sürekli mıknatıslı doğru akım (SMDA) motor kontrolü gerçekleştirilmiştir. Doğru akım (DA) motor modeli MATLAB/Simulink kullanılarak ortaya koyulmuştur. Önerilen sistem denetim mekanizmasının benzetimi MATLAB/ Simulink/SimPowerSystems yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin dinamik performansı, sabit hız referansı ve değişken hız referans yolu için gözlemlenmiştir.

1. Giriş

Günümüzde elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerden biri olan DA motoru ve sürücü sistemleri, endüstrinin bir çok kolunda kullanılmaktadır [1]. Yıllar önce, konum kontrolü için kullanılan servo motorların bir çoğu alternatif akım (AC) ile çalıştırılmaktaydı. AC motorların kontrolünün zor ve doğrusal olmayan özelliklerinin baskın olması sebebiyle DA motorlar bir çok uygulamada tercih edilir. Diğer yandan DA motor içindeki fırça ve komütatör, bakımı zorlaştırmakta ve masrafı artırmaktadır [2]. DA motor ve güç elektroniği teknolojisindeki gelişmeler sayesinde motor hacmi başına düşen moment artırılmakta ve sürekli mıknatıslı motor türleri gelişme göstermektedir. Böylece fırça ve komütatör bakım dezavantajları büyük ölçüde azamiye indirilmekte ve DA motor uygulama alanının daha da genişlemesine olanak sağlamaktadır.
Günümüzde DA motor hız, konum kontrolü gerçekleştirilmekte ve ayrıca DA motor kontrol yöntemleri çeşitlilik göstermektedir [3]. Bunlardan bir kaçı geleneksel PI, PID, bulanık mantık tabanlı, doğrusal olmayan, uyarlanır değişken yapı, model referans uyarlamalı kontrol, yapay sinir ağları, ileri beslemeli hesaplanmış moment denetim yöntemleridir [4-9].

2. Sistem

Önerilen SMDA motor sürücü sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.

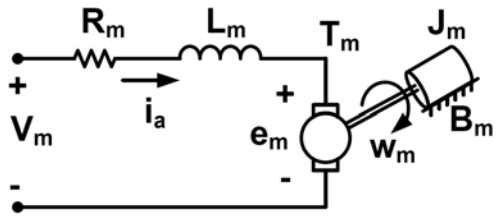


Şekil 1: Önerilen SMDA motor sürücü sistemi.

Sistem 3 bölümden oluşmaktadır; Batarya, DA-DA kıyıcı ve DA motor. Bu çalışmada DA gerilim kaynağı, iki bölgeli kıyıcı ve SMDA motor kullanılmıştır.

2.1. DA Motoru

DA motoru, bir motorda olması arzu edilen bir çok özelliğe sahiptir. Bunlardan bazıları güvenli, dayanıklı, pahalı olmama ve bunların yanında düşük gerilimde çalışabilmesidir. Bunlardan dolayı DA motorlar bir çok uygulamada tercih edilir.
SMDA motor, DA motor türlerinden biri olup gerilim kaynağından sağlanan elektrik enerjisini manyetik eşleme yöntemi ile dönen rotor vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülür. SMDA motor eşdeğer devresi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: SMDA motor eşdeğer devresi.

Sistem içinde kullanılan parametreler ve semboller Ek'te verilmiştir. DA motor endüvi sargısı, seri olarak bağlanmış endüktans (L_m), direnç (R_a) ile gerilim kaynağına zıt indüklenen gerilim (e_m) olarak ifade edilebilir. Kirchoff'un gerilim yasası kullanılarak eşdeğer devrenin diferansiyel denklemi denklem (1)'deki gibi elde edilebilir.

$$V_m(k) = R_m \mathrm{I}_a(k) + L_m \frac{d\,\mathrm{I}_a(k)}{dt} + E_m(k) \qquad (1)$$

Burada:

1. $E_m(k) = K_E \omega_m(k)$
2. i_1 =sabit; bu yüzden $K_E = K_T$

Motorun toplam momenti sıfır olmalıdır, bu durum denklem (2) ile ifade edilmiştir.

$$T_e(k) - J\frac{d\omega_m(k)}{dt} - B\omega_m(k) - T_L(k) = 0 \qquad (2)$$

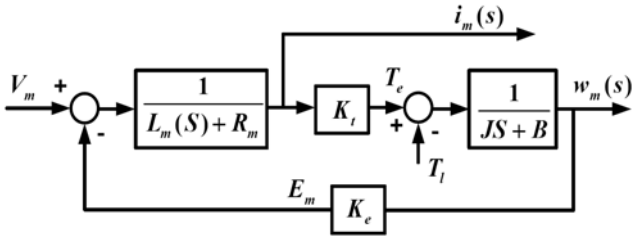
Elektromanyetik moment, endüvi sargılarında akan akım ile doğru orantılıdır ve denklem (3)'deki gibi ifade edilebilir.

$$T_e = K_T i_a \tag{3}$$

Endüvi akımı ve açısal hız için diferansiyel denklem takımları durum uzayı biçiminde denklem (4)'deki gibi düzenlenebilir.

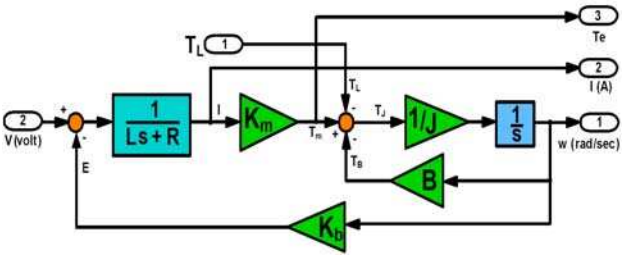
$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_a \\ \omega_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_m}{L_m} & -\frac{K_t}{L_m} \\ \frac{K_t}{J} & -\frac{B}{J} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_a \\ \omega_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_m} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_m \\ T_l \end{bmatrix} \tag{4}$$

Simulink, motorun çalışmasını Laplace dönüşüm denklemlerini kullanarak gerçekler. Her eşitliğin Laplace dönüşümü alındıktan sonra blok diyagram biçiminde şekillendirilir. SMDA motor blok diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3: SMDA motor blok diyagramı.

SMDA motor Simulink modeli Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4: SMDA motor Simulink modeli.

3. Sınırlı akım döngülü çift çevrim destekli PID denetleyici

Sınırlı akım döngülü çift çevrim destekli PID denetleyici blok diyagramı Şekil 5'de gösterilmiştir [10,11]. PID kontrol sistemi iki döngü içermektedir. Bunlar motor hız çevrimi ve motor akım çevrimi. Genel hata sinyali (e_t), sırasıyla γ_w ve γ_I ile çarpılmış olan temel motor hız ve motor akım çevrim hatalarının toplamıdır.

$$e_t = \gamma_w \cdot e_w + \gamma_p \cdot e_p \tag{5}$$

Döngü ağırlık faktörleri (γ_w ve γ_I), yeteri derecede hızlı ve kararlı dinamik çalışma için tahsis edilmiştir.

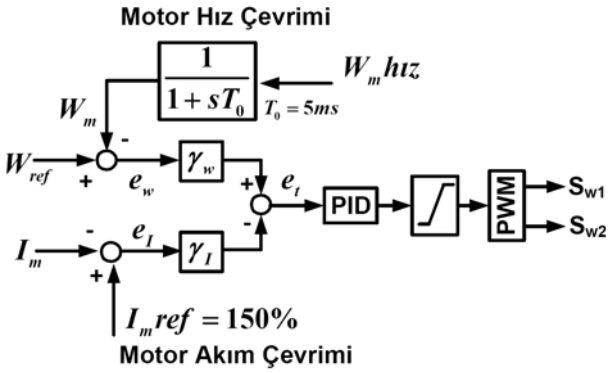


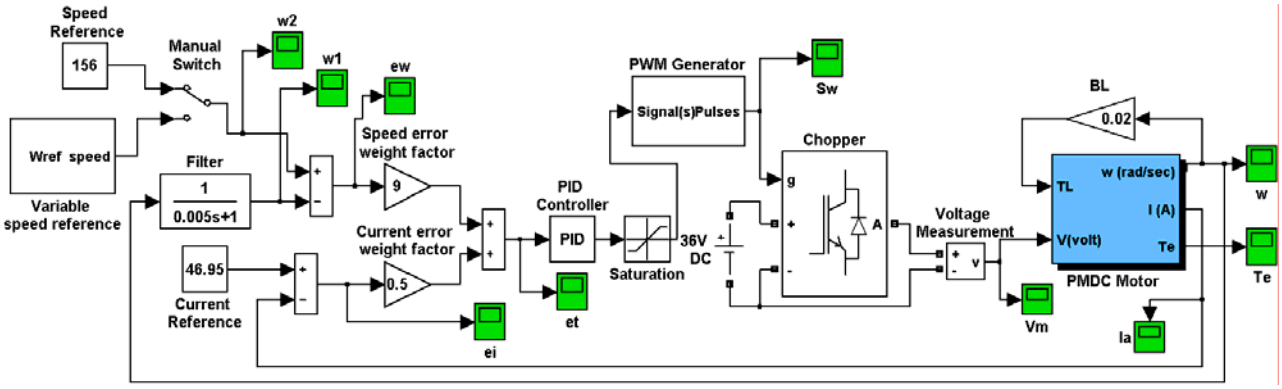
Figure 5: Sınırlı akım döngülü çift çevrim destekli PID denetleyici.

Çift çevrimli dinamik hata sürücülü PID denetleyici yapısında etkin olan çevrim hız denetim çevrimidir. Akım çevrimi yardımcı özellikte bir ek çevrimdir. Çünkü sistemde asıl denetlenen motorun hızıdır. Akım çevriminin kullanılmasındaki amaç, aşırı yüklerde ve ani darbelerde motor akımını sınırlayarak motora zarar verecek değerlere çıkmasını önlemektir. Bu nedenle akım çevrimi denetim işlevinden çok bir sınırlayıcı görevi yapmaktadır. Burada PID denetleyici veya kullanılacak başka bir denetleyici her iki çevrim hatasının toplamını kontrol etmektedir. Dolayısıyla her iki çevrim hatası sıfırlanıncaya kadar denetleyici işlem yapmayı sürdürecektir.

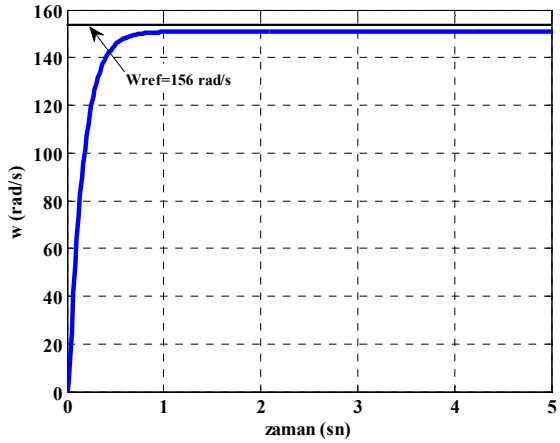
Şekil 5 verildiği gibi genel hata sinyali PID denetletici bloğunu sürmektedir. Sinyal, blok içinde işleme tabi tutulduktan sonra PID denetleyici çıkışı, sınırlayıcı tarafından sınırlandırılır. Sınırlandırılmış sinyal darbe genişlik modülasyonu (PWM) bloğuna gider ve bu blok iki darbe üretir. Üretilen darbeler, iki bölgeli kıyıcıyı besler. SMDA motorun endüvi gerilimi, kıyıcı anahtarlarının anahtarlama işlevleri ile ayarlanır. SW1 anahtarı, ana hız düzenleme çevrimi için kullanılırken SW2 anahtarı, seçimli yardımcı akım sınırlama/frenleme çevrimi için kullanılır [12].

4. Sonuçlar

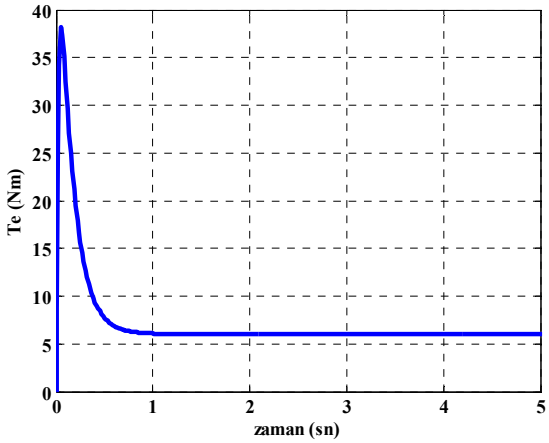
MATLAB/Simulink/SimPowerSystem yazılımı kullanılarak önerilen sistemin benzetimi gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem düzeni Şekil 6'da gösterilmiştir. Sistem çıkışları farklı iki durum için gözlemlenmiştir. Birinci durumda giriş sabit bir hız referansı, ikinci durumda ise giriş değişken hız referans yolu iken sistem davranışı incelenmiştir. Hız referans değeri 156 rad/s iken sistemin dinamik performansı Şekil 7-14'de gösterilmiştir. Hız referans yolu sistem girişine uygulandığında, sistem çıkışı Şekil 15-23'deki gibi gözlemlenmiştir. Sistem girilen referans hıza yaklaşmaya çalışırken motorun çıkış gücünü artırmak için akım değeri de nominal değerinin %150 fazlasına zorlanmaktadır. Dolayısıyla istenen hızda motoru daha güç çalışmaya zorlamaktadır. İki değişkenin aynı anda belirli değerlerde kalacak şekilde denetlenmesi ancak kullanılan motorun dinamik özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle sonuçların değerlendirilmesinde ilgili hataların sıfır olmasından çok sıfır civarlarında optimum olmaları önem kazanmaktadır.



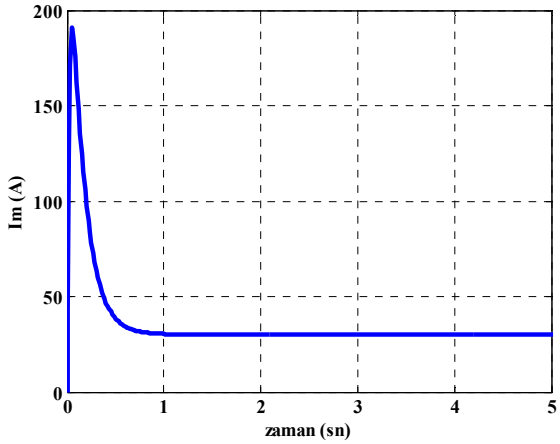
Şekil 6: Önerilen sistem düzeni.



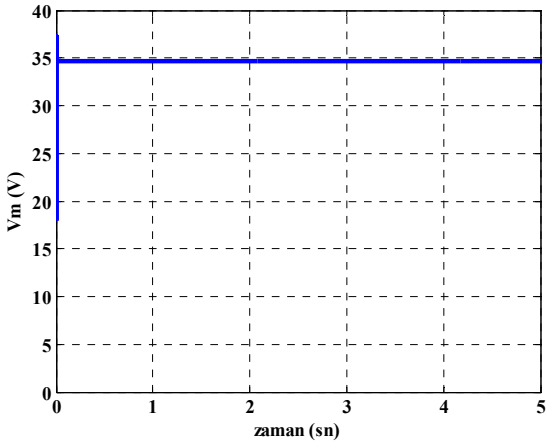
Şekil 7: Zamana karşı hız (wref=156rad/s).



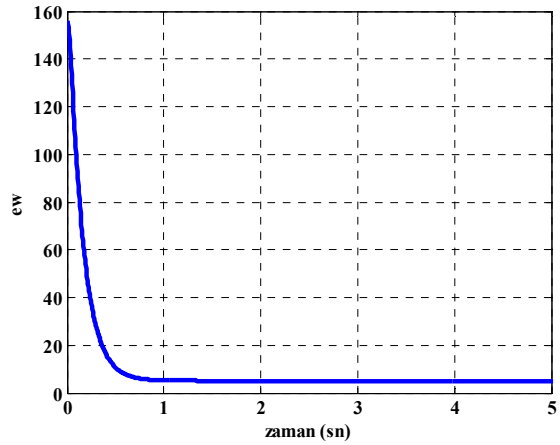
Şekil 9: Zamana karşı moment (Nm) (wref=156rad/s).



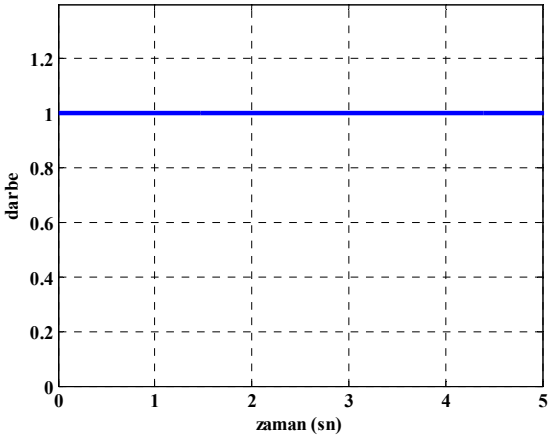
Şekil 8: Zamana karşı akım (Im) (wref=156rad/s).



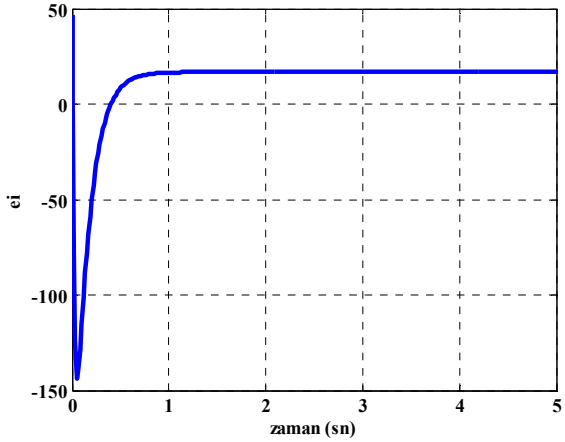
Şekil 10: Zamana karşı gerilim (Vm) (wref=156rad/s).



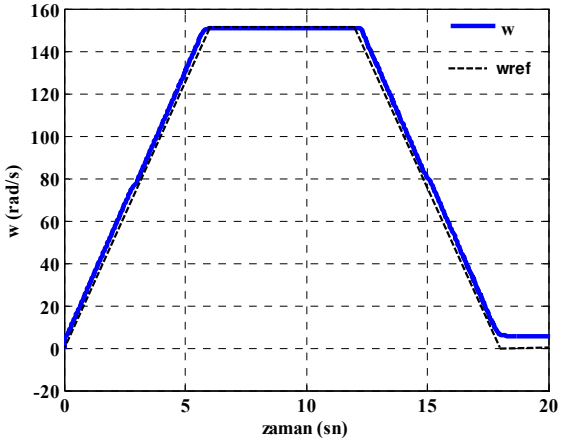
Şekil 11: Zamana karşı hız hatası (ew) (wref=156rad/s).



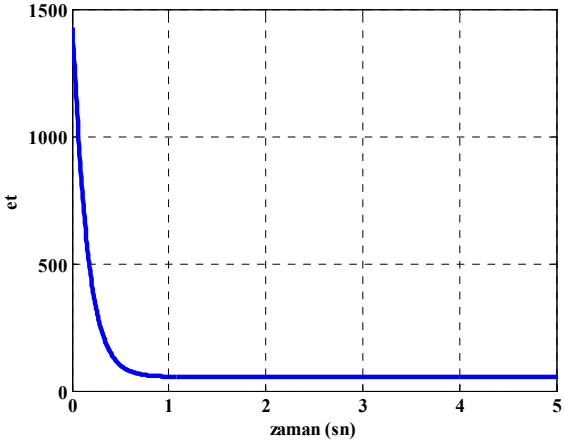
Şekil 14: Zamana karşı PWM generatör çıkışı (wref=156rad/s).



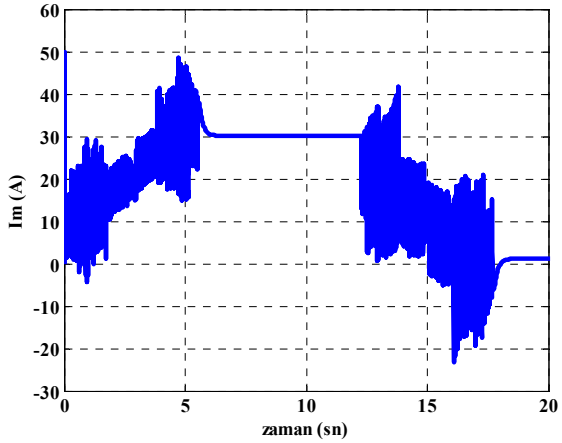
Şekil 12: Zamana karşı akım hatası (e_I) (wref=156rad/s).



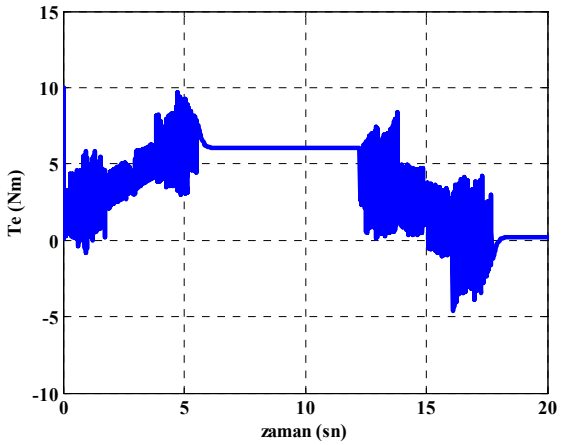
Şekil 15: Zamana karşı hız (wref=değişken).



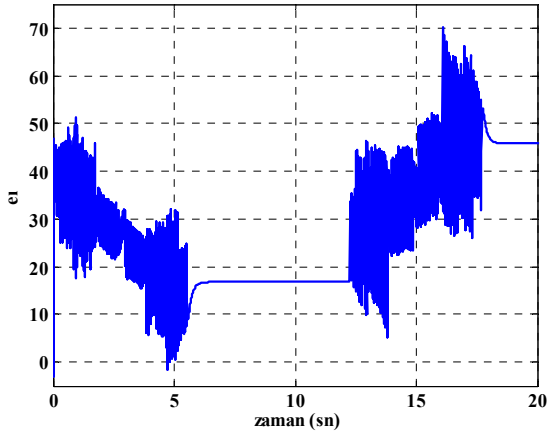
Şekil 13: Zamana karşı toplam hata (et) (wref=156rad/s).



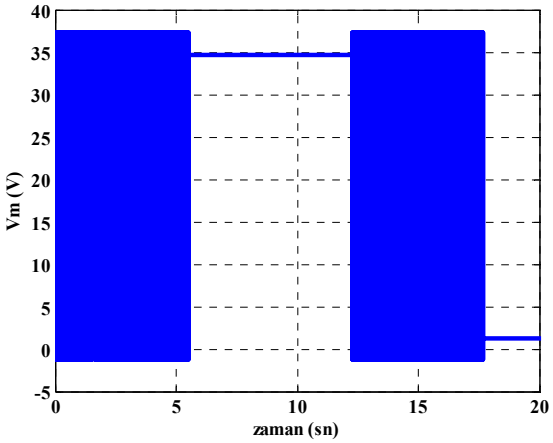
Şekil 16: Zamana karşı akım hatası (e_I) (wref=değişken).



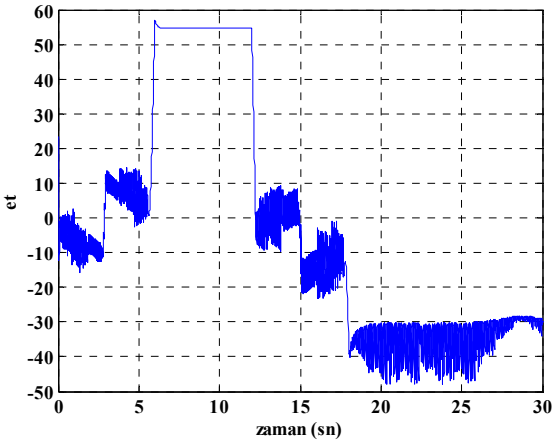
Şekil 17: Zamana karşı moment (Nm) (wref=değişken).



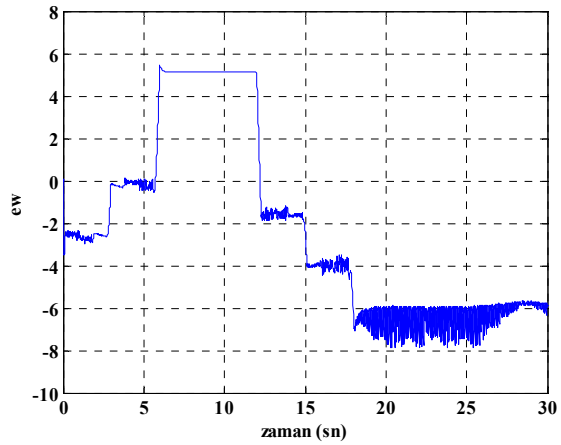
Şekil 20: Zamana karşı akım hatası (e_I) (wref=değişken).



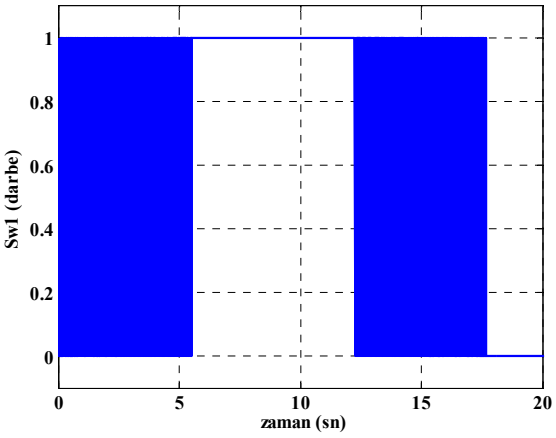
Şekil 18: Zaman karşı gerilim (Vm) (wref=değişken).



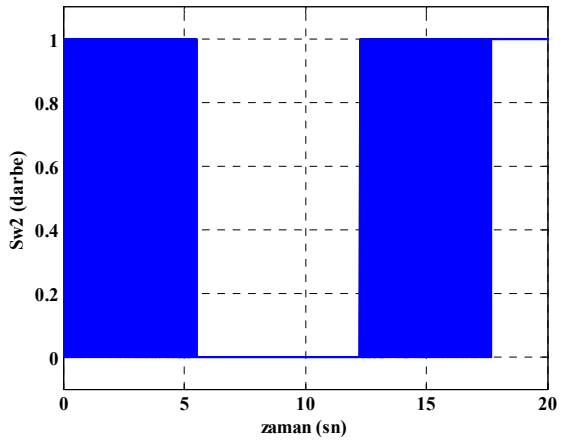
Şekil 21: Zamana karşı toplam hata (et) (wref=değişken).



Şekil 19: Zamana karşı hız hatası (ew) (wref=değişken).



Şekil 22: Zamana karşı PWM generatör Sw1 çıkışı (wref=değişken).



Şekil 23: Zamana karşı PWM generatör Sw2 çıkışı (wref=değişken).

5. Değerlendirme

Bu çalışmada, elektrikli araçlar için çift çevrim destekli DA motor uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistem dinamik performansı, sabit hız ve değişken hız referans değerleri için gözlemlenmiştir.

6. Kaynakça

[1] Z.Z. Liu, F.L. Luo ve M.H. Rashid, "Speed nonlinear control of DC motor drive with field weakening," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Cilt: 39, No: 2, s:417-423, 2003.

[2] J.B. Lee, J.H. Choi, J.K. Chung ve J.H. Lim, "Design and implementation of integrated drive circuit for a small BLDC motor," Sixth International Conference on Electrical Machines and Systems, Cilt: 2, s:491-494, 2003.

[3] A.M. Sharaf ve C. Johnson, "A novel adaptive rule based speed controller for PMDC motor drives," IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE '95, s:272-278, 1995.

[4] S.Saneifard, N.R. Prasad, H.A. Smolleck ve J.J. Wakileh, "Fuzzy-logic-based speed control of a shunt DC Motor," *IEEE Transactions on Education,* Cilt: 41, No: 2, s:159-164, 1998.

[5] S. Mehta ve J. Chiasson, "Nonlinear control of a series DC motor: theory and experiment," *IEEE Transactions on Industrial Electronics,* Cilt: 45, No: 1, s:134-141, 1998.

[6] A.A. El-Samahy, "Speed control of DC motor using adaptive variable structure control," IEEE 31st Annual Power Electronics Specialists Conference, PESC, s:1118-1123, 2000.

[7] J.Y.M. Cheung, K.W.E. Cheng ve A.S. Kamal, "Motor speed control by using a fuzzy logic model reference adaptive controller," IEE Power Electronics and Variable Speed Drives Conference, s:430-435, 1996.

[8] S. Weerasooriya ve M.A. El-Sharkawi, "Identification and control of a dc motor using back-propagation neural networks," *IEEE Transactions on Energy Conversion,* Cilt: 6, No: 4, s:663-669, 1991.

[9] N. Barakat ve R. Rajagopalan, "Speed control of a DC motor using a feedforward computed torque control scheme," IEEE International Symposium on Intelligent Control, s:432-437, 1996.

[10] I.H. Altas ve A.M. Sharaf, "A Novel GUI Modeled Fuzzy Logic Controller for a Solar Powered Energy Utilization Scheme," Accepted for presentation at the 13th International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems (ICENES2007), June 3-8, 2007, Istanbul, Turkey.

[11] I.H. Atlas ve A.M. Sharaf, "A Photovoltaic Array Simulation Model for Matlab-Simulink GUI Environment," Accepted for presentation at the International Conference on Clean Electrical Power," ICCEP'07, May 21-23, 2007, Capri, Italy.

[12] A.I. Maswood ve A.M. Sharaf, "A spice based fuzzy logic speed controller for PMDC motor drives," IEEE Intelligent Vehicles '94 Symposium, s: 423-428, 1994.

Ek

Açıklama	**Sembol**	**Değer**
Gerilim kaynağı	V_m	36V
İndüktans	L_m	3mH
Direnç	R_m	0.15 Ω
İndüklenen gerilim	e_m	
Gerçek nominal hız	$w_{a\text{-}rated}$	156 rad/s
Zıt emk sabiti	K_e	0.2 V.s/rad
Rotor eylemsizlik momenti	J	0.05 kg.m^2
Viskoz sürtünme katsayısı	B	0.02 N.m.s/rad
Elektromanyetik moment	T_e	Nm
Yük momenti	T_l=B.w	Nm
Motor hız ağırlık faktörü	γ_w	9
Motor akım ağırlık faktörü	γ_I	0.5
Oransal sabiti	K_p	50
İntegral sabiti	K_i	1
Türev sabiti	K_d	0.25

View publication stats