

# DC Motorlarda Maksimum Verimin Genetik Algoritma Kullanılarak Optimizasyonu

\*<sup>1</sup>Kürşat M. KARAOĞLAN and \*<sup>2</sup>Metin ZEYVELİ

<sup>1</sup>Mekatronik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

## Özet

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren doğru akım makineleri otomobil sanayisi, vinçler, asansörler, takım tezgâhı gibi endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bir doğru akım makinesi olan DC motordan alınan gücün, makineye verilen güce oranı verimdir. Verim, enerji maliyetinin düşürülmesinde önemlidir. DC motorların maksimum verimi akım (I), gerilim (V), direnç (R), moment (M), tork ( $\tau$ ) ve hız (W) gibi parametrelere bağlıdır. Bu çalışmada bir optimizasyon yöntemi olan genetik algoritmayla DC motorun verimini etkileyen parametre kısıt değerlerine göre Matlap Simülink yazılım platformunda maksimum verim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Böylece verim amaç fonksiyonunu maksimize yapan optimum parametre değerleri elde edilmiştir. Ayrıca genetik algoritma çözümü ile analitik çözüm karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** DC motor verimi, genetik algoritma, maksimum verim, optimizasyon

## Optimization of DC Motors Maximum Efficiency Using Genetic Algorithm

### Abstract

Direct Current (DC) machines which convert electrical energy into mechanical energy. They are generally used in industries such as automobiles, cranes, lifts and benches. The efficiency is the ratio of the obtained power from the DC motor to the supplied power. The efficiency is important to reduce the cost of energy. The maximum efficiency of the DC motor depends on several parameters such as current (I), voltage (V), resistance (R), momentum (M), torque ( $\tau$ ) and speed (W). In this study maximum efficiency is optimized by using genetic algorithm as an optimization method, depending on DC motor efficiency parameters constraint values on Matlap/ Simulink software platform. Thus, in order to maximize the motor efficiency; parameter values by system are optimized by performing best selection method at fitness functions. In addition, the genetic algorithm solution is compared with analytical solution.

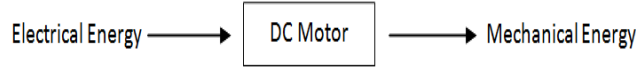
**Key words:** Efficiency of DC motor, genetic algorithm, maximum efficiency, optimization

### 1. Giriş

Günümüz teknolojisinde mekanik enerjiyi elde edebilmek için motorlar kullanılmaktadır. Bu enerjiyi elde edebilmek için güneş, elektrik, buhar, su, yakıt gibi enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren elektrik motorları arasında bulunan

\*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Mechatronics Engineering Karabük University, Karabük TURKEY. E-mail address: mzeyveli@karabuk.edu.tr

doğru akım motorları endüstriyel sistemlerde, robotik uygulamalarda, kontrolü basit ve geniş olan çalışma koşullarında esnek kullanım özelliğinden dolayı tercih edilir. Endüstriyel uygulamalarda DC motorların kontrolü bilgisayar destekli ve ya programlanmış mikrodenetleyiciler üzerinden yapılabilir.



Şekil 1. Motor İşlevi

DC motorun AC motorlara göre önemli avantajlarından biri devir ayarının gerilimin değiştirilmesiyle kolay ve hassas şekilde yapılabilmesidir. Endüstriyel sistemlerin birçoğunda zeki denetimli olarak motorun yüksek hassasiyetli hareket kontrolü ve motor parametrelerinin zamana bağlı olarak izlenmesi sistem performansının artırılması açısından önemlidir. Truong ve arkadaşları motor hareket kontrolü ve performansını etkileyen parametrelerin tahmini üzerine çalışmışlardır [1]. Temel ilkeleri 1970'li yıllarda bir optimizasyon yöntemi olarak Holland tarafından ortaya atılan genetik algoritma, ön bilgi ve varsayımlar olmadan sadece uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak çalışır. Genetik algoritmayla motorların zeki kontrolü yapılarak, optimum sonuçlara ulaşmak mümkündür. Das ve arkadaşları GA kullanarak, DC motorun pozisyon kontrolü üzerine çalışmışlardır [2].

Her elektrik motoru için zeki denetimli olsun veya olmasın çalışma esnasında güç kayıplarının minimize edilmesi önemlidir. Kayıp ve motor verimini etkileyen parametrelerin kullanılmasıyla maksimum verime ulaşılabilir. Bu sebeple DC motorun verimini etkileyen baskın parametrelerin belirlenmesi hakkında birçok çalışma yapılmıştır [3,4]. Motor verimi etkileyen parametrelere bağlı elektriksel formülleri kullanarak matematiksel modellemeyi tanımlamak, genetik algoritmanın uygulanabilmesi için önemli bir faktördür. Optimizasyon, uzman sistemler, makine öğrenmesi, problem çözme genetik algoritma uygulama alanları arasındadır. Evrimsel sürecin benzerini uygulayan genetik algoritmalar zeki denetimli sistemler üzerinde karmaşık ve zor problemlere hızlı, kolay çözüm ve çözümler bulmada uygulanabilmektedir. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar [5,6].

DC motorun maksimum veriminin optimizasyonunu amaçlayan çalışmamızda, amaç fonksiyonu olarak adlandırdığımız matematiksel formül dizisini kullanarak, verimi etkileyen parametrelerin çalışma esnasında aldıkları değerlere genetik algoritma operatörleri uygulanarak, maksimum verim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca genetik algoritma yönteminin hız ve elde edilen parametre değerleri bakımından analitik çözüme göre üstünlükleri gözlenmiştir.

## 2. Problem Tanımı ve Amaç Fonksiyonun Oluşturulması

Verim motordan alınan gücün verilen güce oranının yüzde olarak ifade edilmesidir. DC motorun

veriminin hesaplanması bir maksimizasyon problemi. Verimin optimizasyonundaki amacımız; uygunluk (fitness, amaç) fonksiyonuna bağlı olarak, bireylerin (parametrelerin) genetik süreçlere katılması, verimi maksimum değerlere çıkartacak parametre değerlerinin belirlenmesidir. Çalışmamızda parametreleri oluşturulan elektriksel formüllerle genetik algoritmayı oluşturan uygunluk fonksiyonuna ulaşılmıştır (1). Çıkış gücünün maksimum, giriş gücünün ve kayıpların ise minimum durumunu yakalayabilmek için; ilgili parametrelerin genetik süreçlere katılarak, uygunluk fonksiyonlarına göre parametre değerleri optimize edilmiştir. Verimi izlemek ve ölçmek için motorun giriş ve çıkış gücünü okumak gerekir [7,8,9]. DC motor sistemini tanımlayabilmek için matematiksel formüller ve transfer fonksiyonları belirlenmiştir. Çıkış gücü, mekaniksel tork ( $\tau$ ) ve açısal hız ( $\theta$ ) parametrelerine bağlıdır. Motorun giriş ve çıkış gücü parametre ifadeleri açılarak genişletildiğinde 1 nolu eşitlikte ifade edilen amaç fonksiyonuna ulaşılmaktadır.

$$\eta = \frac{\tau_s \theta - \left( V + \frac{kbkt}{R} \right) \theta^2}{\frac{V^2}{R} - \tau_s \theta} \quad (1)$$

$$\eta = \begin{cases} P_{out}, \text{ Motor Şaftı Üzerindeki Mekaniksel Çıkış Gücü} \\ P_{in}, \text{ Elektriksel Giriş Gücü} \end{cases} \quad (2)$$

$$P_{out} = \begin{cases} \tau, & \text{Mekaniksel Tork (Nm)} \\ \theta, & \text{Açısal Hız (rad/s)} \end{cases} \quad \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{\tau \cdot \theta}{V \cdot I} \quad (3)$$

Genel verim formülünde (3 nolu), tork ( $\tau$ ) parametresi yerine gerilim (V), direnç (R), açısal hız ( $\theta$ ), stall tork ( $\tau_s$ ), motor sabitleri olan tork (kt) ve elektromanyetik güç sabiti (kb) parametrelerine bağlı 4 nolu eşitliğe ulaşılır. Ayrıca voltaj ve akıma bağlı giriş gücü eşitliğindeki akım (I) parametresi genişletildiğinde gerilim (V), direnç (R), açısal hız ( $\theta$ ), ve elektromanyetik güç sabiti (kb) parametrelerine bağlı eşitliğe ulaşılır (4).

$$\tau = \tau_s - \left( V + \frac{kbkt}{R} \right) \theta \quad [10] \quad I = \frac{V - kb\theta}{R} \quad (\text{Amps}) \quad [10] \quad (4)$$

Maksimum açısal hız için  $\theta_m$  değerini optimize edecek parametre değeri için a, b, c eşitlikleri kullanılır (5).

$$\theta_m = \frac{bc - \sqrt{b^2c^2 - a^2bc}}{ab} \text{ RPMs} \quad [10] \quad a = \tau_s, \quad b = V + \frac{kbkt}{R}, \quad c = \frac{V^2}{R} \quad (5)$$

### 3. Kısıtların Belirlenmesi ve Sınırlama Fonksiyonları

Bir genetik algoritma biyolojik evrim taklit ederek, doğal bir seçim sürecine dayalı hem kısıtlı ve kısıtsız optimizasyon problemlerin çözümü için bir yöntemdir. Genel olarak matematiksel modele sahip problemlerde kısıtlar belirlenerek, amaç fonksiyonumuzdaki değer ve maksimum verim değerini oluşturan ait parametre değerleri izlenebilir. Çalışmamızda voltaj (V), akım (I) ve tork ( $\tau$ ) parametreleri kısıt parametreleri olarak seçilmiştir (6).

$$g(j) = \begin{cases} V, & \text{Voltaj Kısıtlaması} \\ I, & \text{Akım Kısıtlaması} \\ \tau, & \text{Tork Kısıtlaması} \end{cases} \quad (6)$$

Bu ifadede yer alan  $j = 1 \dots n$ , seçilen kısıtlayıcı indis numarasını ifade etmektedir.

$$g(1) = \begin{cases} x1, & x1 \leq 8 V \\ x1, & x1 \geq 6 V \end{cases}$$

$$g(2) = \begin{cases} x2, & x2 \leq 5 A \\ x2, & x2 \geq 3 A \end{cases} \quad (7)$$

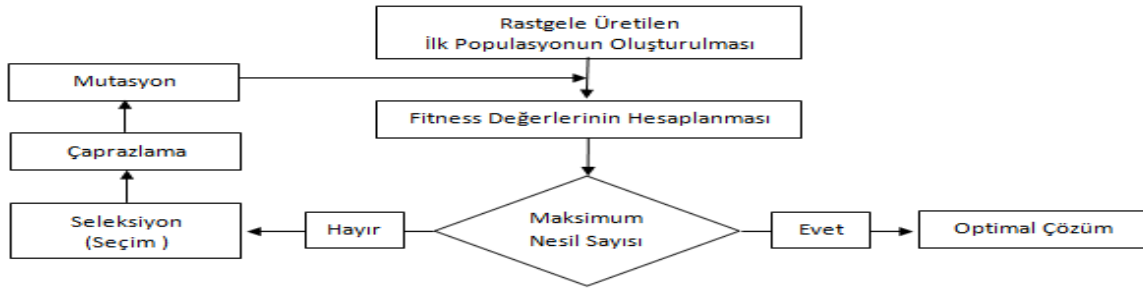
$$g(3) = \begin{cases} x3, & x3 \leq 5.9/1000 \text{ (Newton Meters/Amps)} \\ x3, & x3 \geq 0 \end{cases}$$

Genetik süreçte amaç fonksiyonunu oluşturan parametrelerin alabileceği değer aralıkları  $g(1)$ ,  $g(2)$ ,  $g(3)$ ' te belirtilmiştir. Bu değer aralıklarına göre genler ve kromozomlar ve başlangıç topluluğu (popülasyon) oluşturulup, genetik süreç operatörleriyle yeni bireyler oluşturularak maksimum verim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

### 4. Genetik Algoritma ile DC Motor Verim Optimizasyonu

DC motor verim optimizasyon işleminde Şekil 2'de belirtilen genetik algoritma süreci rastgele üretilen başlangıç popülasyonunun oluşturulması ile başlamaktadır.

Popülasyon, bireylerden (kromozomlardan) oluşmaktadır. Popülasyon içerisindeki bireylere, seçim (selection), çaprazlama (crossover), mutasyon (mutation) genetik operatörleri uygulanarak genetik süreç işletilip, amaç fonksiyonunu maksimum yapan birey yani parametrelerin bulunması sağlanmaktadır. Verim maksimizasyon işlemi, Maxxon Amax 22 DC motor için, motor katalog bilgilerine göre oluşturulan 1 nolu amaç fonksiyonuna bağlı olarak Matlab/Simulink yazılım platformunda GA optimizasyon arayüzü ile gerçekleştirilmiştir. Amaç fonksiyonunu oluşturan gerilim (V), akım (I) ve tork ( $\tau$ ) parametrelerine bağlı olarak optimizasyon yapılmış ve verimi maksimum yapan parametre değerleri elde edilmiştir (Tablo 1).

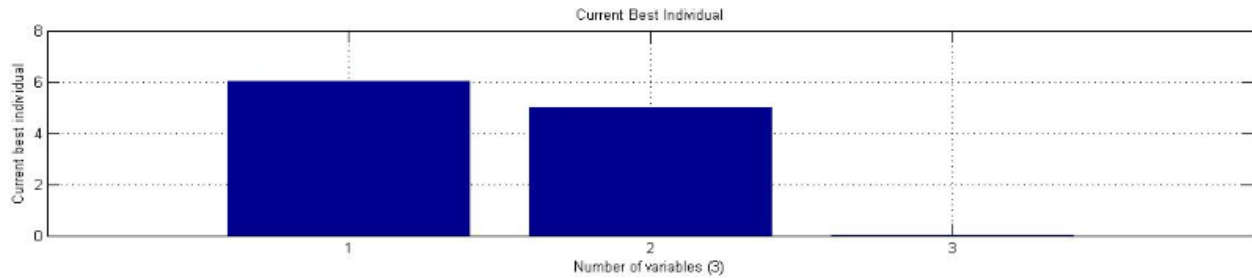


Şekil 2. Genetik Süreç Basamakları

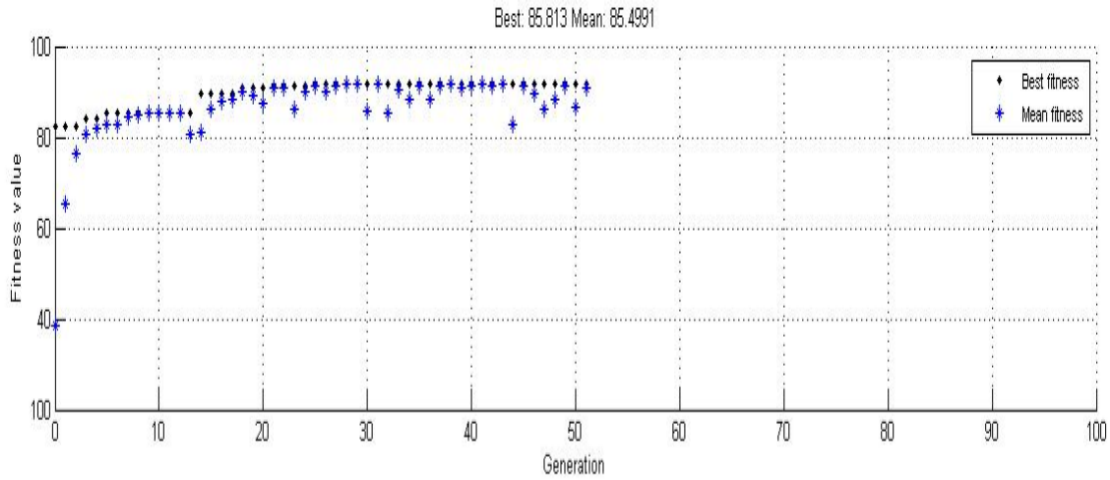
Tablo 1. Sonuçlar

Jenerasyon Sayısı	Popülasyon Boyutu	Seçim Yöntemi	Çaprazlama Oranı	Mutasyon Oranı	V (Volt)	I (Amp)	$\tau$ (Nm/Amp)	f(x) Fitness Değeri	İterasyon Sayısı
200	20	4'lü Turnuva	0.5	0,001	6,155	4,894	0,0059	83,2376	51
				0,01	6,001	5,002	0,0055	85,813	52
				0,1	6,008	4,999	0,0056	85,6591	51
			0.7	0,001	6,001	3,768	0,0059	83,8497	51
				0,01	6,137	4,505	0,0051	84,7516	51
				0,1	6,21	4,959	0,0058	85,3849	51
			0.9	0,001	6,35	4,882	0,0051	85,2803	51
				0,01	6,002	4,852	0,0056	85,6191	51
				0,1	6,161	4,886	0,0055	85,4894	51

Şekil 3. ve Şekil 4.' te jenerasyon ve fitness fonksiyonu değerlerine bağlı ortalama ve en iyi değerler Matlab/Simulink yazılım platformunda grafiklendirilmiştir.



Şekil 2. En İyi Parametre Değerleri



**Şekil 3.** Fitness Fonksiyona Bağlı Ortalama ve En İyi Çözüm

Genetik algoritma kullanılarak DC motor verim optimizasyonuna ait Tablo 1’de bulunan değerlere göre; maksimum verime 0,5 çaprazlama, 0,01 mutasyon oranıyla ulaşılmıştır. Maksimum verim değeri 85,813 olarak bulunmuştur.

### 5. Analitik Çözüm ile Genetik Algoritmanın Karşılaştırılması

DC motor verimini etkileyen Tork ( $\tau$ ), Akım (I) ve Voltaj (V) parametreleri kısıt değerlerine göre genetik algoritma kullanılarak verim optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve Tablo 1’de yer alan değerler elde edilmiştir. Verimi maksimum yapan parametre kısıt değerleri analitik çözüm içerisinde ele alındığında, her bir parametre değerinin alabileceği değerler Visual Studio yazılım platformu üzerinde C# dilinde hazırlanan yazılımla her parametre için belirlenen artış değerine göre tüm olasılıkları kapsayacak değerlere ulaşılmıştır. Analitik çözümlerle ulaşılan değerler sonucu maksimum verim %83,79 olarak bulunmuştur. Genetik algoritmanın DC motor verim parametrelerinin daha hassas değerlerini kullanarak, yüksek değere ulaştığı gözlenmiştir. Ayrıca genetik algoritma ile çalışmaları bulunan Çayıroğlu geniş çözüm uzaylarının klasik yöntemlerle taranması hesaplama zamanını arttırdığını belirtmiştir [11]. Verim optimizasyonunu etkileyen parametrelerin değerleri genetik algoritmayla çözümü, analitik çözüme göre daha hassas ve daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. Analitik ve genetik algoritma çözümlerle maksimum verim optimizasyonuna ait parametre ve fitness (amaç) fonksiyonu değeri Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2.** GA ve Analitik Çözüm Sonucu Maksimum Verim Parametre Değerleri

Yöntem	V (Volt)	I (Amp)	T (Newton Meters/Amp)	f(x)*100
Genetik Algoritma	6,001	5,002	0,0055	85,813
Analitik Çözüm	6	5	0,0051	83,79

## 6. Sonuçlar ve neriler

Bu çalışmada genetik algoritma, matematiksel olarak modellenebilen DC motor verim optimizasyonu problemi üzerinde uygulanmıştır. Verim optimizasyonunda amaç fonksiyonunu oluşturan motor parametreleri olan Voltaj (V), Akım (I) ve Tork ( $\tau$ ) değerlerine genetik operatörler kullanılarak ulaşılmıştır. Çalışmamızda amaç fonksiyonu üzerinde çift noktalı çaprazlama (0.5, 0.7, 0.9) ve mutasyon (0.1, 0.01, 0.001) oranlarına bağlı en iyi parametre değerleri elde edilmiştir. Verimi maksimum yapan en iyi parametre değerlerine ise çaprazlama 0,5 ve mutasyon operatör oranı 0,01 parametre değerleri kullanılarak ulaşılmıştır. Ayrıca analitik hesaplamayla ulaşılan sonuçlardan daha yüksek verim değerine ulaşılmış ve analitik çözümün hesaplama zamanını artırdığı gözlenmiştir. Bu alışma göstermiştir ki; GA, özm istenen amaç fonksiyonunun uygun seçilmesi, kısıtların ve kısıt fonksiyonlarının iyi belirlenmesi ile motor verimi optimizasyonu problemlerinde başarılı bir şekilde uygulanabilir olduğu grlmştr.

## Kaynaklar

- [1] Nguyen-Vu Truong. Mechanical Parameter Estimation of Motion Control Systems, Intelligent and Advanced Systems (ICIAS). 2012 4th International Conference, 2012.
- [2] Das, S.K., Mondol, N., Rana, M.S., Das, P. Genetic algorithm based optimal PI controller for position control of Maxon S-DC motor with dSPACE, Informatics. Elect. & Vision (ICIEV), 2012.
- [3] Douglass, John G. Efficacy of Methods for Estimating In-Service Motor Efficiency. Washington State University Cooperative Extension Energy Program report prepared for the Pacific Gas and Electric Company and the Bonneville Power Administration, June 1997.
- [4] A. A. Bature, Mustapha Muhammad, Auwalu M. Abdullahi,. Parameter Identification of a Class of DC Motor. International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES).
- [5] Gl Gkay Emel, ağatan Taşkın. Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt XXI, Sayı 1, 2002, s. 129-152.
- [6] Goldberg, D.E.The Design of Innovetion: Lessons from Genetic Algorithms, Lessons for the real world. University of Illinois at Urbana-Champaign, IlliGAL Report: 98004, Urbana, IL,1998.
- [7] Chapman p.Electric Machinery Fundamentals. 674-675.
- [8] V. J. Brusamarello, I. Mller, A. Silva, J. Klein. Low Intrusive Efficiency Estimative of DC Motors.
- [9] Ibrahim Senol, Nur Bekiroğlu, Oktay Aybar. Elektrik Makineleri-I. Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.
- [10] Javier R. Movellan. DC Motors, 2010
- [11] Ibrahim Cayiroğlu. İleri Algoritma Analizi Genetik Algoritma. Karabuk University Eng. Faculty, 2012.