

FIRÇALI DC MOTORLARDA ARMATÜR AKIMINDAKİ GÜRÜLTÜNÜN KULLANILMASIYLA HIZ ÖLÇÜMÜ

İres İSKENDER

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe
06570, Ankara, iresis@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu projede, fırçalı DC motorların hız ölçümünde kullanılan mekanik yöntemlere alternatif bir elektronik sistemi önerilmektedir. DC fırçalı motorlarda, fırça ve kollektörün temasından kaynaklanan elektriksel gürültü, besleme hattı üzerinde kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Projede, hat üzerindeki akımın AC bileşeni olarak görülen gürültünün frekansının rotorun dönüş hızıyla olan bağıntısı ve bu bağıntının hız bilgisine ulaşmada kullanılmasına dair yöntemler tartışılmaktadır. Gürültü frekansı işlenebilir hale dönüştürülür. Elde edilen sonuç sayısallaştırılıp kalibre edilir. Bu işlemler neticesinde elde edilen hız sonuçları referans olarak optik hız ölçümü metoduyla alınan sonuçlarla karşılaştırılır ve önerilen sistemin avantajları tartışılır.

Anahtar Kelimeler: DC motor, akım gürültüsü, hız ölçümü.

SPEED MEASUREMENT IN BRUSH DC MOTORS USING THE NOISE OF ARMATURE CURRENT

ABSTRACT

In this study, an electronic system is proposed to be used as an alternative to the mechanical method used in the speed measurement of the brush dc motors. In dc motors the noise generated by commutation process can easily be determined in the line current. In this project, the relationship between the ac component frequency of the line current noise and the speed of the rotation of motor, and the usage of this relationship in getting information about the motor speed are discussed. The noise frequency is converted to be processed. The obtained result is digitalized and calibrated. The speed results obtained from these processes are compared with those obtained from the optic speed measurement as a reference method and the advantages of the proposed system are discussed.

Keywords: DC motor, current noise, speed measurement.

1. GİRİŞ

DC motorlarda algılayıcısız hız ölçümü için geliştirilmiş çeşitli yöntemler bulunmaktadır [1-5]. Bu yöntemler tahmine dayalı olup, “geleneksel” ve “yapay zeka tabanlı” olmak üzere ikiye ayrılır [5]. Geleneksel yöntemlerde genellikle motorun matematiksel modeline veya gözleyiciye (Kalman filtresi, Luenberg gözleyicisi gibi) dayalı modele göre hız tahmini yapılmaktadır. Bu yöntemlerin, motor yükünün ve motorun pek çok parametresinin bilinmesine gereksinim duyması nedeniyle, özellikle düşük hızlarda hassaslık sorunu vardır. Öte yandan yapay sinir ağı, bulanık-sinir ağı gibi yapay zeka tabanlı yöntemlerde, sistemin iyi eğitilebilmesi için,

geçici ve kalıcı çalışma durumları, farklı hız ve yüklerdeki tüm çalışma koşulları dikkate alınarak, oldukça fazla veri kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, eğitimden sonra meydana gelebilecek parametre değişiklikleri, tahin edilen hız değerinin hatasının yükselmesine yol açar.

Fırçalı DC motorlar, fırça ve kollektör teması ile rotor bobinlerinin geçici tepkilerinden kaynaklanan bir elektriksel gürültü üretmektedirler [6,7]. Besleme hattı üzerinde ilerleyen bu gürültü sinyali, DC hat gerilimi üzerinde bir AC bileşen oluşturur. Rotor bobinlerinin geçici tepki miktarı ve rotorun dönüş hızı ile belirlenen bir dalga şekline sahip olan bu sinyaller, çoğu zaman istenmeyen sinyaller

olarak kabul edilmekte olup, özellikle haberleşme cihazlarında enterferansa ve benzeri bozucu etkilere neden olmaktadır.

Hat gürültüsü sinyalleri AC sinyal özelliğine sahip olduklarından, DC besleme geriliminden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Bu sinyaller, fırçayı oluşturan iletkin yüzeylerin kollektör plakaları ile ard arda teması sonucunda oluşmaktadır. Dolayısıyla sinyalin frekansı temas sıklığına bağlı olarak, rotorun dönüş hızı ile orantılı olacaktır. Gürültü sinyalinin dalga biçimi birçok parametreye bağlıdır. Motorun çalışması esnasında değişen parametrelerden biri olan rotor hızı, gürültü sinyalinin frekansını, genliğini ve dalga biçimini değiştirir.

Fırçaların temasından kaynaklanan gürültü sinyallerinden motorun hız bilgisi elde edilebilir. Bu çalışmada motorun hızı gürültü sinyallerinden elde edilmektedir. Besleme hattı akımından elde edilen gürültü sinyalleri işlenebilecek hale getirilir ve frekans bilgileri sayısallaştırılır. Bu süreçte, analog bileşenler ve analog-dijital dönüştürücü kullanılmıştır. Sayısallaştırılan frekans bilgisi mikroişlemci tarafından 16 bitlik bir programla işlenir ve Likit Kristal Ekran (LKE) iletilir.

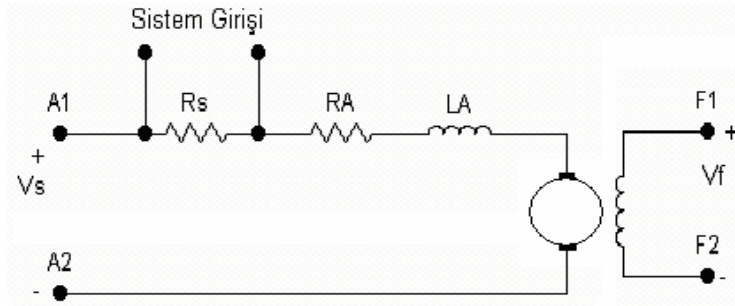
2. DEVRENİN ÇALIŞMASI

Şekil 1'de devrenin genel şeması gösterilmektedir. Devre, i- alt geçiren filtre ve yükselteç katı ii- frekans-gerilim dönüştürücü iii- analog-dijital dönüştürücü ve mikroişlemci ve iv- kullanıcı arayüzü ekran (LKE) bloklardan oluşmaktadır.

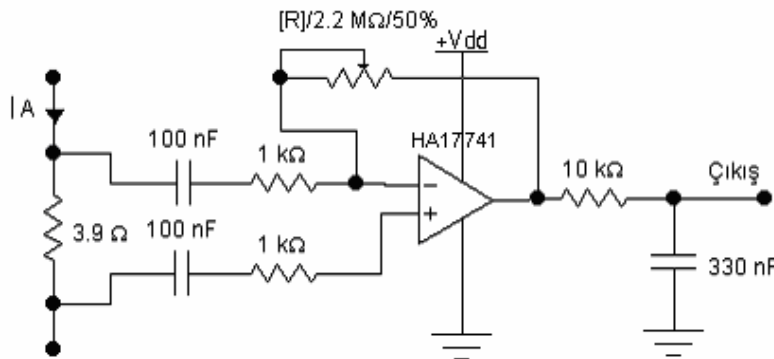
Örnekleme işleminin yapıldığı devre şeması Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekilde, besleme hattı akımı motora seri bağlı düşük değere sahip bir örnekleme direnci üzerinde düşen gerilim ile örneklenmektedir. Direncin üzerindeki gerilimin sadece AC bileşenini sisteme iletebilmek için bir direnç ile devre arasına uygun değere sahip bir kapasitör bağlanmıştır. Hat üzerindeki gürültü fırça-kollektör darbelerinin yanı sıra, kaynağı belirsiz gürültüleri de içermektedir. İstenmeyen yüksek frekanslı bileşenleri süzebilmek için op-amp'ın ardından bir alçak geçiren filtre kullanılmaktadır [8]. Şekil 3'te görülen Op-amp'ın çıkış gerilimi ancak besleme gerilimleri aralığında değişebilir. Bu yüzden, belirli bir genlikten daha yüksek girişlerin oluşturacağı çıkışların tepe değeri ancak besleme gerilimine ulaşabilir. Alçak geçiren filtre devresi sayesinde,



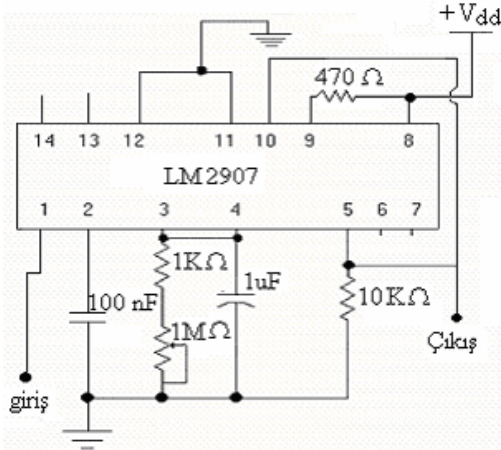
Şekil 1. Sistemin blok şeması



Şekil 2. Sistemin DC motora bağlanma şeması



Şekil 3. Örnekleme direnci, yükselteç ve alt geçiren filtre katı şeması



Şekil 4. Frekans-gerilim dönüştürücü katı şeması

belirli bir seviyenin üzerindeki giriş sinyalleri seçilmekte ve çıkış sinyalinin genliği sınırlandırılmaktadır. Op-amp çıkışında elde edilen gürültü sinyali alçak geçiren filtre katına uygulanır.

Şekil 4'te frekans-gerilim dönüştürücü katının devre bağlantısı gösterilmektedir. Alçak geçiren filtre katı, frekans-gerilim dönüştürücü entegresine bağlanmıştır. Gürültü sinyalleri bu kat yardımıyla, frekansları ile doğru orantılı bir DC gerilime dönüştürülürler. Frekans-gerilim dönüştürücü olarak LM2907 entegresi kullanılmaktadır. Entegre, deney motorunun maksimum devir sayısı ile üretilen gürültü sinyalinin frekansıyla doğrusal olarak çalışabilecek şekilde seçilmiştir.

Frekans-gerilim dönüştürücüde elde edilen DC gerilim, entegrenin çıkış aralığı olan 0-5 V seviyeleri arasında değişmektedir. Çevresel elemanlarla entegrenin doğrusal çalışacağı aralık belirlenmiştir.

Mikroişlemci olarak PIC16F8XX ailesinden PIC16F877 mikroişlemcisi kullanılmıştır (Şekil 5) [9]. Sekiz bitlik çekirdeğe sahip olan bu mikroişlemci, üzerinde yazılım ile 16 bitlik bir algoritma çalıştırılmıştır. Analog-Dijital dönüştürücü

modülü mikroişlemci ile bütünleşiktir. Modül 10 bit çözünürlüğe sahiptir. Frekans-gerilim dönüştürücü entegresinin çıkışından 150 milisaniyede bir örnek alınıp sayısallaştırılmaktadır. Mikroişlemci yazılımı, gerekli matematiksel işlemlerin ardından okunan gerilim değerini devir/dakika birimine dönüştürür ve Likit Kristal Ekran (LKE) modülüne iletir.

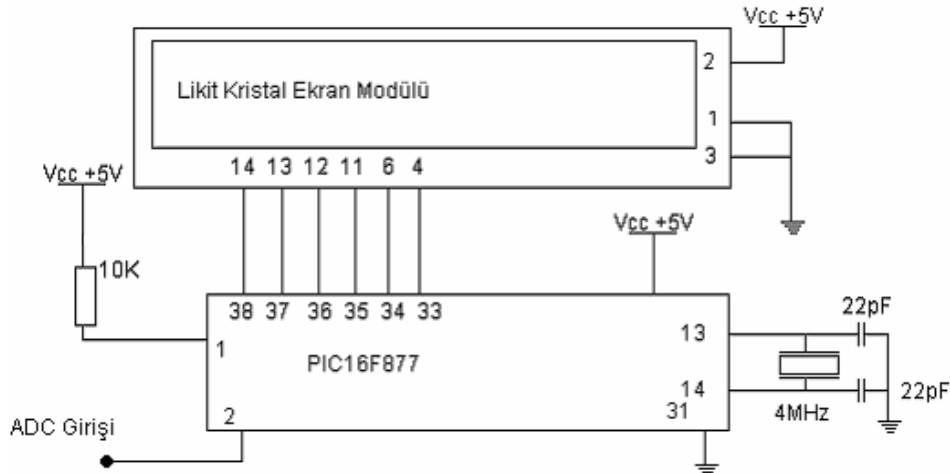
3. REFERANS HIZ ÖLÇÜMÜ

Deney sonuçlarının doğruluğunu denetmek amacıyla optik hız ölçüm yöntemi referans olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde, motor miline takılı kesik disk ile kızıl ötesi ışık kullanılarak kare dalda sinyaller üretilmekte ve op-amp ile yükseltilmektedir. Referans hız ölçümü sürecinde dijital kaydedicili bir osiloskop kullanılmıştır.

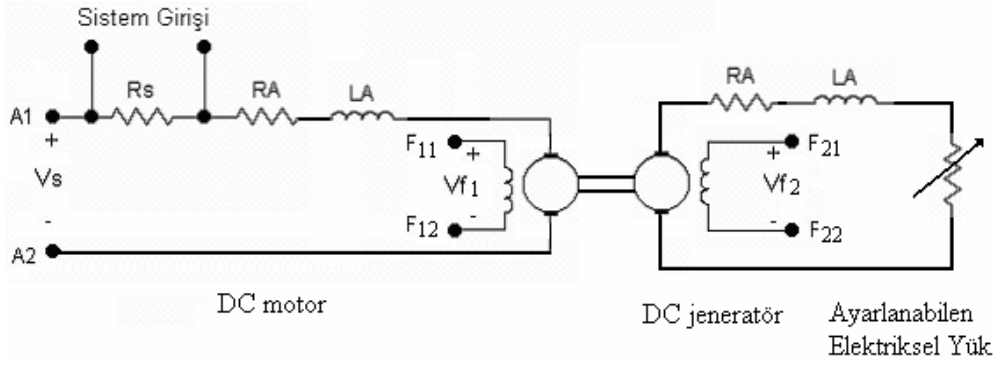
Karşılaştırma amacıyla kullanılan kriterler; hatasızlık (accuracy), kesinlik (precision) ve tüm aralıkta doğrusallıktır (linearity). Bu makalede önerilen teknik ile ölçülen değer, referans bir ölçüm ile kalibre edilmiştir. Farklı hızlardaki ölçüm sonuçları, makalede önerilen tekniğin doğrusallığını tespit etmek amacıyla karşılaştırmaktadır.

Laboratuvarımızda mevcut teknik imkanlara dayanarak referans ölçümü için tek kesikli bir disk kullanılmaktadır. Buna göre, motorun bir turu esnasında meydana gelecek hız değişikliklerinin ortalaması alınabilmektedir. Enkoder veya daha çok kesikli bir diskin kullanılmasıyla motorun bir turundan daha kısa sürede meydana gelebilecek hız değişikliklerine tepki verebilecek bir sistemin tasarımı mümkündür.

Laboratuvarında yapılan deneylerin deneysel düzeni Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi DC motor DC bir jeneratörü sürmektedir. DC jeneratörün yükü, ayarlanabilen bir dirençten oluşmaktadır. Direncin ayarlanmasıyla motora uygulanan yükün momenti ayarlanabilir. Motoru



Şekil 5. Analog-Dijital dönüştürücü, mikroişlemci ve Likit Kristal Ekran katı şeması



Şekil 6. Laboratuarda yapılan deneylerin deneysel düzeni

farklı hızlarda çalıştırabilmek için ayarlanabilen direncin değeri değiştirilir. Motorun hızı iki ayrı yöntemle ölçülüp karşılaştırılmaktadır.

Ölçüm esnasında motorun hızı sabit tutulur (yük sabit). Referans olarak kullanılan hız değeri, motorun miline bağlı kesikli bir disk, optik tranzistör ve osiloskop yardımıyla ölçülmektedir. LKE ise makalede önerilen yöntemle elde edilen hız değerini göstermektedir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE KARŞILAŞTIRMA

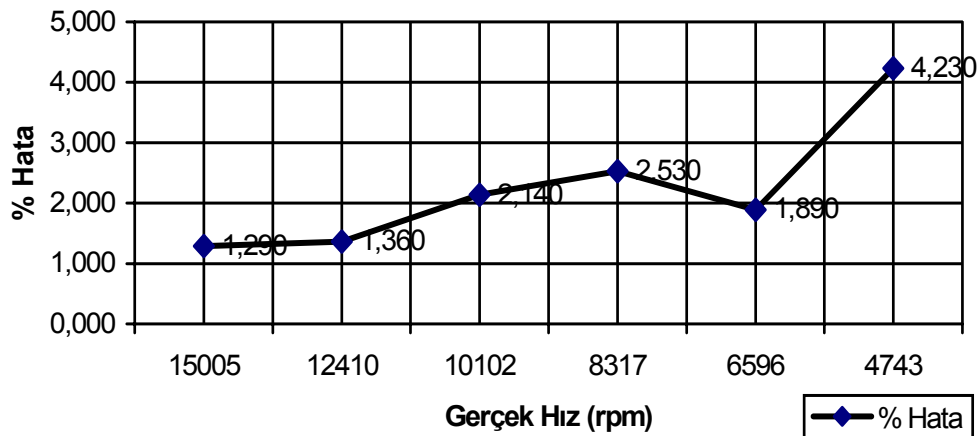
Deneylerde, çeşitli hızlardaki referans metodu ile önerilen metotla ölçümler yapılmıştır. Önerilen tekniğin yüksek hızlarda daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Düşük hızlarda ise hata miktarı artmaktadır. Fırça yüzeyi ve kollektör levhalarının temas sıklığının artması ile, rotor bobinlerine uygulanan akımın zamana göre türevinin değeri artmakta ve oluşan gürültünün genliği yükselmektedir [6]. Yüksek genlikli sinyaller, sistemin yükselteç katını sürebilecek yeterlilikte olduklarından ölçüm sonucuna katılmaktadırlar. Motor yavaşladığında, oluşan gürültü sinyallerinin genliği azalmaktadır. Düşük genlikli sinyallerin, hat üzerindeki düşük genlikli kaynağı belirsiz gürültüden ayıklanması ve yükselteci sürmesi zorlaşmakta ve bazı düşük genlikli sinyaller yükselteç çıkışında görülmemektedir (Şekil 7).

5. SONUÇLAR

Önerilen bu alternatif yöntem, deneysel olarak kanıtlanmıştır. Uygulamada ve geliştirmede mevcut maddi ve teknik imkanlar neticesinde, sistemin çalışmasında bazı kısıtlamalar görülmektedir. Çok iyi ve kaliteli bir baskı kartı, akım örneği alınan taş direnç yerine akım algılayıcısı olan LEM'i ve HA17741 Op-Amp yerine daha geniş frekans banttı olan TL071'in kullanılması gibi önlemler dikkate alındığında, önerilen yöntemin daha kullanışlı uygulamalarının üretilebileceği açıktır.

Deneyisel sonuçlar, motor hızı düşüktüce sistemin hatasının arttığını göstermektedir. Sistem hatasının azaltılması, rotorun yavaş hareketlerinde genliği düşen ve harici gürültü ile karışık ölçüme katılmayan sinyallerin daha iyi filtrelenmesi ile gerçekleştirilebilir. Frekans-gerilim dönüştürücüsünde kullanılan çevresel elemanların seçimi de doğrusal ölçüm aralığını etkilemektedir. Hıza göre, kalibre kriterleri uyarınca değiştirilebilen çevresel elemanlar ile daha geniş bir hız aralığında ölçüm sağlanabilir.

Yeni metodun klasik hız ölçüm metotlarına göre avantajı, mekanik herhangi bir montaj gerektirmemesi ve kullanılacağı kontrol sisteminde, sistemin kapalı döngü transfer fonksiyonuna mekanik kısımların transfer fonksiyonlarını dahil etmemesidir. Hız ölçümü, sadece besleme hattı



Şekil 7. Hız değerlerine karşın ölçüm sonucundaki % hata değişimi

üzerinden yapıldığından, yeni metot tamamen elektronik ve statiktir. Geliştirildiğinde, alternatif bir teknik olarak hız ölçüm literatüründe yerini alabilecektir.

KAYNAKLAR

1. M. Naumoviç, M. Stojiç “Velocity Estimation in Digital Controlled DC Servo Drives” **Industrial Electronics Society, IECON '98. Proc. of the 24th Annual Conference of the IEEE**, Vol. 3, pp.1505 – 1508, 31 Aug.-4 Sept. 1998.
2. P.P. Acarnley, J.K. Al-Tayie “Estimation of speed and armature temperature in a brushed DC drive using the extended Kalman filter” **Electric Power Applications, IEE Proc.**, Vol. 144, pp. 13-20, Jan. 1997.
3. D. Kukulj, E. Levi ”Identification of Complex Systems Based on Neural and Takagi–Sugeno Fuzzy Model” **Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on**, Vol. 34, No. 1, pp. 272-282, Feb. 2004.
4. M.I. Jahmeerbacus, K.M.S. Soyjaudah M.K. “Oolun, Four-quadrant current-regulated DC servo drive using a fuzzy logic-based controller” **Africon Conference in Africa**, 2002. IEEE AFRICON. 6th, Vol. 2, PP.705 – 709, Oct. 2002.
5. A. F. Stronach, P. Vas “Design, DSP Implementation, and Performance of Artificial-Intelligence-Based Speed Estimators for Electromechanical Drives” **IEE Proc. Control Theory Appl.**, Vol. 145, No. 2, March 1998.
6. S. J. CHAPMAN, **Electric Machinery Fundamental** McGraw-Hill 1991, 2nd edition.
7. R. Krishnan **Electric Motor Drive, Modeling-Analysis and Control** Prentice Hall, 2001.
8. Roland E. Thomas, Albert J. ROSA **The Analysis and Design of Linear Circuit**, Prentice Hall 1998.
9. Microchip Technology Inc. www.microchip.com.