

Genetik Algoritma Kullanılarak DA Motorlarda Akım Optimizasyonu

¹Hasan DEMİR and ^{*2}Metin ZEYVELİ

^{1,2}Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği

¹e-posta: hasan.demir@karabuk.edu.tr ^{*2}e-posta: mzeyveli@karabuk.edu.tr

Özet

Günümüzde doğru akım makinelerinin (DA motorlar), kullanım alanı oldukça artmıştır. Fotokopi makineleri, fan ve üfleyiciler, su-hava kimyasal pompalar, tarayıcılar ve yazıcılar gibi bazı ekipmanlarda kullanılmaktadır. Bir DA motorun çalışma akımı, endüvi gerilimi (e_a), endüvi direnci (R), açısal hız (W) ve zıt emk (elektromotor kuvveti) sabitine (K_b) bağlıdır.

Yapılan bu çalışmada, parametreleri bilinen bir DA motorun, genetik algoritmalar kullanılarak akım minimizasyonu yapılmıştır. Akım minimizasyonu yapılırken Matlab-Genetic Algorithm and Direct Search Kütüphanesi kullanılmıştır. Parametrelerin istenilen değerler arasında belirlenmesi için alt ve üst sınırları belirtilmiştir. Simülasyon sonucunda DA motor tasarımında kullanılan parametrelerin en uygun değerleri, farklı çaprazlama oranları, mutasyon oranları ve jenerasyon sayıları kullanılarak elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler- DA Motor, Genetik Algoritma, Minimum Akım, Matlab/Genetic Toolbox, Optimizasyon

Current Optimization of DC Motors Using Genetic Algorithm

Abstract

Today, the direct current machine (DA motors), its usage are has increased considerably. It has used some equipment such as copiers, fans and blowers, water-air chemical pumps, printers and scanners. The operating current of the DA motor is based on the armature voltage (e_a), the armature resistance (R), the angular velocity (W) and back emf (electromotor force) constant (K_b).

In this study, the current minimization of the DA motor which has a well-known parameters was made by using genetic algorithms. Thus the parameters used in the design of the DA motor were optimized. Matlab-Genetic Algorithm and Direct Search Library were used to optimize of the current minimization. To determine the desired values of the parameters, it's low and high limits were defined. End of the simulation, the optimal values of the parameters used in the design of the DA motor were obtained by using different crossover rate, mutation rate and different generation number.

Keywords: DA Motor, Genetic Algorithm, Minimum current, Matlab/Genetic Toolbox, Optimization

1. Giriş

Pratik kontrol tasarımı uygulamalarında mekanik sistemlerin tanılanması ve modellenmesi gerekmektedir. Sistemlerin modellenmesi, gerçek sistemden alınan giriş-çıkışların ölçülmesiyle bulunan değerlerle dinamik bir sistemin modelinin oluşturulmasıdır. Oluşturulan sistem modeli ile veri giriş-çıkış ilişkisi kullanılarak matematiksel bir model elde edilir. Bu modelin hedefi:

*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Mechatronics Engineering, Karabuk University, 78050 Karabuk TURKEY. E-mail address: mzeyveli@karabuk.edu.tr, Phone: +903704338210.

- İleride oluşturulacak sistemlerde davranışların görülebilmesi,
- Sistem davranışının kontrol edilmesidir.

Sistem modelleri oluşturulurken genellikle aşağıdaki adımlar izlenir:

- Model yapısının seçimi
- Parametre kestirimi
- Kurulan modelin geçerliliğinin test edilmesi.

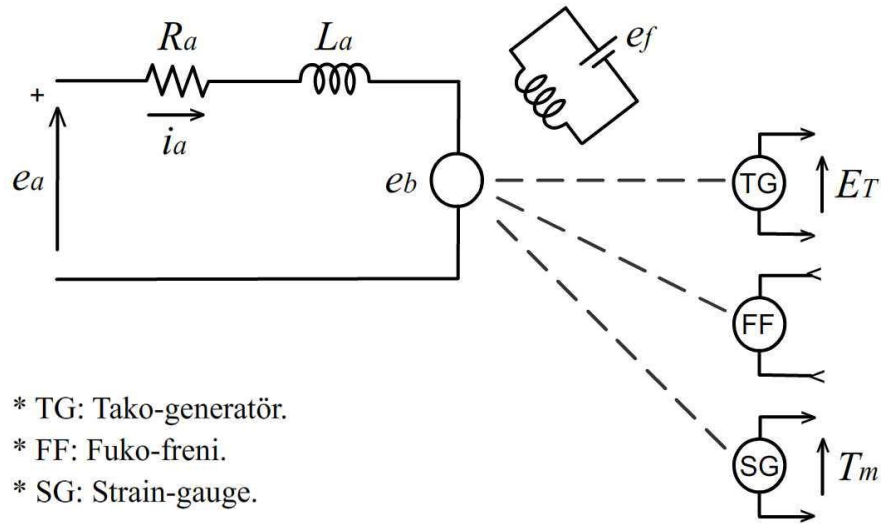
DeneySEL planlama ve veri toplama, modellerin kurulması, deney verilerinden bilinmeyen sistem parametrelerinin tahmin edilmesini ve bulunan modelin geçerliliğinin test edilmesi sistem modelleri oluşturma sürecidir. Bilinen sistem modelleri ile yüksek performanslı kontrol sistem tasarımları oluşturmak mümkündür [1–4].

Bir elektrik makinesinin tasarımında ve kontrol optimizasyonun da makine modelinin ve parametrelerinin kesin olarak bilinmesi, makineden iyi bir dinamik performans ve enerji verimliliği elde edilmesini sağlar. Bu parametreler genellikle makine tasarımı esnasında analitik olarak veya daha çoğunlukla fabrikada laboratuvar ortamındaki dENEYSel ölçümler ile elde edilir. Literatürde bir elektrik makinesinin modellenmesi ve parametrelerinin belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Samer, S.S, çalışmasında anlatıldığı gibi bir DA motor parametrelerinin dENEYSel olarak bulunması bu yöntemlerden birisidir. Böyle bir çalışmada motor endüvi sargısı direnci ve indüktansı, zıt emk sabiti, motor tork sabiti, eylemsizlik momenti ve sürtünme katsayısı yapılacak deneyler aracılığıyla hesaplanır.

Genetik algoritmalar ile optimizasyon yapılırken, optimize edilmek istenen değişkenlerin alabileceği alt ve üst sınırların belirlenmesi gerekmektedir. Parametrelerin alabileceği alt ve üst sınırları bilinen bir DA motorun Matlab Genetic Algorithm Direct Search toolbox'ı ile optimizasyonu yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda bir amaç fonksiyonu belirlenmiş ve bu amaç fonksiyonuna göre oluşturulan kromozom sayısı işleme tabi tutulmuştur. DA motorların açısız hızları ve torkları kullanım yerlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan DA motorun açısız çalışma hızı ve torkunun istenilen bir aralıkta olması önemlidir. Açısız hız ve tork motorun çektiği akıma etki ederek motorun güç tüketimini artırmaktadır. İstenilen açısız hız ve tork için akımı minimum yapacak motor parametreleri genetik algoritma kullanılarak bulunmuştur.

2. DA Motorun Yapısı ve Amaç Fonksiyonun Bulunması:

Bu çalışmada kullanılan motor çift kutup sargısına sahip fırçalı DA makinedir. Makine şönt motor olarak çalıştırıldığında kutup sargısı ve endüvisi 220 V ile 270 V arası beslenmektedir. Motorun iç direnci 2,45 ohm ile 2,7 ohm arasında seçilecektir. Motorun açısız çalışma yerine göre hızının 20 rad/sn ile 35 rad/sn arasında olması istenmektedir. Motorun elektriksel ve mekanik yapısı Şekil 1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1. Kullanılan DA motorun elektro-mekanik yapısı

Yukarıdaki şemaya göre DA motorun parametrelerinin hesaplanmasında kullanılacak bağıntılar aşağıdaki gibidir [12]:

$$e_a(t) = i_a(t) \cdot R_a + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + e_b(t) \quad (1)$$

(1) bağıntısındaki L_a ihmal edilirse;

$$e_a(t) = i_a(t) \cdot R_a + e_b(t) \quad (2)$$

olur. Zıt emk ise;

$$e_b(t) = K_b \cdot w(t) \quad (3)$$

Zıt emk yerine yazılır ve denklemden akım çekilirse amaç fonksiyonu elde edilir;

$$i_a(t) = \frac{e_a(t)}{R} - \frac{K_b \cdot w(t)}{R} \quad (4)$$

Mekanik yana ilişkin mil momenti;

$$T_m(t) = J \frac{dw(t)}{dt} + B \cdot w(t) + T_L(t) \quad (5)$$

şeklinde. Bu bağlantılarda kullanılan terimler ve açıklamaları; endüvi gerilimi ($e_a(t)$), endüvi akımı ($i_a(t)$), endüvi direnci (R_a), zıt E.M.K. ($e_b(t)$), açısal hız ($w(t)$), zıt E.M.K. sabiti (K_b), mil momenti ($T_m(t)$), atalet (J), sürtünme (B), yük momenti ($T_L(t)$) ve moment sabiti (K_m) olarak tanımlanmıştır.

3. Genetik Algoritma ile DA Motor Akım Minimizasyonu

Genetik algoritmaların temel ilkeleri ilk kez Michigan Üniversitesi'nde John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Holland 1975 yılında yaptığı çalışmaları "Adaptation in Natural and Artificial Systems" adlı kitabında bir araya getirmiştir. İlk olarak Holland evrim yasalarını genetik algoritmalar içinde eniyileme problemleri için kullanmıştır [8].

Genetik algoritmalar problemlerin çözümü için evrimsel süreci bilgisayar ortamında taklit ederler. Diğer eniyileme yöntemlerinde olduğu gibi çözüm için tek bir yapının geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan meydana gelen bir küme oluştururlar. Problem için olası pek çok çözümü temsil eden bu küme genetik algoritma terminolojisinde nüfus adını alır. Popülasyon vektör, kromozom veya birey adı verilen sayı dizilerinden oluşur. Birey içindeki her bir elemana gen adı verilir. Popülasyondaki bireyler evrimsel süreç içinde genetik algoritma işlemcileri tarafından belirlenirler [8]. 2. bölümde amaç fonksiyonunun çıkarılışı anlatılmıştır. DC motorun matematiksel modeline ait denklemlerden amaç fonksiyonu olan akım fonksiyonu:

$$i_a(t) = \frac{e_a(t)}{R} - \frac{K_b \cdot \omega(t)}{R} \quad (6)$$

denklemdir. Formülde DA motor tasarımında kullanılan 3 değişken vardır. Değişkenlere ait alt ve üst değerler aşağıda verilmiştir.

$$230 < e_a(t) < 270 \text{ (V)} \quad (7)$$

$$2.45 < R < 2.70 \text{ (Ohm)} \quad (8)$$

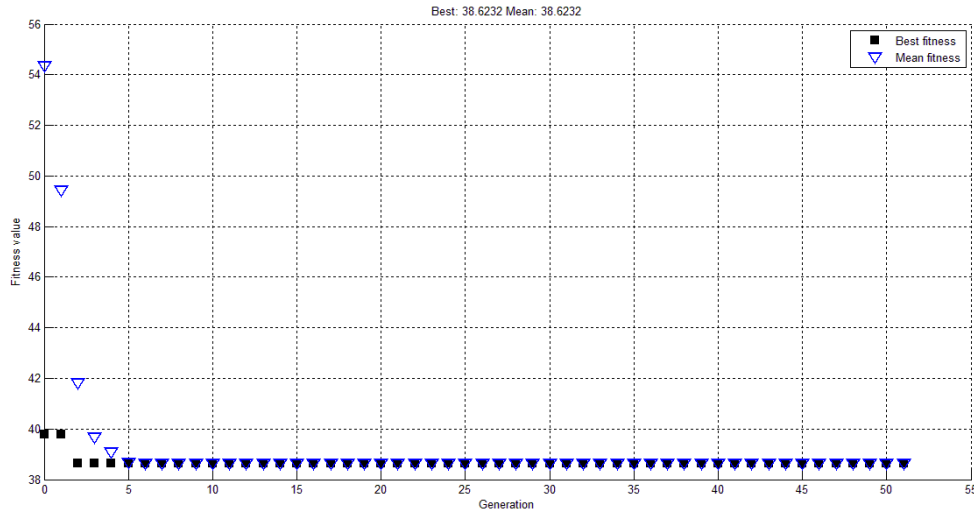
$$20 < \omega(t) < 35 \text{ (rad/sn)} \quad (9)$$

Optimizasyon yapılırken DA motora ait tork bağıntısı sınırlama fonksiyonudur. Sınırlama fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$T(t) = \frac{K_m e_a(t)}{R} - \frac{\omega(t) \cdot K_m K_b}{R} \quad (10)$$

Genetic algorithm and Direct Search Toolbox ile optimizasyon için jenerasyon sayısı default seçilmiştir. Genetik algoritmaları etkilenen en önemli faktörler jenerasyon sayısı, çaprazlama, mutasyon oranı ve seçim mekanizmasıdır. Genetik algoritmalar kullanılırken jenerasyon sayısının seçimi Matlab yazılımı tarafından yapılmıştır. Optimizasyon yapılırken popülasyon sayısı olarak 20 seçilmiştir. Çaprazlama yöntemi olarak çift noktalı çaprazlama ve çaprazlama oranı olarak 0.5, 0.7, 0.9, mutasyon oranı olarak 0.1, 0.01 ve 0.001 oranları ve seçim mekanizması da 4'lü, 6'lı ve 8'li turnuva seçilmiştir. Optimizasyon sonucunda en iyi sonucun, 4'lü turnuva seçimi için 51. jenerasyon sonucunda oluştuğu görülmüş ve işlem durdurulmuştur.

Bu çalışma, farklı turnuva seçim yöntemleri ve farklı çaprazlama oranları ile yapılmıştır. Yapılan optimizasyon işleminde mutasyon oranı olarak 0.1, 0.01 ve 0.001 oranları, çaprazlama oranları olarak 0.5, 0.7, 0.9 oranları seçilmiştir. 4'lü turnuva seçiminin 51. jenerasyon sonucunda elde edilen akım parametresine ait değerler grafiksel olarak Şekil 2'de gösterilmiştir. Optimizasyon sonucunda değişkenlerin aldığı değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

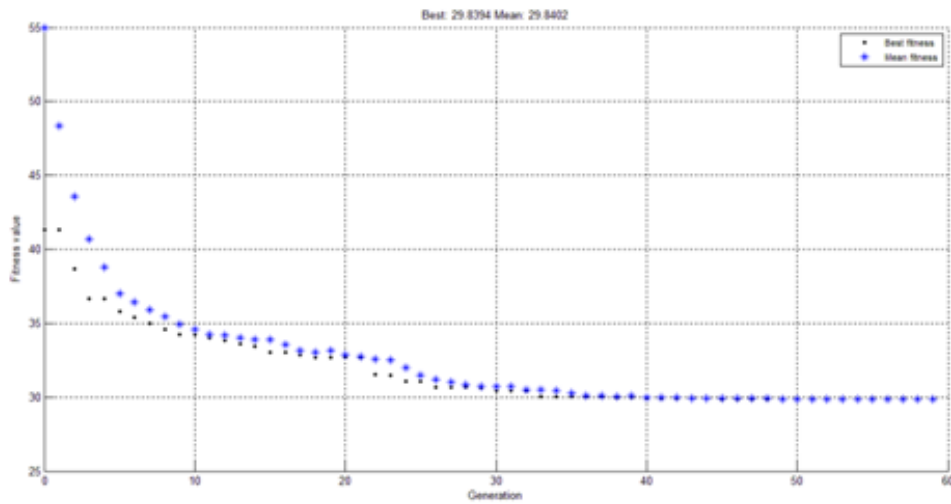


Şekil 2. DA motorun akım amaç fonksiyonunun optimizasyonu (Çaprazlama oranı: 0.7, mutasyon oranı : 0.001, seçim: 4'lü turnuva)

Tablo 1. DA motorun akım amaç fonksiyonunun optimizasyonu sonucu değişkenlerin değerleri (Çaprazlama oranı: 0.7, mutasyon oranı : 0.001, seçim: 4'lü turnuva)

1. Değişken - ea(t)	2. Değişken - R	3. Değişken - w(t)
248,81500	2,63100	34,46900

4'lü turnuva seçimi ile yapılan optimizasyon ile 52. jenerasyon sonucunda elde edilen akım grafiği Şekil 3' de verilmiştir. Bu optimizasyon işleminde çaprazlama oranı 0.5, mutasyon oranı 0.1 seçilmiştir. Tablo 2'de değişkenlerin optimizasyon sonucunda alması gereken sayısal değerler verilmiştir.



Şekil 3. DA motorun akım amaç fonksiyonunun optimizasyonu (Çaprazlama oranı: 0.5, mutasyon oranı : 0.1, seçim: 4'lü turnuva)

Tablo 2. DA motorun akım amaç fonksiyonunun optimizasyonu sonucu değişkenlerin değerleri (Çaprazlama oranı: 0.5, mutasyon oranı : 0.1, seçim: 4'lü turnuva)

1. Değişken - $e_a(t)$	2. Değişken - R	3. Değişken - $w(t)$
230.005079113	2.69999629	34.9948415

Farklı mutasyon, seçim yöntemleri ve çaprazlama yöntemleri için optimizasyon tekrar tekrar yapıldı. En iyi sonuç 4'lü turnuva seçim yöntemi, 0.1 mutasyon oranı ve 0.5 çaprazlama sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen grafik Şekil 4'de verilmiştir. Farklı seçim yöntemleri, mutasyon oranları ve çaprazlama oranlarından bazılarına ait bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Farklı seçim yöntemleri, mutasyon oranları ve çaprazlama oranlarına ait bazı değerler

Seçim Yöntemi	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı	1. Değişken $e_a(t)$	2. Değişken R	3. Değişken $w(t)$	Fonksiyon Değeri	Jenerasyon Sayısı
4'lü Turnuva	0.5	0.1	230.005	2.699	34.994	29.8394	51
	0.7	0.1	235.303	2.698	34.992	31.82831	52
	0.9	0.01	230.300	2.598	32.408	35.3817	56
6'lı Turnuva	0.5	0.001	250.421	2.692	34.466	38.35889	51
	0.7	0.01	230.557	2.691	34.154	31.4835	54
	0.9	0.1	230.397	2.696	34.573	30.70662	61
8'li Turnuva	0.5	0.001	231.953	2.540	31.976	37.55940	51
	0.7	0.01	230.029	2.659	33.750	32.31629	51
	0.9	0.1	232.920	2.666	33.533	33.65424	51

4. Sonuç

DA motorlar birçok sistemde aktivatör olarak kullanılmaktadır. Tasarımları kullanıldığı sisteme göre farklılıklar gösterir. Tasarıma etki eden faktörler belirlenerek kullanılmak istenildiği yere göre değerleri belirlenmelidir. Bu çalışmada bir DA motorun matematiksel modeli çıkartılmış ve bu matematiksel model üzerinden parametrelerin iyileştirilmesi yapılmıştır.

Gelişen yazılım ve bilgisayar teknolojileri ile sistemlerin matematiksel modellerinin çıkarımı ve optimizasyonu daha hızlı ve daha kolay yapılabilmektedir. Erdal, Doğan, Taşkın (2009) yaptıkları çalışmada DA motor parametreleri deneysel olarak belirlemiş ve simülasyon çalışmaları sonucu parametreleri iyileştirmiştir. Bu çalışmada gelişmiş bir yazılım aracı olan Matlab-Genetic Algorithm and Direct Search Kütüphanesi kullanılarak DA motor dizaynında kullanılan parametrelerin optimum değerleri bulunmuştur ve DA motorunun kontrolüne yönelik çalışmalarda temel alınmıştır. Farklı turnuva seçim yöntemleri için, 0.1, 0.01 ve 0.001 mutasyon oranlarında ve 0.5, 0.7 ve 0.9 çaprazlama oranları ile optimizasyon yapılmış, en iyi sonucu veren yöntemler bulunmuştur. 4'lü turnuva seçim yöntemi, 0.1 mutasyon oranı ve 0.5 çaprazlama oranları ile 52. jenerasyon sonucunda en iyi sonuç 29.8394 (A) elde edilmiştir. Bu optimizasyon sonucunda ise akım değişkeninin minimum değerde olması sağlanmıştır. Böylelikle, bu çalışma

kullanım yerlerine daha uygun DA motorların tasarımının yapılabileceği gösterilmiş ve iyileştirilmiş parametrelerle daha az akım çeken motorun daha az enerji tüketebileceği ön görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Söderström, T., Stocia, P., “System Identification”, Prentice Hall International Series in Systems & Control Engineering, 1994.
- [2] Melsa, L.J. and Sage, P.A., “System Identification”, Mathematics in Science and Engineering, Vol. 80, 1971.
- [3] Ljung, L., “System Identification: Theory for the User”, Prentice Hall Information and System Sciences Series, 1998.
- [4] Chapman, J.S., “Electric Machinery and Power System Fundamentals”, McGraw Hill, 2001.
- [5] Erdal, H. Doğan, B. Taşkın, S. “DA Motor Parametrelerinin Bilgisayar Tabanlı Belirlenmesi, Simülasyonu ve Parametre İyileştirmesi” 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 2009.
- [6] Eker, İ., “Open-loop and closed-loop experimental Online identification of a three-mass electromechanical system”, Elsevier Mechatronics, Volume 14, Issue 5, pp. 549-565, June, 2004.
- [7] Kara, T. and Eker, I., “Nonlinear modeling and identification of a DA motor for bidirectional operation with real time experiments”, Energy Conversion and Management Volume 45, Issues 7–8, May 2004.
- [8] Beasley, D., Bull, D.R., And Martin, R.R.. “An Overview of Genetic Algorithms: Part 1”, Fundamentals. University Computing, Vol.15(2), pp. 58–69, UK, 1993.
- [9] Samer, S.S., Raed, A.K., “Parameter Identification of a DA Motor: An Experimental Approach”, Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Electronics, Circuits & Systems, pp. 981-984, September 2-5, 2001.