

DIŞ KAVİTELİ DİYOT LAZERLERİN KARARLILIKLARININ ARTTIRILMASI

Adem GEDİK¹, Mehmet ÇELİK¹, Hasan DİNÇER², Ramiz HAMİD¹

¹: TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, P.K. 54 Gebze / KOCAELİ

Tel : 0 262 679 5000 E-Mail : adem.gedik@ume.tubitak.gov.tr

²: Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Veziroğlu Yerleşkesi, İzmit – KOCAELİ, Tel : 262 335 11 48

ÖZET

Lazerler ölçme dünyasında daha fazla çözünürlüğe sahip ölçüm sistemleri yapımına son derece önemli katkılardan dolayı oldukça fazla kullanılmaktadır. Artan çözünürlüğe paralel olarak daha kararlı lazerlere olan ihtiyaç da artmaktadır. Diyot lazerler kullanım kolaylıkları nedeniyle bu alanlarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Diyot lazerlerin kararlılığını etkileyen en önemli faktörler ise çalışma ısıları ve üzerlerinden geçen akımdır.

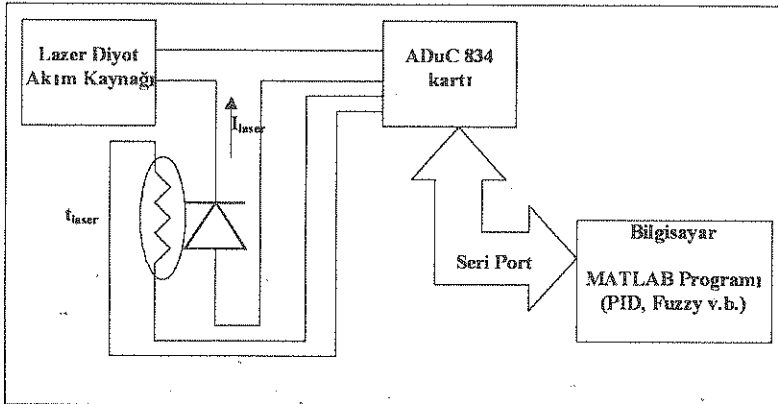
Dış Kaviteli Diyod Lazerler, bir yarı iletken lazer diyod ve taşıyıcısı, bu taşıyıcı ile soğutma bloğu arasına yerleştirilmiş Termoelektrik Soğutma Elemanı (peltier), lazer diyodun karşısına yerleştirilmiş Kırınım Ağından oluşmaktadır. Lazer diyodun sıcaklığını belirlemek için taşıyıcı içerisine bir NTC yerleştirilmiştir. Bu çalışmada lazer diyodun kararlılığının artırılması için bir sıcaklık kontrol devresi ve bir akım kaynağı tasarlanmıştır

Anahtar sözcükler : Dış Kaviteli Diyod Lazer, kararlılık

1. DONANIM

Sistemin genel blok yapısı Şekil 1'deki gibidir.

Sistemin kontrolü için Analog Devices firmasına ait ADuC 834 tümdevresi seçilmiştir. Tümdevre oldukça zengin çevre birimlerinin yanında 8051 serisi bir mikrodenetleyiciye de sahiptir. Bu sayede istenilen işlevleri yerine getirebilmesi için kolaylıkla programlanabilmektedir. Tümdevre üzerinde 1 adet 24 bitlik ve 1 adet 16 bitlik olmak üzere 2 adet Örneksel Sayısal Çevirici (Analog Digital Converter : ADC), 1 adet 12 bitlik Sayısal Örneksel Çevirici (Digital Analog Converter : DAC) ve 2 kanallı Darbe Genişliği Modülasyonu (Pulse Width Modulation : PWM) özelliğine sahip çevre birimi ile 2 kanallı akım kaynağını barındırmaktadır. Termoelektrik Soğutma Elemanının ihtiyaç duyduğu yüksek anahtarlama akımını sağlayabilmesi için ADuC 834 tümdevresinin PWM çıkışına National firmasına ait LMD18200 H tipi köprü tümdevresi bağlanmıştır.



Şekil 1. Sistemin genel blok yapısı

Lazer diyoda ilişkin sıcaklık bilgisi taşıyıcısına iliştirilmiş NTC üzerinden elde edilmektedir. NTC ADuC 834 tümdevresinde bulunan akım kaynağı tarafından sürülmekte ve üzerindeki gerilim tümdevrenin 24 bitlik birincil ADC'si tarafından örneklendirilmektedir.

Lazer diyodun akım kaynağı için ise Texas Instrument firmasına ait TL 431 tümdevresi kullanılarak bir akım kaynağı oluşturulmuştur. Akım kaynakları genel olarak bir miktar güç tükettiklerinden kendileri de ısınmakta ve akım kararlılıkları değişmektedir. Bu durumun engellenebilmesi için akım kaynağı mümkün olduğunca dış etkenlerden yalıtılmıştır. Akım kaynağının ısınarak akım kararlılığının bozulmasını engellemek için ısıtılan düşük değerli yüksek güçlü bir direnç tarafından ortam ısısının üzerinde bir ısıda tutulmuştur. Isıtıcı direnç üzerine iliştirilen bir başka NTC ise direncin ısısının belli bir seviyede tutulmasını sağlamak için gereken geri besleme işaretini üretmektedir. Isıtıcı direncin değerinin düşük olması nedeni ile bir PWM tümdevresi ve anahtarlama elemanından oluşan devre tasarlanmıştır. Isıtıcı direnç üzerinde bulunan NTC bu devre için geri besleme işareti üretmektedir. Böylece ısıtıcı direnç ve dolayısıyla akım kaynağı sabit bir ısıda tutulmaktadır.

2. YAZILIM

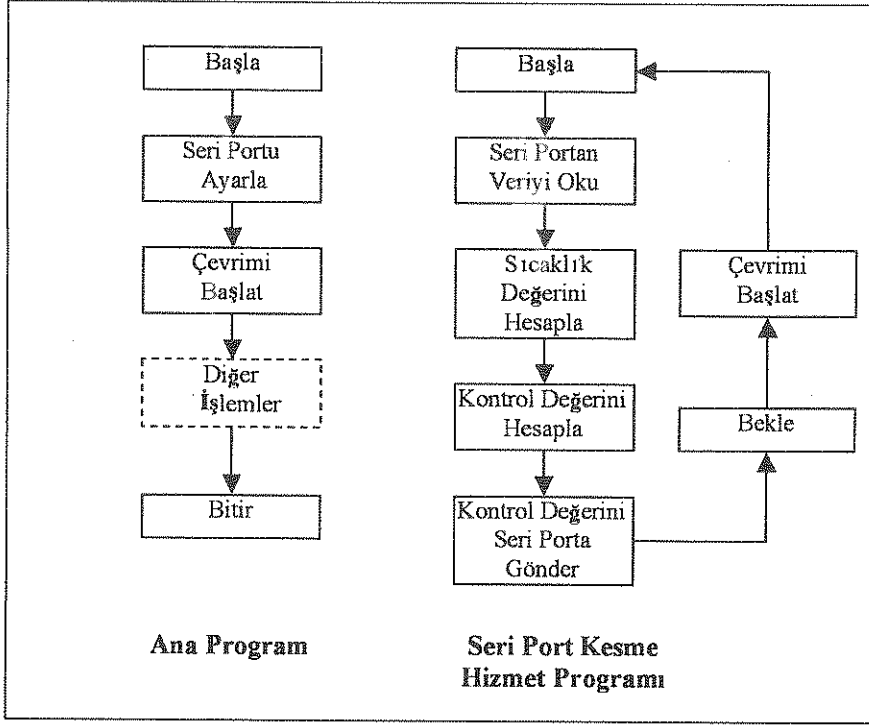
Yazılım iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda ADuC 834 tümdevresi için lazer diyodun sıcaklığına ilişkin değerlerin örneklenmesi ve seri port üzerinden bilgisayara aktarılması için gereken yazılım hazırlanmıştır. İkinci kısımda ise MATLAB grafik programlama arayüzü (GUI) kullanılarak seri porttan gelen sıcaklık bilgisini giriş olarak alan ve ürettiği kontrol değerini yine seri port üzerinden ADuC 834 tümdevresine ileten kontrol algoritması yer almaktadır.

ADuC 834 tümdevresi üzerinde geliştirilen program seri porttan gelen örnek almanın başlamasını sağlayacak işareti beklemektedir. Bu işaret geldiğinden 24 bitlik çevrimi başlatmakta, çevrim tamamlandığında elde edilen değeri seri port üzerinden bilgisayara aktarmaktadır. Hesaplanan kontrol değeri seri port üzerinden tümdevreye aktarılmaktadır. Program gelen veriyi uygun PWM değerine çevirerek PWM çıkışına iletmektedir.

Bilgisayar üzerinde geliştirilen programa ilişkin akış şeması Şekil 2'de gösterilmiştir. Program grafiksel bir arabirime sahiptir. Arabirim üzerinden sistemin sıcaklık ayar değeri, kontrole ilişkin katsayılar v.b. gibi parametreleri ayarlamak mümkündür. Ayrıca elde edilen sıcaklık değerlerinin zaman bağı olarak grafiksel gösterilimi için bir grafik nesnesi de içermektedir. Program içerisinde seri port eş zamansız (asynchronous) konumda kullanılmıştır. Böylece MATLAB sürekli olarak seri porta veri gelip gelmediğini kontrol etmek zorunda kalmamakta dahası veriler gelmediği zamanlarda başka hesaplamalar da yapabilmektedir. Seri portun eş zamansız kullanımı için ana program ile birlikte seri porta veri geldiğinde sistem tarafından otomatik olarak çağrılan bir de Seri Port Kesme Hizmet Programı geliştirilmiştir. Ana program çalıştırıldığında ilk olarak seri porta ilişkin parametreleri (iletme hızı, seri port kesme hizmet programı adresi v.b.) ayarlar ve seri porta çevrimin başlatılması için gerekli işareti gönderir. İşareti alan ADuC 834 kartı ADC çevrimini başlatır ve elde edilen sonucu bilgisayara gönderir. Bilgisayara seri porttan bir veri geldiğinde ana program Seri Port Kesme Hizmet programını devreye sokar. Program gelen veriyi seri porttan alır ve güncel sıcaklık değerini:

$$\frac{1}{T} = a + b \ln(x) + c(\ln(x)^2) + d(\ln(x)^3) \quad (1)$$

formülü aracılığı ile hesaplar. Burada x NTC'nin direnç değeri ($k\Omega$) ve T bu direnç değerine karşılık gelen sıcaklık değeri (mK)'dir. Formülde geçen a , b , c ve d katsayıları NTC'nin kalibrasyonu sonrasında elde edilir. Program ardından ayarlanan sıcaklık değeri ile güncel sıcaklık değeri arasındaki farkı alarak hata değerini bulur. Bu değeri kontrol algoritmasında kullanarak kontrol değerini elde eder ve bu değeri seri port aracılığı ile ADuC 834 tümdevresine geri gönderir. Sistemin yeni değere tepki vermesi belli bir zaman almaktadır. Program ayarlanabilen bu zaman değeri kadar beledikten sonra ilgili karta yeni bir çevrim başlatılması için gereken işareti gönderir. Program bu haliyle yinelemeli bir yapıdadır. Bu yapı sayesinde bekleme değeri değiştirilerek sistemin örnekleme hızı bilgisayar programı aracılığı ile belirlenebilmektedir.



Şekil 2. Kontrol Programı Akış Şeması

Sıcaklık kontrol sistemi kapalı çevrim bir kontrol sistemidir. Kontrol algoritması olarak ise Oransal – İntegral – Türev (Proportional – Integrate – Derivate : PID) algoritması kullanılmıştır. $e(t)$ istenilen değer ile güncel değer arasındaki farkı ifade eden hata, $u(t)$ kontrol değeri olmak üzere PID denetimine ilişkin $u(t)$ değeri :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Geliştirilen Seri Port Kesme Hizmet Programı grafiksel arayüz üzerinden elde ettiği kontrol katsayılarını ve (2)'de verilen eşitliği kullanarak kontrol değerini hesaplamaktadır.

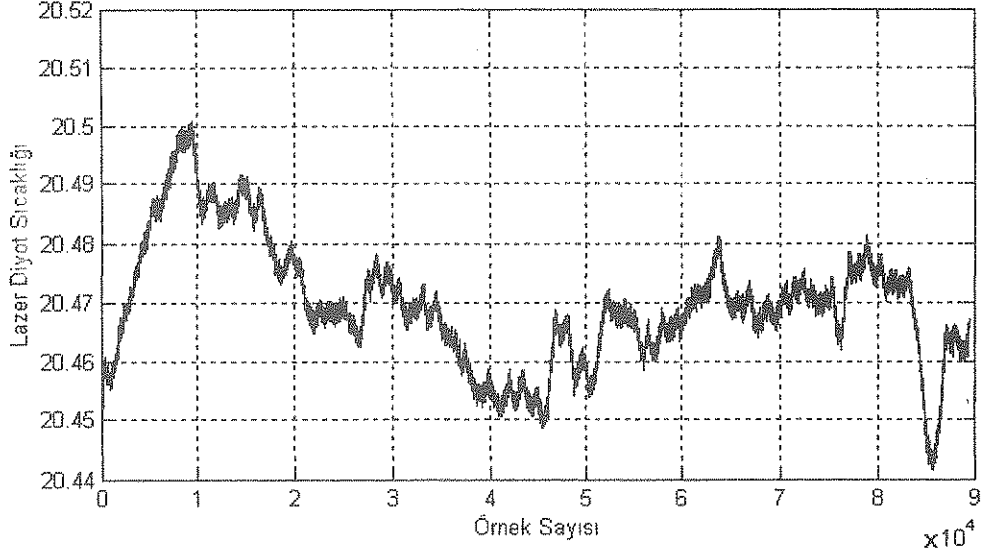
3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Geliştirilen Akım kaynağına ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi ısıtıcının kullanılması akım kaynağının uzun dönem kararlılığını arttırmaktadır.

Tablo 1. Akım Kaynağı sonuçları.

Akım Kaynağı	Örnek Sayısı	Tepeden Tepeye Değişim	Standart Sapma
Mevcut	10.000	3.73 μA	0.52 μA
Isıtıcı Kapalı	50.000	1.94 μA	0.24 μA
Isıtıcı Açık	400.000	1.76 μA	0.18 μA

Şekil 3. Lazer Diyod sıcaklığının zamana göre değişimi



Şekil 3'de ise lazer diyod sıcaklığının zaman göre değişimi gösterilmektedir. Ölçümlerin yapıldığı süre içerisinde oda sıcaklığı yaklaşık 2 °C değiştiği halde lazer diyod sıcaklığı tepeden tepeye 0.055 °C değişmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda iki Dış Kaviteli Lazer Diyod modülü kullanılarak geliştirilen sistemin gerçek lazer frekansı üzerindeki etkileri araştırılacaktır. Ayrıca kontrol algoritması yazılım ile gerçekleştirildiğinden geliştirilecek değişik modern kontrol algoritması yazılımları sisteme uygulanarak kontrol başarımları karşılaştırılacaktır.

4. KAYNAKLAR

- [1] R. Gamidov, A. Ch. Izmailov, M. Cetintas, "On the Influence of Laser Beams Diameters on Sub-Doppler Resonance of the Saturated Absorption", Laser Physics, Vol. 9, No:3, pp. 672 – 679
- [2] R. Gamidov, I. Taşkın, M. Çetintaş, V. Sautenkov, "Unmodulated external-cavity diode laser stabilised on caesium D2 line", IEE Proc. Sci. Meas. Technol., Vol. 143, No 4, July 1996
- [3] Matlab User Manual, The Mathworks Inc.
- [4] ADuC 834 Data sheet