



LED'in ısı empedansını ölçmede yeni bir yöntem

Erdem Özü Türk*

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Görükle, 16059, Bursa, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- LED'in ısı empedansının ölçümü
- Yeni ölçme yöntemi
- Örnek ölçümler ve hata oranları

Makale Bilgileri

Geliş: 21.09.2015
Kabul: 06.09.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.278453

Anahtar Kelimeler:

Işık yayan diyot,
ısı empedans,
darbeli yüksek akım

ÖZET

Özel bir ölçme devresi üzerinde ölçülmüş bazı gerilimleri ve bir formülü kullanarak LED'in ısı empedansı değerini belirlemek mümkündür. Formül LED'in darbeli yüksek akım çalışmasında elde edilmiştir. Ölçme devresi, LED'i uygun darbe süresi/periyo oranında darbeli yüksek akımla sürebilen bir kararsız ikili ve LED'in ışık şiddetini orantılı bir gerilime dönüştüren bir foto detektör devresinden meydana gelmektedir. Formülde, ısı empedansı hesaplamak üzere üç ölçülmüş gerilim kullanılmaktadır. Onlardan biri, LED'in ışık şiddetiyle orantılı olan foto detektör gerilimi, ikincisi, LED'e seri bir direnç üzerinde düşen ve LED akımıyla orantılı olan gerilimdir. Üçüncü ölçülmüş gerilim ise LED üzerindeki gerilimdir. Hesaplanan ısı empedanstaki hata oranı darbeli yüksek akımda düşmektedir. Bu yeni yöntemde sadece gerilim ölçümü yapılmaktadır. Mevcut yöntemlerde yapılan sıcaklık ve optik ölçümlerine gerek duyulmamaktadır.

A novel method to measure thermal impedance of LED

H I G H L I G H T S

- Measuring thermal impedance of LED
- Novel measuring method
- Sample measurements and error ratios

Article Info

Received: 21.09.2015
Accepted: 06.09.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.278453

Keywords:

Light emitting diode,
thermal impedance,
pulsed high current

ABSTRACT

It is possible to determine thermal impedance value of a LED using a formula and some voltages measured on a specific measuring circuit. The formula has been obtained in pulsed high current operation of LED. Measuring circuits consist of an astable multivibrator which can drive a LED with pulsed high currents with appropriate pulse duration/period ratio and a photo detector circuit which converts LED's radiant power to proportional voltage. Three measured voltages have been used in formula to calculate thermal impedance. One of them is photo detector voltage which is proportional to LED's radiant power and the second one is a voltage drop on a resistor which is serial to LED and which is proportional to LED's current. Third measured voltage is voltage drop on the LED. The error ratio of calculated thermal impedance has been decreased in pulsed high currents. In this new method only voltages have been measured. There is no need thermal and optical measurements as available methods.

* Sorumlu Yazar/Corresponding author: ozuturk@uludag.edu.tr / Tel: +90 536 515 9798

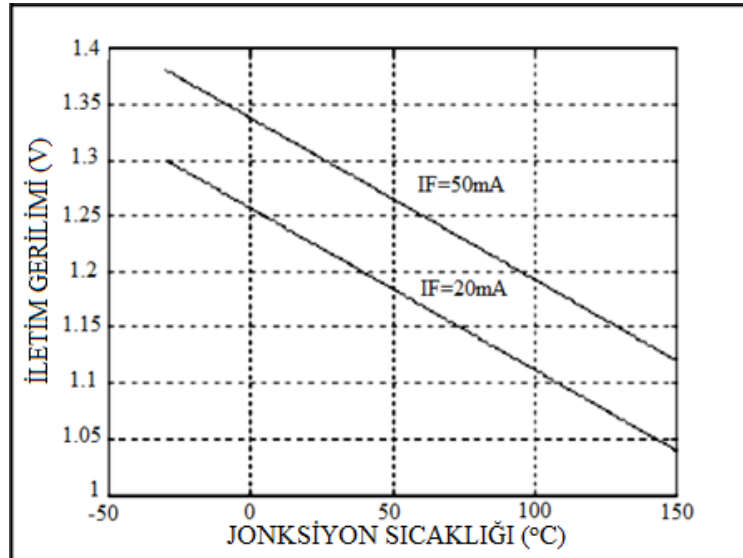
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

LED'in toplam ısıl empedansı $Z(t)=(T_j(t)-T_a)/P_d(t)$ olarak tanımlanmaktadır. Burada $T_j(t)$ LED'in jonksiyon sıcaklığı, T_a ortam sıcaklığı, $P_d(t)$ ise açığa çıkan ısıl güçtür. LED'e uygulanan elektriksel güç $P_e(t)$ ve LED'den yayılan optik güç (LED'in ışık şiddeti) $P_o(t)$ ise, LED'de harcanan ısıl güç $P_d(t)=P_e(t)-P_o(t)$ olmaktadır. LED'e uygulanan elektriksel güç, LED'in içinden akan akım ve bu akım akarken LED üzerinde oluşan gerilim düşümünün çarpımıdır. LED'de ısıya dönüşen güç bulunurken ayrı ayrı ölçülen elektriksel ve optik güçlerin farkı alınmaktadır. Isıl empedansı tanım eşitliğine göre ölçmek için yukarıdaki eşitlikte yer alan jonksiyon sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ışık şiddeti, LED gerilimi ve LED akımının ölçülmesi gerekmektedir. Mevcut ısıl empedans ve ısıl direnç ölçme yöntemlerinde, jonksiyon sıcaklığının ölçülmesi için, doğrusal şekilde değişen LED'in iletim yönündeki gerilim düşümünün jonksiyon sıcaklığıyla değişiminden yararlanılmaktadır (Şekil 1). Bunun için LED gerilimi ölçülmekte ve LED'in iletim yönündeki gerilim düşümünün jonksiyon sıcaklığıyla değişiminden yararlanarak jonksiyon sıcaklığı dolaylı olarak belirlenmektedir. Jonksiyon sıcaklığının ölçülmesinde diğer bir yöntem, yine doğrusal bir değişim olan, LED'in spektral karakteristiğinin jonksiyon sıcaklığıyla olan ötelenme karakteristiğinden yararlanılan yöntemdir. Bu yöntemde spektrometre ile LED'in spektral karakteristiğinin, örneğin tepe dalga boyunun ötelenme miktarı ölçülmekte ve belirtilen karakteristikten yararlanarak jonksiyon sıcaklığı belirlenmektedir [1-4]. Tanım eşitliğinde yer alan diğer büyüklüklerin ise, fiziksel büyüklüğün cinsine bağlı olarak sıcaklık, optik veya elektriksel ölçme yöntemleriyle ölçülmesi gerekmektedir. LED'in ısıl direncinin ölçülmesi ile ilgili çok sayıda çalışma ve patent olmakla birlikte, LED'in ısıl empedansının ölçülmesi ile ilgili az sayıda

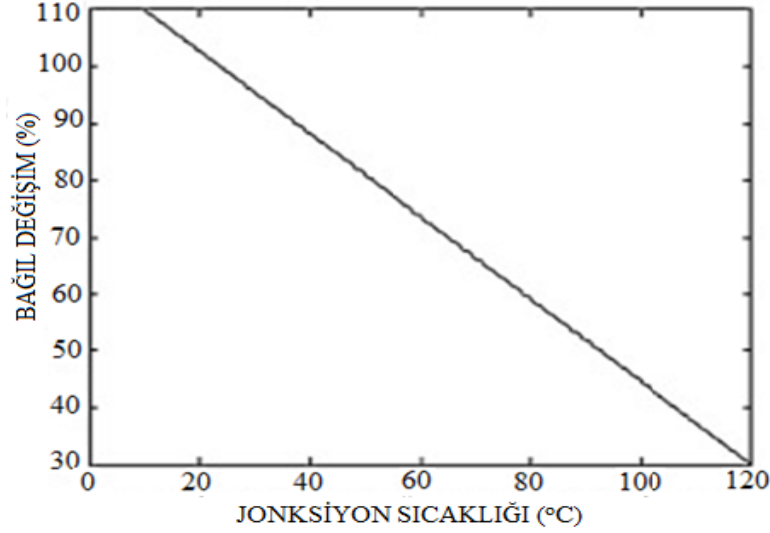
çalışmaya rastlanmıştır. Bunlardan biri, "yüksek güçlü ışık verici diyotlar ve LED guruplarının ısıl empedansını ölçmek için cihaz" isimli makaledir [5, 6]. Bu cihazda ölçmeler, test altındaki LED'in harmoniksel olarak değişen bir güçle ısıtılmasını içeren frekans yönteminden yararlanılarak gerçekleştirilmektedir ve bu makalede açıklanacak olan yöntemden çok farklıdır. Bu çalışmada ortaya konan ölçme yöntemi, özel bir ölçme devresi üzerinde ölçülen birtakım gerilimlerin bir eşitlikte kullanılarak, bu eşitlik aracılığıyla ısıl empedansın hesaplanmasına dayanmaktadır. Burada öncelikle söz konusu ısıl empedansın hesaplandığı eşitliği açıklamak gerekmektedir. Bu eşitlik aşağıdaki şekildedir [7].

$$P_n(t, I_n, V_n)=k_{pn}I_n(1-K(t)aV_nI_n) \quad (1)$$

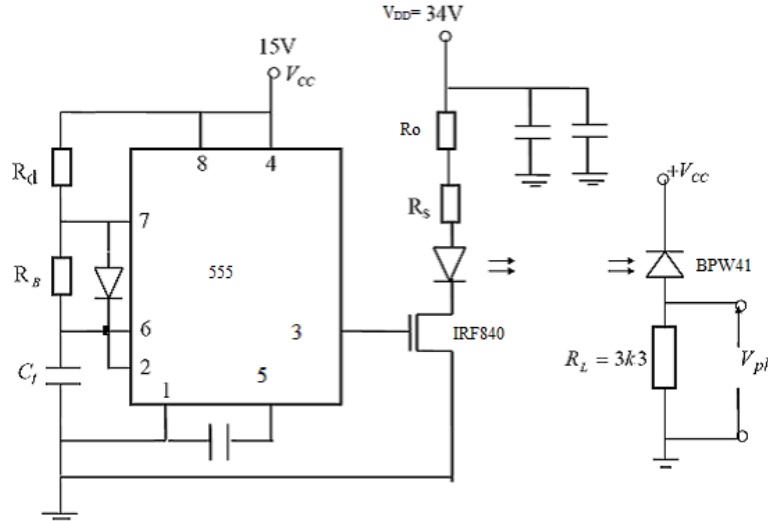
Eş. 1 LED'in darbeleri yüksek akımda çalıştırılmasıyla elde edilmiştir. Eş. 1'de, t foto detektör geriliminin ve akım darbesinin darbe süresidir (foto detektör gerilimi osiloskop aracılığıyla LED'in akım darbesinin başlangıcından t süresi kadar sonra ölçülmektedir). I_n , LED'in akım darbesinin genliğidir. P_n , R_L foto detektör direnci uçlarından ölçülen foto detektör gerilimidir. V_n , LED üzerindeki gerilim düşümüdür. Bunlar da devre üzerinde osiloskoplara ölçülmektedir. k_{pn} akım ile foto detektör gerilimi arasındaki elektro-optik dönüştürücüdür ve ısıl etkinin ihmal edilebildiği düşük akımlarda hesaplanmaktadır. Isıl etkinin ihmal edilebildiği düşük akımlarda LED'in ışık şiddetiyle LED akımı neredeyse doğrusal olarak değişmektedir. $K(t)$, LED'in ısıl empedansı ile k' nin çarpımıdır ($k.Z(t)$) ve bazı ölçülen uygun değerlerden yararlanarak hesaplanabilir ve ilgili ölçmenin nasıl yapıldığı yöntem bölümünde açıklanmaktadır [7]. Isıl empedans daha önce belirtildiği gibi $Z(t)=(T_j(t)-T_a)/P_d(t)$ 'dir. k bir sabittir ve LED'in jonksiyon sıcaklığı-ışık şiddeti karakteristiği (Şekil 2) tarafından belirlenir. Bazen $k=0,7/^\circ\text{C}$ şeklinde belirtilir.



Şekil 1. LED'in iletim yönündeki gerilim düşümünün jonksiyon sıcaklığıyla değişimi (Philips Semiconductors Data Book, Part 8, September 1983) (The variation of LED's forward voltage with junction temperature)



Şekil 2. LED'in ışık şiddetinin jonksiyon sıcaklığına göre bağlı değişimi (Philips Semiconductors Data Book, Part 8, September 1983) (The relative variation of LED's radiant power with junction temperature)



Şekil 3. Ölçme devresi (Measuring circuit)

$k_{pn}I_n k = \Delta P / \Delta T_j$ şeklinde bir çarpan tanımlanabilir. Burada ΔP , jonksiyon sıcaklığının $\Delta T_j = (T_j(t) - T_a)$ kadar artması sonucu meydana gelen foto detektör gerilimindeki azalmadır. $k_{pn}I_n$ ise jonksiyon ΔT_j kadar ısınmadan önceki foto detektör gerilimidir. Jonksiyona uygulanan elektriksel güç $V_n I_n$ 'dir. Genel amaçlı kullanılan LED'lerin toplam optik verimi %1 ile %5 arasındadır [8] ve LED'e uygulanan elektriksel gücün geri kalanı ısı güce dönüşür. $a V_n I_n$ ısı güce eşittir ($P_d(t)$) ve a bir sabittir ($a = (0,975 \pm 0,025)$). Böylece $k_{pn}I_n K(t) a V_n I_n = \Delta P$ olmaktadır. Eğer ölçülen ışık şiddetine $P_o(t)$ denirse, ışık şiddeti $P_o(t) = b P_n(t)$ olacaktır, elektro-optik dönüştürücü de $k_p = b k_{pn}$ olur ($k_{pn} = P_n(t) / I_n$ ve $k_p = P_o(t) / I_n$). Burada b , fotodetektör gerilimiyle ışık şiddeti arasındaki çarpandır. Bu durumda aşağıdaki Eş. 2 yazılabilir.

$$b P_n(t) = b k_{pn} I_n (1 - K(t) (V_n I_n - b P_n(t))) \quad (2)$$

$a = (0,975 \pm 0,025)$ sabiti kullanılarak Eş. 3-Eş. 5 elde edilir.

$$b P_n(t) = b k_{pn} I_n (1 - K(t) (a V_n I_n)) = b k_{pn} I_n - b k_{pn} I_n K(t) a V_n I_n \quad (3)$$

$$K(t) = \{b (k_{pn} I_n - P_n(t))\} / \{b k_{pn} I_n a V_n I_n\} \quad (4)$$

$$K(t) = \{k_{pn} I_n - P_n(t)\} / \{k_{pn} I_n a V_n I_n\} \quad (5)$$

2. DENEYSEL VE TEORİK METOT (EXPERIMENTAL AND TEORICAL METHOD)

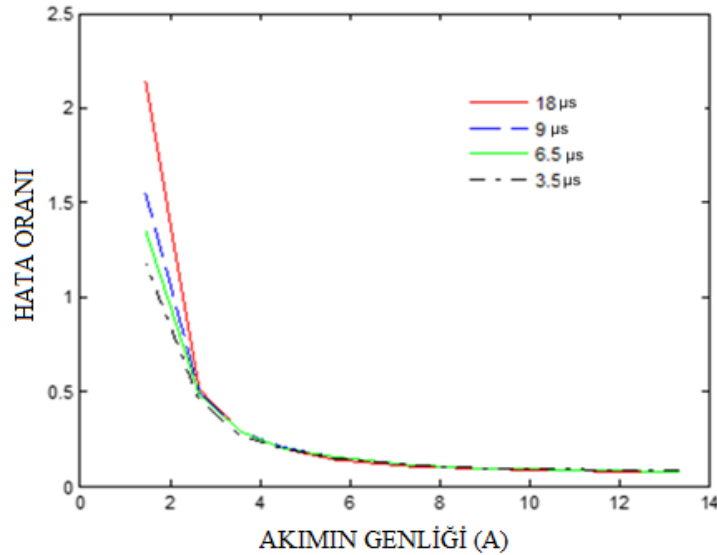
Isıl empedansın hesaplanmasında kullanılan büyüklüklerin ölçüldüğü ölçme devresi Şekil 3'te gösterilmiştir. Ölçme devresinde LED ve fotodiyot aynı doğrultuda yerleştirilmiştir. Fotodiyotla oluşturulmuş foto detektör devresi fotoiletken modunda çalışmaktadır. LED ve fotodiyot spektral uyumludur. 555 zamanlama

tümdevresiyle oluşturulmuş bir darbe osilatörü aracılığıyla LED den yüksek akım darbeleri akıtılmaktadır. Akım darbelerinin darbe süresi kısa ve boşluk süresi çok uzundur. Bu şekilde LED tahrip olmadan LED den çok yüksek genlikli akım darbeleri akıtılmaktadır. R_S akım sınırlayıcı direnç, R_O ölçü direncidir. Akım darbelerinin görev süresi / periyot oranı o kadar küçüktür ki akım darbelerini tekrarlanmayan tek darbe gibi düşünmek mümkündür. Akım darbelerinin genliği ve darbe süresi değiştirilebilmektedir. LED'in ışık şiddetini ölçmek için fotoiletken modunda çalışan basit bir foto detektör kullanılmıştır. Foto detektör devresinde fotodiyoda seri olan direnç (R_L) üzerinde ölçülen gerilim ($V_{ph}=P_n$) LED'in ışık şiddetiyle orantılıdır. LED ile fotodiyot arasındaki mesafe LED'in ışık şiddeti ile foto detektör geriliminin doğru orantılı olmasını sağlayacak şekilde büyüktür. Ölçme devresi aracılığıyla LED'den darbeli yüksek akımlar akıtılmaktadır. Bu ölçme devresiyle LED akımı, LED gerilimi ve LED'in ışık şiddeti ile orantılı foto detektör geriliminin düşük bir hatayla ölçülebileceği gösterilebilir [9-11]. LED, darbeli yüksek akımlarda akımın genliği arttıkça daha çok ısınmakta ve jonksiyon sıcaklığının artması ışık şiddetini azaltacak etki yaptığından, akım darbesinin genliği arttıkça ışık şiddetinin artış hızı azalmaktadır. Akım darbesinin darbe süresi arttıkça da aynı durum, yani ışık şiddetinin azalması söz konusudur [9]. Osiloskopla yapılan basit ölçmelere dayanması yöntemin en önemli özelliğini oluşturmaktadır.

Ölçme devresi aracılığıyla LED'in ısı empedansının değerinin belirlenmesinde izlenecek işlem adımları aşağıdaki gibidir:

a. Osilatör devresinin üreteceği darbeli işaretin darbe

- süresinin, ısı empedansın hesaplanacağı darbe süresi kadar, boşluk süresinin ise LED'in tamamen soğuyacağı kadar uzun seçilmesi,
- b. LED ile fotodiyot arasındaki uzaklığın, fotodiyodun doymaya girmediği uzaklıkta, doğrusal çalışma bölgesinde kalınacak şekilde ayarlanması,
- c. Akım darbesinin genliği arttıkça ısı empedansın ölçme hatası azaldığından akım sınırlayıcı direncin değerinin, LED'den yüksek genlikte akım akacak şekilde seçilmesi,
- d. Bir osiloskop probunun iki ucunun ölçü direnci uçlarına bağlanarak, ölçü direnci üzerindeki gerilim düşümünün ölçülmesi,
- e. Ölçü direnci üzerindeki gerilimin, ölçü direnci değerine bölünerek LED akımının (I_n) hesaplanması,
- f. Osiloskop probunun iki ucunun LED'in uçlarına bağlanarak, LED üzerindeki gerilim düşümünün (V_n) ölçülmesi,
- g. Osiloskop probunun iki ucu foto detektör direnci uçlarına bağlanarak, foto detektör direnci üzerindeki, LED'in ışık şiddeti ile orantılı gerilim düşümünün ölçülmesi (P_n),
- h. Akım sınırlayıcı direncin değerinin, LED'den ısı etkinin ihmal edilebileceği küçük değerlerde bir akım akacak kadar büyütülmesi,
- i. Ölçü direnci üzerindeki gerilim düşümünün ölçülmesi,
- j. Ölçü direnci üzerindeki gerilimin, ölçü direnci değerine bölünerek LED akımının (I_n) hesaplanması,
- k. Fotodetektör direnci üzerindeki, LED'in ışık şiddetine karşılık gelen gerilim düşümünün (P_n) ölçülmesi,
- l. j adımında hesaplanan LED akımını ve bu akıma karşılık k adımında ölçülen foto detektör gerilim değerini (P_n) kullanarak, akım ile foto detektör gerilimi arasındaki elektro-optik dönüştürücü değerinin ($k_{pn}=P_n/I_n$) hesaplanması,



Şekil 4. SLR 932 A (Sanyo) LED'i için ($\Delta K(t)/K(t)$) hata oranının akım darbesinin genliği ve süresine göre değişimi Eğrilerin darbe süreleri sırasıyla 3,5μs, 6,5μs, 9μs, 18μs değerindedir

(The variation of ($\Delta K(t)/K(t)$) error rate with current pulse amplitude and current pulse duration for SLR 932 A (Sanyo) LED Each curves pulse duration is 3.5μs, 6.5μs, 9μs, 18μs respectively)

- m. LED'in katalog bilgilerinden yararlanarak, LED'in jonksiyon sıcaklığı-ışık şiddeti karakteristiği tarafından belirlenen k sabiti ve LED'in enerji dönüşüm verimi ile ilgili a sabitinin belirlenmesi,
- n. e, f, g ve l işlem adımlarında ölçülen veya hesaplanan değerler ve m. adımda belirlenen değerler kullanılarak ve $K(t)=(k.Z(t))$ ile Eş. 5'den yararlanarak ısı empedans hesaplanması.

Yukarıdaki ölçmelerin yapılması esnasında ortam sıcaklığının sabit tutulması gerekmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

$K(t)$ 'deki hata oranı hesaplanabilir [7]. $K(t)$ 'deki hata oranının akım darbesinin genliği ve akım darbesinin darbe süresine göre değişimini elde edebilmek için Tablo 1'deki ölçme değerleri kullanılabilir. Bu ölçme değerleri SLR 932 A (Sanyo) kimlikli kızılötesi ışık veren LED içindir. Bu tabloda $I_n, R_o=(0,984\pm 0,002)$ ohm değerindeki nominal değeri 1 ohm olan ölçü direnci üzerindeki gerilim düşümüdür. Akım darbesinin genliği ($I_n/0,984$) A olarak hesaplanır. V_n , LED üzerindeki gerilim düşümüdür. P_n , dört farklı darbe süresi için (18 μ s, 9 μ s, 6,5 μ s, 3,5 μ s) ölçülmüş olan foto detektör gerilimidir. $k_{pn}=P_n/I_n$ ' elektro-optik dönüştürücünün değerinin hesaplanması için $P_n'=(0,218\pm 0,006)V$ fotodetektör gerilimi ve $I_n'=(0,675\pm 0,006)V/((0,984\pm 0,002)\Omega)$ ısı etkinin ihmal edilebildiği küçük akım değeri kullanılmaktadır ($k_{pn}=0,3178$). Tablo 1'deki ölçülmüş değerler kullanılarak elde edilen (ölçülmüş her bir değerdeki hata miktarı bellidir), akım darbesinin genliği ve süresine göre ($\Delta K(t)/K(t)$) hata oranının değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 4'te hata oranının yüksek akım genliklerinde azaldığı görülmektedir. Örneğin 13,31 A akım genliğinde hata oranı %7,44'e düşmektedir (burada darbe süresi 18 μ s'dir) [7]. Darbe süresi azaldıkça hata oranı bir miktar artmaktadır. Örneğin aynı akım darbesi genliği (13,31 A) için, darbe süresi 3,5 μ s'ye düşünce hata oranı %8,14'e çıkmaktadır. $K(t) = k.Z(t)$ olduğundan ısı empedansın hesaplanabilmesi için $K(t)$, k 'ya bölünmelidir.

Tablo 1. SLR 932 A (Sanyo) için ölçülen değerler
(Measured values for SLR 932 A (Sanyo))

N	I_n (V)	V_n (V)	$P_n(V)$ (18 μ s)	$P_n(V)$ (9 μ s)	$P_n(V)$ (6,5 μ s)	$P_n(V)$ (3,5 μ s)
1	13,1	8,35	1,39	1,65	1,74	1,82
2	11,95	7,96	1,38	1,60	1,69	1,75
3	10,9	7,5	1,36	1,54	1,61	1,66
4	10,15	7,29	1,34	1,515	1,56	1,595
5	9,30	6,97	1,315	1,445	1,47	1,50
6	7,30	6,1	1,21	1,29	1,305	1,305
7	5,585	5,2	1,08	1,12	1,12	1,10
8	4,47	4,57	0,973	0,980	0,977	0,966
9	3,55	3,915	0,840	0,840	0,840	0,819
10	2,615	3,215	0,686	0,683	0,677	0,670
11	1,455	2,29	0,435	0,423	0,417	0,410

Aynı devre fakat farklı bir LED için (LD271 (Siemens)) yapılmış ölçmeler sonucu elde edilmiş değerler Tablo 2'de verilmiştir. Bu LED için $K(t)$ 'deki yüzde olarak bağıl hatanın hesaplanmasında gerekli $k_{pn}=P_n/I_n$ ' elektro-optik dönüştürücünün değerinin hesaplanması için $P_n'=(0,203\pm 0,006)V$ fotodetektör gerilimi ve $I_n'=(0,680\pm 0,006)V/((0,984\pm 0,002)\Omega)$ ısı etkinin ihmal edilebildiği küçük akım değeri kullanılmaktadır ($k_{pn}=0,261$). Tablo 2'deki değerler kullanılarak $K(t)$ 'deki yüzde olarak bağıl hatanın değişimi Şekil 5'de gösterilmektedir.

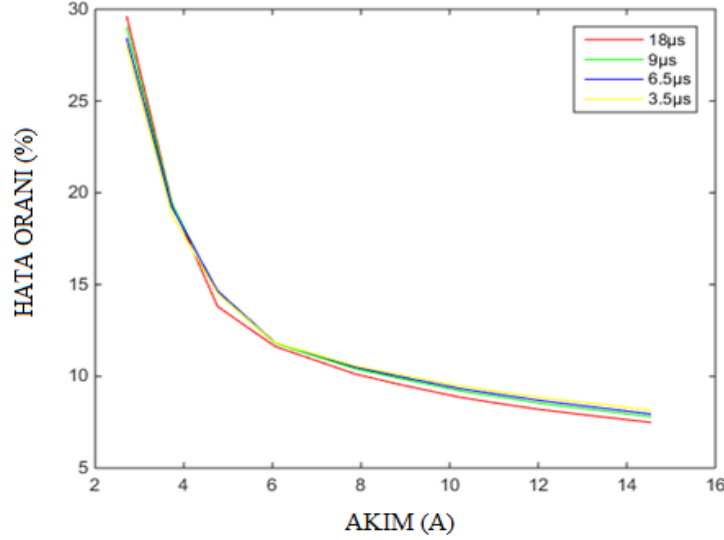
Tablo 2. LD271 (Siemens) için ölçüm değerleri
(Measured values for (LD271 (Siemens)))

N	I_n (V)	V_n (V)	$P_n(V)$ (18 μ s)	$P_n(V)$ (9 μ s)	$P_n(V)$ (6,5 μ s)	$P_n(V)$ (3,5 μ s)
1	14,3	6,06	0,846	1,115	1,225	1,375
2	13,05	5,73	0,846	1,10	1,2	1,32
3	11,85	5,48	0,846	1,075	1,165	1,26
4	10,95	5,26	0,846	1,065	1,135	1,215
5	10,05	5,06	0,846	1,035	1,095	1,16
6	8,695	4,67	0,846	0,997	1,035	1,075
7	7,765	4,47	0,846	0,960	0,990	1,01
8	5,965	3,85	0,817	0,866	0,880	0,877
9	4,685	3,38	0,740	0,766	0,770	0,766
10	3,67	3,10	0,677	0,676	0,673	0,666
11	2,67	2,57	0,551	0,547	0,543	0,540

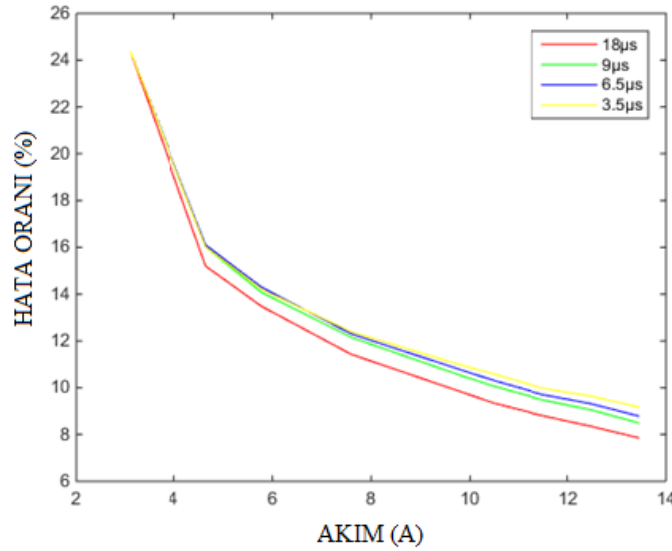
Üçüncü bir LED (TNI 53 F (SUN)) için $K(t)$ 'deki yüzde olarak bağıl hatanın hesaplanmasında gerekli $k_{pn}=P_n/I_n$ ' elektro-optik dönüştürücünün değerinin hesaplanması için $P_n'=(0,107\pm 0,006)V$ fotodetektör gerilimi ve $I_n'=(0,269\pm 0,006)V/((0,955\pm 0,002)\Omega)$ ısı etkinin ihmal edilebildiği küçük akım değeri kullanılmaktadır ($k_{pn}=0,379$). Tablo 3'deki değerler kullanılarak $K(t)$ 'deki yüzde olarak bağıl hatanın değişimi Şekil 6'da gösterilmektedir.

Tablo 3. (TNI 53 F (SUN)) için ölçüm değerleri
(Measured values for (TNI 53 F (SUN)))

N	I_n (V)	V_n (V)	$P_n(V)$ (18 μ s)	$P_n(V)$ (9 μ s)	$P_n(V)$ (6,5 μ s)	$P_n(V)$ (3,5 μ s)
1	12,84	9,00	1,10	1,375	1,490	1,630
2	11,90	8,10	1,11	1,380	1,470	1,575
3	10,96	7,65	1,11	1,340	1,410	1,490
4	10,03	7,25	1,11	1,325	1,390	1,460
5	9,42	6,60	1,09	1,280	1,340	1,390
6	7,25	5,70	1,025	1,160	1,185	1,200
7	5,52	4,90	0,946	1,020	1,045	1,035
8	4,44	4,25	0,853	0,900	0,903	0,900
9	2,96	3,35	0,706	0,706	0,706	0,706
10	1,29	2,10	0,406	0,400	0,396	0,400
11	0,55	1,30	0,203	0,203	0,203	0,203
12	0,27	1,30	0,107	0,107	0,107	0,107
13	0,039	0,70	0,019	0,019	0,019	0,019



Şekil 5. LD271 (Siemens) LED’i için $(\Delta K(t)/K(t))$ hata oranının akım darbesinin genliği ve süresine göre değişimi
Eğrilerin darbe süreleri sırasıyla 3,5µs, 6,5µs, 9µs, 18µs değerindedir
(The variation of $(\Delta K(t)/K(t))$ error rate with current pulse amplitude and current pulse duration for LD271 (Siemens) LED
Each curves pulse duration is 3.5µs, 6.5µs, 9µs, 18µs respectively)



Şekil 6. (TNI 53 F (SUN)) LED’i için $(\Delta K(t)/K(t))$ hata oranının akım darbesinin genliği ve süresine göre değişimi
Eğrilerin darbe süreleri sırasıyla 3,5µs, 6,5µs, 9µs, 18µs değerindedir
(The variation of $(\Delta K(t)/K(t))$ error rate with current pulse amplitude and current pulse duration for (TNI 53 F (SUN)) LED
Each curves pulse duration is 3.5µs, 6.5µs, 9µs, 18µs respectively)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yukarıda yapılan açıklamalara göre ısı empedansın ısı ölçmeler yapmaksızın sadece gerilimler ölçülerek hesaplanabileceği görülmektedir. Aynı zamanda devrede LED ve fotodiyot kullanılmasına rağmen optik ölçme yapılması da gerekmemektedir. LED’in ışık şiddeti yerine foto detektör gerilimi kullanılmaktadır. Bu ölçme yönteminin sağladığı diğer bir fayda ise çok kısa süreler için (mikro saniyeler mertebesinde) ısı empedansın değerini verebilmesidir. Ölçme devresinde, LED ile

fotodiyot bir doğrultu boyunca birbirlerini görecekle yerleştirilmişlerdir. Aralarındaki mesafenin fotodiyodun doymaya girmeyeceği kadar uzak olması gerekmektedir. LED ile fotodiyodun ölçme boyunca konumlarının sabit olması gerekir. Isıl empedans eşitliğinde, LED ile fotodiyot arasındaki uzaklık ve LED’in fotodiyot eksenine yaptığı açı (LED’in değişik doğrultularda verdiği ışık şiddeti değişik olmaktadır) yer almamaktadır. Bunlar Eş. 4’de b katsayısının değerine etki eden etkenlerdir. Eş. 5’de b yok olduğu için söz konusu etkenler önemli olmamaktadır. Ayrıca ölçme süresi boyunca ortam sıcaklığının sabit

olması gerekmektedir. Günümüzde kullanılan güç LED'lerinin yüksek enerji dönüşüm verimleri (optik verimleri) bulunmaktadır. Jonksiyonun ısınmasından dolayı LED'in optik verimi azalmaktadır. Bu nedenle Eş. 1 ve Eş. 5'teki a 'nın uygun değeri, ısıl etkinin ihmal edilebildiği düşük akım değerleri için verilmiş olanıdır. Geleneksel yöntem olan tanım eşitliğine göre ısıl empedansın ölçülmesinde ortaya çıkacak hata, ölçme yöntemi ile elektriksel ve optik ölçü aletlerinin duyarlılık ve hassasiyetlerine ve bunlarla ölçülen değerlerin tanım eşitliğinde kullanılmasıyla ortaya çıkacak toplam hataya bağlıdır. Burada verilen yeni yöntemde darbeli yüksek akımda hata azalmakta ve küçük darbe sürelerinde ölçme yapmak mümkün olmaktadır. LED'in ısıl empedansının bilinmesi çoğu uygulama için önem taşımaktadır. Örneğin LED'in darbeli yüksek akımlarda akım-gerilim [12] ve akım-ışık şiddeti [7] eşitliklerinin elde edilmesinde ve LED ile fotodiyottan oluşan bir optoelektronik sistemin model eşitliklerinin elde edilmesinde [13] LED'in ısıl empedansının bilinmesi gerekmektedir.

5. SİMGELER (SYMBOLS)

t	Zaman, darbe süresi
$Z(t)$	Isıl empedans
$T_j(t)$	LED'in jonksiyon sıcaklığı
T_a	Ortam sıcaklığı
$P_d(t)$	Açığa çıkan ısıl güç
$P_e(t)$	LED'e uygulanan elektriksel güç
$P_o(t)$	LED'den yayılan optik güç (LED'in ışık şiddeti).
I_n	LED'in akım darbesinin genliği
R_L	Foto detektör direnci
P_n	R_L fotodetektör direnci uçlarından ölçülen fotodetektör gerilimi
V_n	LED üzerindeki gerilim düşümü
k_{pn}	Akım ile foto detektör gerilimi arasındaki elektro-optik dönüştürücüdür ve ısıl etkinin ihmal edilebildiği düşük akımlarda hesaplanmaktadır.
k	Bir sabittir ve LED'in jonksiyon sıcaklığı-ışık şiddeti karakteristiği (Şekil 2) tarafından belirlenir.
$K(t)$	LED'in ısıl empedansı ile k 'nin çarpımı ($k.Z(t)$)
ΔP	Jonksiyon sıcaklığının $\Delta T_j = (T_j(t) - T_a)$ artması sonucunda meydana gelen foto detektör gerilimindeki azalma
a	Elektriksel gücün ne oranda ısıl güce dönüştüğünü belirten bir sabittir. Elektriksel gücün kalanı optik güce dönüşmektedir.
k_p	LED'in ışık şiddetinin LED akımına oranı
b	Fotodetektör gerilimiyle, ışık şiddeti arasındaki orantı katsayısı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Poppe A., Testing of Power LEDs: The Latest Thermal Testing Standards from JEDEC, Electronics Cooling Magazine, September 2013.
2. Poppe A., Lasance C.J.M., On the Standardization of Thermal Characterization of LEDs Part II: Problem Definition and Potential Solutions, THERMINIC, Rome, Italy, 2008.
3. Jayawardena A., Liu Y., Narendran N., Analysis of three different junction temperature estimation methods for AC LEDs, Solid State Electronics, 86, 11-16, 2013.
4. Chen K., Narendran N., Estimating the average junction temperature of AlGaInP LED arrays by spectral analysis, Microelectronics Reliability, 53 (5), 701-705, 2013.
5. Smirnov V.I., Sergeev V.A., Gavrikov A.A., Apparatus for measurement of thermal impedance of high-power light-emitting diodes and LED assemblies, IEEE Transactions on Electron Devices, 63 (6), 2431-2435, 2016.
6. Patent, RU2013101864A, Method of measuring thermal impedance of light emitting diodes.
7. Ozuturk E., Formulation of the LED's radiant power - current characteristic at pulsed high currents, Optik-Int. J. Light Electron Opt., 124 (18), 3549-3553, 2013.
8. Bhattacharya P., Semiconductor Optoelectronic Devices, Prentice-Hall, NJ, A.B.D., 1997.
9. Öztürk E., LED'in darbeli yüksek akımlarda bazı karakteristiklerini ölçme yöntemleri ve ölçmenin doğruluğunun belirlenmesi, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 17 (2), 105-121, 2012.
10. Öztürk E., Atmalı yüksek akımlarda kullanılan LED sürücü devrelerinin incelenmesi, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 17 (1), 63-77, 2012.
11. Öztürk E., LED'in darbeli yüksek akımda bazı davranışlarının incelenmesi, Dokuz Eylül University Engineering Faculty Journal of Engineering Science, 4 (1), 19-35, 2002.
12. Ozuturk E., Voltage-current characteristic of LED according to some optical and thermal parameters at pulsed high currents, Optik-Int. J. Light Electron Opt., 126 (21), 3215-3217, 2015.
13. Ozuturk E., Modeling an optoelectronic system which includes one LED and one photodiode, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 20 (2), 23-27, 2015.

