

DA Motor Kontrolünde Gürültünün Sistem Performansına Olan Etkisi

Ahmet Akbulut

¹Ankara University, Engineering Faculty, Department of Electric-Electronic Engineering, Ankara, Turkey.

e-posta: aakbulut@ankara.edu.tr. ORCID ID: orcid.org/0000-0001-8868-7385

Geliş Tarihi: 05.12.2022 ; Kabul Tarihi: 14.12.2022

Öz

Anahtar kelimeler

Parçacık Sürü Optimizasyonu; Ziegler-Nichols; PID kontrol; DA Motor.

DA motor endüstride ve günlük yaşantıda en çok kullanılan elektrik motorlarından biridir. Bu tip motorların hız ve konum kontrolü özellikle hassas üretim, güvenli hareket sağlanması ve verimlilik bakımından önem taşımaktadır. PID, DA motor kontrolünde en sık kullanılan kontrol yöntemlerinden birisidir. Bu çalışmada gerçek DA motor parametreleri üzerinden, Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması ve Ziegler-Nichols yöntemi kullanarak DA motor hız kontrolünde PID kontrolcü katsayıları belirlenmiş ve bu iki yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmada çıkış sinyaline gürültü eklenmiş, gerçek sistem değerlerine yakın çıkış değerleri elde edilmiştir. Böylelikle test sonuçlarının gerçeğe daha yakın bulunması amaçlanmıştır.

The Effect of Noise on System Performance in DC Motor Control

Abstract

Keywords

Particle Swarm Optimization; Ziegler-Nichols; PID control; DC Motor.

DC motor is one of the most used electric motors in industry and daily life. The speed and position control of this type of motor is especially important in terms of precision production, safe movement and efficiency. PID is one of the most commonly used control methods in DC motor control. In this study, PID controller coefficients were determined in DC motor speed control by using Particle Swarm Optimization algorithm and Ziegler-Nichols method over real DC motor parameters and these two methods were compared. In the study, noise was added to the output signal, and output values close to the real system values were obtained. Thus, it was possible to obtain test results that can approximately represent real conditions.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Elektrik motorları arasında en çok tercih edilenlerden birisi DA motorlardır. Kullanım alanının oldukça fazla ve çeşitli olması, bu motorların yer aldığı uygulamaların sayısını oldukça arttırmıştır. Bu uygulamalar arasında en çok DA motorun hız ve konum kontrolü yer tutmaktadır. Bu amaçla birçok kontrol sistemi geliştirilmiş, bu sistemlerin optimizasyonu için çok çeşitli algoritmalar uygulanmış ve test edilmiştir. En çok

kullanılan kontrol yöntemlerinden birisi PID kontrolüdür. Klasik ve uyarlanmış PID kontrol endüstriyel kontrolcülerin yarısından fazlasında kullanılmaktadır. Bunun nedeni PID kontrolcülerin ayarlanabilirlik açısından kolaylık sağlamasıdır. Parametreleri ayarlamak için çok çeşitli yöntemler kullanılabilir (Ogata 2010). PID kontrolde kontrol katsayılarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Gökçe vd. (2022) yaptıkları çalışmada, kontrol katsayılarını belirlemek için PSO algoritması

ve ZN yöntemlerini uygulamış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Basamak referans ve basamak yük, sinüsoidal referans ve sinüsoidal yük altında sistemi test etmiştir. Sinüsoidal referans ve yük altında, farklı yük frekansları uygulamış, PSO ve ZN yöntemlerinin katsayı belirlemedeki performanslarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda PSO algoritmasının daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. İdir vd. (2018) yaptıkları çalışmada optimizasyon tekniklerine dayalı bir Kesirli-Dereceli PID kontrolör tasarlamıştır. Katsayıları ayarlamak için Diferansiyel Evrim ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmalarını kullanmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Hasan ve Rashad (2019) yaptıkları çalışmada sabit mıknatıslı DC motor için Kesirli-Dereceli PID kontrolör tasarlamış ve parametreleri ayarlamak için PSO algoritması kullanmıştır. Çalışma Simulink üzerinde deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Dış bozucuların etkisi altında referans takibi ve sistem sağlamlığı konusunda sonuçlar paylaşılmıştır. Yazgan vd. (2019) yaptıkları çalışmada PSO, Genetik Algoritma (GA) ve Ziegler-Nichols (ZN) yöntemini DC motor hız kontrolünde PID parametrelerini ayarlamak için uygulamıştır. Yöntemler beş kriter altında değerlendirilmiş ve PSO algoritmasının diğerlerinden daha iyi bir performans ortaya koyduğu gösterilmiştir. Ma'arif vd. (2022) yaptıkları çalışmada PID parametrelerinin optimizasyonu için Simulink üzerinde PSO algoritması kullanmış ve optimum parametre değerlerini elde etmiştir. Daha sonra arduino üzerinde kurdukları sistemde bu parametreleri kullanmış, yükselme süresi ve yerleşme süresi açısından sonuçları gözlemlenmiş ve değerlendirmiştir. DA motorlar günümüzde kuadkopter gibi multikopterler, robotik gibi geniş kullanım alanına sahip sistemlerin temel parçasıdır. Bu nedenle kuadkopterlerin stabil uçuşları, robotların hareket ve dönüş kabiliyetlerinin durumu önemli ölçüde kontrol sistemine bağlıdır. Gökçe vd. (2021) yaptıkları çalışmada tarımda kullanılmak üzere hazırlanan dört tekerli bir robotun kinematik ve sistematik analizini gerçekleştirmek için matematiksel model oluşturmuştur. Kontrol için PID kontrolcü kullanılmış ve parametreleri optimize etmek için PSO algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada çıkış

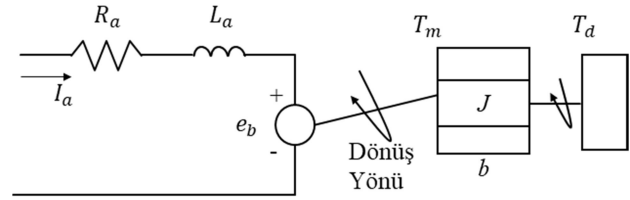
sinyaline Gauss gürültüsü eklenmiş ve PID parametrelerini belirlerken kullanılan hata verisinin gürültülü sinyal üzerinden hesaplanması sağlanmıştır. Ayrıca sistemin çıkış sinyaline gürültü eklenerek sonuçlar gözlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada DA motor parametreleri olarak gerçek değerler kullanılmıştır (IntKyn. 1).

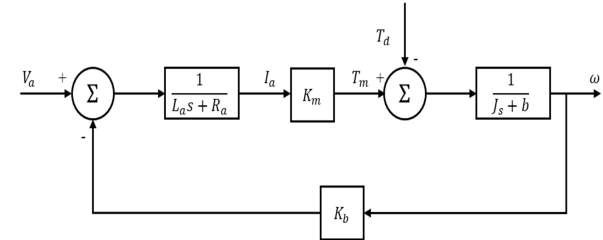
2.1 DA Motor

endüstriyel sistemler ve gündelik hayatta sıklıkla kullanılan DC motorlar, bir doğru akım elektrik kaynağından beslenen elektrik motorlarıdır.



Şekil 1 DA Motor Elektriksel Modeli

Şekil 1'de DA motorun elektriksel modeli gösterilmiştir. Elektriksel devrenin analizi sonucunda elde edilen kontrol algoritmasının blok şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2 DA Motor Blok Şeması

Bu çalışma bağlamında ölçülen hıza gürültü eklenmiş ve kontrolöre o şekilde girilmiştir.

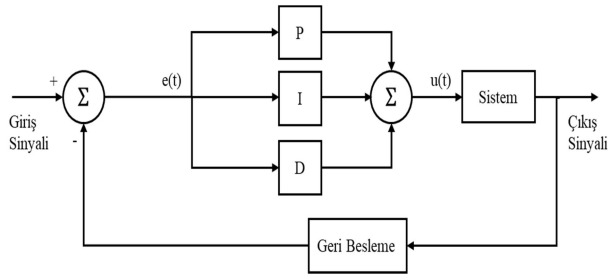
$$w_{ölçülen} = w + \text{gürültü}$$

Ayrıca dış bozucu sinüsoidaldir. Yük frekansından kasıt bu sinüsoidal dış bozucunun frekansındır.

2.2 PID Kontrol

Sistemlerin giriş ve çıkış durumlarını kontrol eden sistemlere kontrol sistemi denir. Kontrol sistemlerinden en önemli parametrelerden birisi geri besleme sinyalidir. Geri besleme sinyali ile giriş ve çıkış değerleri arasındaki fark alınır ve

oluşturulan kontrol algoritmaları bu farkı değerlendirerek parametreleri belirler.

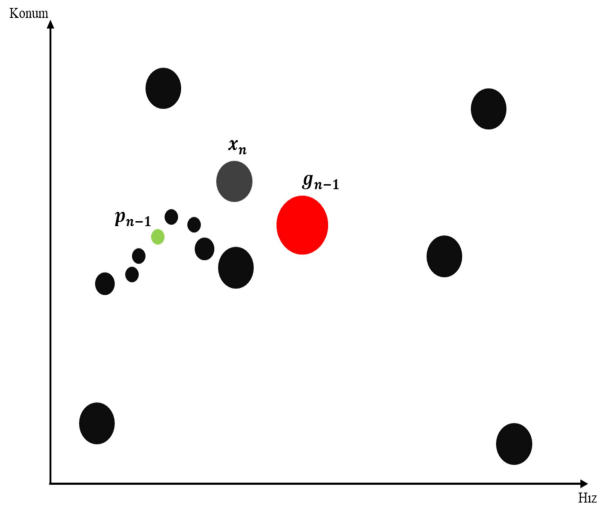


Şekil 3 PID Kontrol Blok Şeması

Şekil 3'te PID kontrol sistemi için blok şeması gösterilmiştir. Doğada, toplu hareket ederken zeki davranışlar sergileyen canlılar vardır. Bu sürüye ait bireyler sadece kendi tecrübeleri değil sürüdeki diğer bireylerinde tecrübelerinden yararlanarak problemler karşısında çözümler üretmektedir. (Akyol ve Alataş 2012).

2.3 Parçacık Sürü Optimizasyonu

PSO, sürü halinde hareket eden hayvan türlerinin yemek, su gibi temel ihtiyaçlarını ararken sergiledikleri davranıştan etkilenecek ortaya atılmıştır.



Şekil 4 PSO Çalışma Mekanizması (Gökçe vd. 2022).

Her parçacığın bir hızı vardır. Bu hız anlık konum ve bir sonraki konumu belirler. Her adımda parçacığın anlık hızı ve bir önceki adımda hesaplanan hızı toplanarak yeni konum elde edilir.

$$x_n = x_{n-1} + v_n \quad (1)$$

x_n : Parçacık konumu

v_n : Parçacık hızı

$$v_n = c_1 v_{n-1} + c_2 (x_{n-1} - p_{n-1}) + c_3 (x_{n-1} - g_{n-1}) \quad (2)$$

Parçacık Momentumu (son adımdaki hızı): v_{n-1}

Parçacığın anlık bulunduğu en iyi noktanın konumu: p_{n-1}

Tüm parçacıkların anlık bulunduğu en iyi noktanın konumu g_{n-1}

Parçacığın yeni hızı, c_1, c_2, c_3 belirli katsayılar olmak üzere eşitlik (2) ile hesaplanır.

2.4 Ziegler-Nichols Yöntemi

“Yöntemde integral zaman sabiti ve türev zaman sabiti sıfırlanır. Kontrol edici kazancı (K_c) sistem çıkışı sürekli salınım yapana kadar artırılır. Sürekli salınım gözleendiğinde salınım periyodu (T_u) ve kontrol edici son kazancı (K_u) kaydedilir. Kaydedilen bu değerlerden yararlanılarak, Ziegler-Nichols metodunda kullanılan tablodan kullanılacak kontrolör için değerler belirlenir.” (Durusu, 2022).

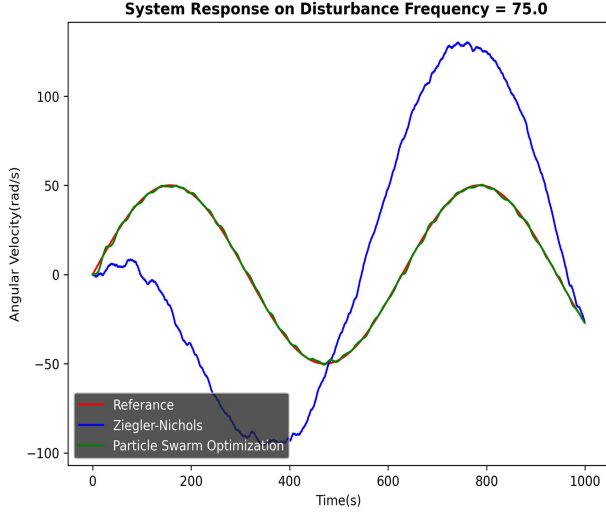
Çizelge 1 Ziegler-Nichols Metodu Tablosu (Ziegler ve Nichols 1993)

Kontrol Tipi	K_p	T_i	T_d	K_i	K_d
P	0.5 K_u	-	-	-	-
PI	0.45 K_u	0.80 T_u		0.54 K_u / T	-
PD	0.8 K_u	-	0.125 T	-	0.10 $K_u T$
PID	0.6 K_u	0.5 T_u	0.125 T	1.2 K_u / T	0.075 $K_u T$

Çizelge 1’de ZN yönteminde PID katsayılarını belirlemek için kullanılan tablo verilmiştir. Kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması sonucu elde edilen bulgular Bölüm 3’te paylaşılmıştır.

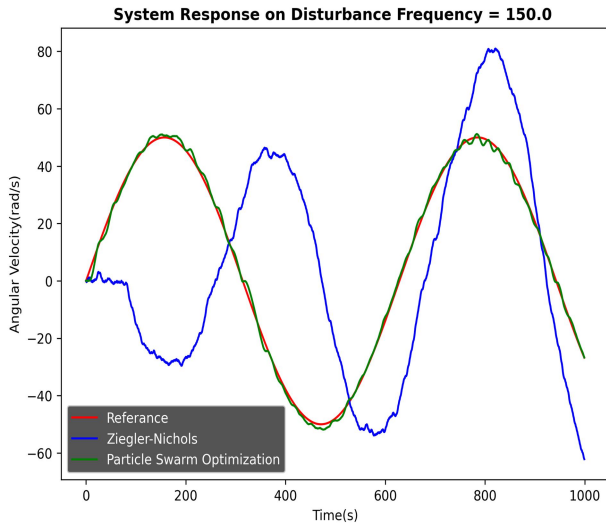
3. Bulgular

Farklı frekansa sahip yükler altında sistem test edilmiş ve Şekil (5-7)'de sistem çıktıları gösterilmiştir.



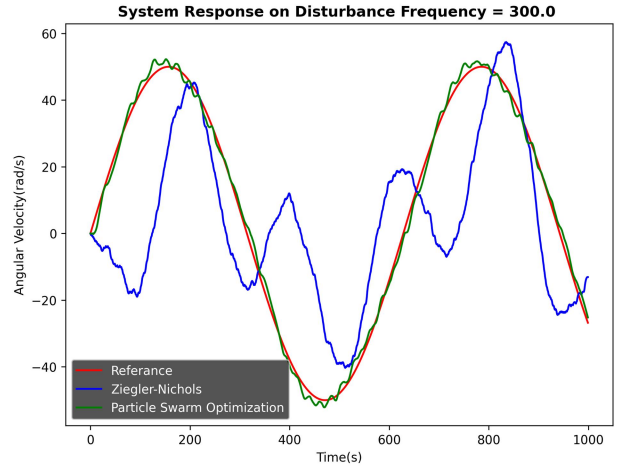
Şekil 5 75 Hz yük altında sistem tepkisi

Şekil 5'te görüldüğü üzere PSO algoritması referans takibi konusunda ZN yönteminden çok daha üstün bir performans sergilemiştir.



Şekil 6 150 Hz yük altında sistem tepkisi

Şekil 6'da görüldüğü üzere yük frekansı iki katına çıkarılmış ve sistem test edilmiş ve yine PSO algoritmasının çok daha üstün performans sergilediği gözlemlenmiştir.



Şekil 7 300 Hz yük altında sistem tepkisi

Şekil 7'de görüldüğü üzere sistem tepkisi yine belirtilen frekansa sahip yük altında çok daha üstün performans sergilemiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

DA motorun hız kontrolü için kullanılan PID kontrol sisteminin parametrelerini belirlemek için PSO ve ZN yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Bölüm 1'de belirtildiği gibi Gökçe vd. (2022) yaptıkları çalışmada yöntem sonucu elde edilen çıkış sinyallerini ideal şartlar kabul ederek oluşturmuştur. Bu çalışmada sistem tepkisine gerçek verilere daha yaklaşık değerler elde edebilmek için Gauss gürültüsü eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bahsedilen çalışmalarda olduğu gibi yine PSO algoritmasının ZN yöntemine göre çok daha iyi bir performans sergilediğini ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, sistemin gerçek zamanlı uygulamasının yapılarak deney sonuçları ile karşılaştırılmasına da imkan sağlamaktadır.

5. Kaynaklar

- Akyol, S., Alataş, B., 2012. Güncel Sürü Zekası Optimizasyon Algoritmaları. *Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 1, 36-50.
- Durusu, V., 2022, PSO ve ZN Metodu Kullanarak DC Motorun Hız Kontrolü için PID Parametrelerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 85.

- Gökçe, B., Koca, Y.B., Aslan, Y., Gökçe, C.O., 2021, Particle swarm optimization-based optimal PID control of an agricultural mobile robot. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 74, 4, 568-575.
- Gökçe, C. O., Durusu, V., Unal, R. (2022). Farklı Yük Çeşitleri için Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Ziegler-Nichols Metodunun DC Motor Hız Kontrolü Probleminde Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 88-92.
- Hasan, F.A., Rashad, L.J., 2019, Fractional-order PID controller for permanent magnet DC motor based on PSO algorithm. *International Journal of Power Electronics and Drive System*, 10, 4, 1724-1733.
- Idir, A., Kidouche, M., Bensafia, Y., Khettab, K., Tadjer, S.A., 2018, Speed Control of DC Motor Using PID and FOPID Controllers Based on Differential Evolution and PSO. *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, 11, 4, 241-249.
- Ma'arif, A., Rahayu, E.S., Çakan, A., Particle Swarm Optimization (PSO) Tuning of PID Control on DC Motor. *International Journal of Robotics and Control Systems*, 2, 2, 435-447.
- Nasri, M., Nezamabadi-Pour, H., Maghfoori, M., 2007, A PSO-Based Optimum Design of PID Controller for a Linear Brushless DC Motor. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 26, 40, 211-215.
- Ogata, K., 2010. Modern Control Engineering Fifth Edition. Marcia J. Horton (editor), Pearson, 567-575.
- Yazgan H., Yener F., Soysal S., Gür, A., 2019, Comparison Performances of PSO and GA to Tuning PID Controller for the DC Motor. *Sakarya University Journal of Science*, 23, 2, 162-174.
- Ziegler, J.G., Nichols, N.B., 1942, Optimum Settings for Automatic Controllers. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 64, 11, 759-765.

İnternet kaynakları

- 1-<https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/MCG/moc23series.pdf>, (10.11.2022).
- 2-<https://commons.princeton.edu/josephhenry/wp-content/uploads/sites/71/2019/08/electric-motor-history.pdf>, (12.11.2022).
- 3-<https://machinelearningmastery.com/a-gentle-introduction-to-particle-swarm-optimization/> (13.11.2022).