

KATI HAL AYDINLATMA ÜRÜNLERİ ÖMÜR ÖLÇÜMÜ VE TAHMİNİ STANDARTLARI

M. Berker YURTSEVEN

Sermin ONAYGİL

İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak,
İstanbul, Tel: 0 212 285 38 79 Faks: 0 212 285 38 84
byurtseven@itu.edu.tr onaygil@itu.edu.tr

ÖZET

Amerika Birleşik Devletlerindeki Aydınlatma Araştırma Merkezi (Lighting Research Center – LRC) bünyesinde kurulan Katı Hal Aydınlatma Sistemleri ve Teknolojileri Birliği (The Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies – ASSIST), katı hal aydınlatma ürünlerinin ömür ölçümleri ile ilgili çalışmalar yaparak öneriler geliştirmiştir. Bu önerileri esas alarak, Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu (Illuminating Engineering Society – IES) 2008 yılında çıkardığı IES LM-80-08 “LED Işık Kaynaklarının Işık Akısı Sürekliliğinin Ölçümü” standardı ve 2011 yılında yayınladığı IES TM-21-11 “Ömür Öngörü Yöntemi” standardı ile uzun dönem ışık akısı düşümü ölçüm ve tahminleri yapılması için çalışmıştır. Bu iki standart da, armatür yapısının LED ışık kaynağının performansı üzerindeki etkisini dikkate almamaktadır. Diğer yandan, armatürün optik ve elektriksel elemanlarının da ışık kaynağı performansına etkisi vardır. LED ışık kaynağı performansı sistem halinde değerlendirilmeli ve özellikle ömür hesaplamalarında bütünsel yaklaşımlar kullanılmalıdır. IES 2014 yılında sistem bazında ömür ölçümü için IES LM-84-14 “LED Lambaların, Işık Motorlarının ve Armatürlerin Işık Akısı ve Renk Sürekliliğinin Ölçümü” standardını ve ömür öngörü tahminleri için ise IES TM-28-14 “LED Lamba ve Armatürlerin Uzun Dönem Işık Akısı Sürekliliği Öngörüsü” standardını yayınlamıştır. Bu bildiri LED ışık kaynakları ve bunların kullanıldığı armatürler ile ilgili mevcut ömür ölçüm standartları açıklanacak ve örnek LED ışık kaynakları katalog ve ölçüm verileri kullanılarak karşılaştırmalar gerçekleştirilecektir.

1. GİRİŞ

LED ışık kaynakları son zamanlarda iç ve dış aydınlatma tesisatlarında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek verimleri, uzun ömürleri, otomasyon sistemlerine uygunlukları ve geniş renk seçenekleri ile konvansiyonel ışık kaynaklarına göre ön plana çıkarılmaktadır. LED’lerin performansı jonksiyon sıcaklıkları ile birebir ilişkilidir. Jonksiyon sıcaklıklarının yükselmesi, LED’lerin ışık akısı, etkinlik faktörü, verim ve renk gibi özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Armatürün elektriksel ve optik performansına bağlı olarak, içlerindeki LED ışık kaynaklarının toplam verimleri düşmektedir. Bu nedenle, LED’lerin ışık akısı, etkinlik faktörü ve ömür değerleri, armatür içinde çalışacakları jonksiyon sıcaklığında hesaplanmalıdır. Özet olarak LED ışık kaynağı performansı sistem halinde değerlendirilmeli ve özellikle ömür hesaplamalarında bütünsel yaklaşımlar kullanılmalıdır.

LED ışık kaynakları ve bunları kullanan armatürler için ömür belirleme çalışmaları 2000’li yılların başında başlamıştır. Merkezi Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Lighting Research Center (LRC) bünyesinde 2002 yılında kurulan Katı Hal Aydınlatma Sistemleri ve Teknolojileri Birliği (The Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies – ASSIST) [1] katı hal aydınlatma sistemlerinin ömürleri ile ilgili ilk öneri dokümanını 2005 yılında yayınlamıştır [2]. “Genel Aydınlatma için LED Ömrü: Ömrün Tanımı” adıyla yayınlanan bu doküman LED’ler için ışık akılarını koruma yüzdesi tanımlamalarını yapmıştır. L₈₀, L₇₀ ve L₅₀ sırasıyla ışık akısının ilk durumdaki haline göre %80’e, %70’e ve %50’ye düştüğü zamanı saat cinsinden belirtmektedir. Doküman, genel aydınlatma uygulamaları için, ilk durumdaki ışık akısının %70’ini fark edilebilir bir eşik olarak tanımlamaktadır. Renksel algılamanın önemli olduğu yerlerde ilk durumdaki ışık akısının %80’inin altına

inilmemesi tavsiye edilmektedir. Dekoratif uygulamalar gibi ışık akısının kritik olmadığı uygulamalarda ise %50 ışık akısı düşümünü kabul edilebilir olarak belirtmektedir. Dokümanda ASSIST'in önerdiği ve gerekçelerini açıkladığı bu seviyeler tanımlanmakta, bu seviyelere ininceye kadar geçen süreye yararlı ömür (useful life) denmektedir. Bu doküman, daha sonra yayınlanan LED ömür ölçüm ve tahmin standartlarının da altyapısını oluşturmuştur.

ASSIST'in önerdiği sistem Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu (Illuminating Engineering Society – IES) [3] tarafından geliştirilerek 2008 yılında IES LM-80-08 “LED Işık Kaynaklarının Işık Akısı Sürekliliğinin Ölçümü” dokümanı yayınlanmıştır [4]. LM80, tekil LED çiplerinin ömür tahminlerinin yapılabilmesi için gerekli ölçüm yöntemlerini açıklamaktadır. Yine IES tarafından 2011 yılında yayınlanan IES TM-21-11 “Ömür Öngörü Yöntemi” standardı ise LM80 verilerinden uzun dönem ışık akısı düşümü tahminleri yapılması için kullanılmaktadır [5]. Bu iki standart, armatürün LED ışık kaynağının performansı üzerindeki etkisini dikkate almamaktadır. Minimum 6000 saatlik tekil LED çip laboratuvar ölçümleri ile hesaplanan ömür süreleri, armatür ömrü için de eşit kabul edilmektedir. Oysa ki, armatürün optik ve elektriksel elemanlarının da ışık kaynağı performansına etkisi vardır. IES 2014 yılında armatür bazında ömür tahmini yapma amaçlı IES LM-84-14 “LED Lambaların, Işık Motorlarının ve Armatürlerin Işık Akısı ve Renk Sürekliliğinin Ölçümü” standardını yayınlamıştır [6]. Bu standart armatür ömür tahminleri için ölçüm yöntemlerini açıklamaktadır. LM80'in tekil LED çiplerinden LED armatürlere genişletilmiş halidir. Aynı şekilde tekil LED çiplerinden ömür öngörüsü yapmayı hedefleyen TM21 standardı da LED armatürlere genişletilerek IES TM-28-14 “LED Lamba ve Armatürlerin Uzun Dönem Işık Akısı Sürekliliği Öngörüsü” standardı

yayınlanmıştır [7]. Bu bildiride LED ışık kaynakları ve bunları kullanan armatürler ile ilgili mevcut ömür ölçüm standartları açıklanacak ve örnek LED ışık kaynakları katalog ve ölçüm verileri kullanılarak karşılaştırmalar gerçekleştirilecektir.

2. KATI HAL AYDINLATMA ÜRÜNLERİ ÖMÜR ÖLÇÜM STANDARTLARI

Bu bölümde yukarıda bahsedilen katı hal aydınlatma ürünleri için ömür ölçüm ve tahmin standartları açıklanacaktır.

2.1 ASSIST – LED Life for General Lighting: Measurement Method for LED Components (Genel Aydınlatma için LED Ömrü: LED Bileşenleri için Ölçüm Yöntemi)

ASSIST tarafından 2005 yılında yayınlanan bu doküman, genel aydınlatma sistemlerinde kullanılan LED çipleri kapsar [8]. LED'lerin kullanışlı ömürlerinin ölçülmesi için test yöntemlerini içerir. Doküman başlığında geçen LED bileşen, tekil bir LED ışık kaynağı olarak tanımlanmıştır. ASSIST, LED çiplerin ölçüm için toplam 6000 saat, üreticinin belirttiği nominal sürme akımında sürülmesini önerir. İlk 1000 saatlik ölçümü ömür hesaplarına katmaz. 6000 saatlik ölçümün son 5000 saati kullanılmalıdır. LED'lerin ısı olarak da değerlendirilebilmesi için mümkünse lehim noktasına bir sıcaklık ölçüm cihazı bağlanarak sıcaklık ayarı yapılmasını önerir. ASSIST, yüksek güçlü LED çipleri için (100 mA üzerinde sürme akımına sahip) lehim noktası sıcaklıklarını 45°C, 65°C ve 85°C olarak belirtir. Düşük güçlü LED çipleri için (100 mA altında sürme akımına sahip) ise lehim noktasının sıcaklık değerleri 35°C, 45°C ve 55°C'ye ayarlanmalıdır. 1000 saat ve 6000 saat arasında farklı sıcaklıklarda çalıştırılan LED'ler izlenmeli ve 6000 saat sonundaki performansları raporlanmalıdır. İlk 1000 saatlik ölçüm sonunda elde edilen ışık akısı değerleri %100'e normalize edilmeli ve ışık akısı düşümü buna göre

hesaplanmalıdır. Eğer ölçülen LED'lerin ışık akısı, 6000 saat sonunda ilk durumdakinin %70'i veya %50'sine ulaşmadıysa, bu değerlere ulaşmak için geçecek zaman ekstrapolasyon yöntemi ile hesaplanabilir. Tam olarak belirli ölçüm ve hesap yöntemleri önermese de ASSIST önerileri LED ömür ölçümleri için bir altyapı oluşturması açısından önemlidir.

2.2 ASSIST – LED Life for General Lighting: Measurement Method for LED Systems (Genel Aydınlatma için LED Ömrü: LED Sistemleri için Ölçüm Yöntemi)

ASSIST LED ışık kaynağı kullanan sistemler dolayısıyla armatürler için de bir ölçüm yöntemi önermiştir. LED çiplerinde olduğu gibi ilk 1000 saati ömür hesaplarına katılmamak üzere 6000 saatlik bir ölçüm süresi tanımlanmıştır. Bu ölçümler 25°C ortam sıcaklığında yapılmalı ve 1000-6000 saat arasında LED sistemi izlenmelidir. İlk 1000 saat sonundaki ışık akısı değeri %100'e normalize edilerek, 6000 saat sonundaki ışık akısı düşümü hesaplanır. Bu değer, LED çiplerinde olduğu gibi ilk durumdaki ışık akısının %70 veya %50'sinden fazla ise, ekstrapolasyon ile hesaplama yapılabilir. Yüksek sıcaklığa sahip ortamlarda çalışacak LED sistemlerin ömür testleri, çalışacakları sıcaklıklar göz önüne alınarak farklı ortam sıcaklıklarında yapılabilir.

2.3 IES LM-80-08 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources (LED Işık Kaynaklarının Işık Akısı Sürekliliğinin Ölçümü)

IES tarafından 2008 yılında yayınlanan IES LM-80-08, inorganik LED bazlı çiplerin, dizilerin ve modüllerin ilk durumdaki ışık akısı sürekliliğinin ölçümü için bir yöntem tanımlar. LED ışık kaynaklı armatürler için bir yöntem sunulmamaktadır. Dokümanda, kontrollü laboratuvar ortamlarında tekrar edilebilir ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için geçerli bir ömür ölçüm yöntemi

açıklanmaktadır. Genel olarak LED çip üreticileri tarafından sağlanan LM80 verileri, sadece laboratuvar ortamında ölçülen ışık akısı düşümünü verir. Mutlak ölçülen çalışma saati dışındaki ışık akısı düşümü tahmini için bir yöntem önermez ve kaynakların ışık akılarının zamanla azalması dışında bozularak devre dışı kalmaları da dikkate alınmaz.

LED ışık kaynaklarının 55°C, 85°C ve üreticinin belirleyeceği bir LED çip kasa sıcaklığında, eşit sürüş akımlarıyla test edilmesi gerekmektedir. LED çip kasa sıcaklığı mümkünse jonksiyon noktasına yakın bir yerden hassas bir sıcaklık ölçüm elemanı ile ölçülmelidir. Sürüş akımı ve LED çip kasa sıcaklığı seçimi yapılırken, gerçek uygulamalarda kullanılacak değerlere yakın değerler seçilmelidir. Ömür ölçümü süresince kasa sıcaklığı $\pm 2^\circ\text{C}$ 'den fazla değişmemeli, ortam sıcaklığı ise kasa sıcaklığının en fazla 5°C altında veya üzerinde tutulmalıdır. Test süresince bağıl nem %65'in altında olmalıdır.

Belirli çalışma sürelerinin sonunda alınacak olan fotometrik ölçümler, test için kullanılan sürüş akımında gerçekleştirilmelidir. Işık akısı düşümünün yanında, renk değişimlerinin de izlenmesi açısından ölçümlerin bir spektrometre yardımı ile yapılması tavsiye edilmektedir. Ömür deneylerinde ısınan LED ışık kaynaklarının fotometrik ölçümlerine başlanmadan önce $25^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$ oda sıcaklığına kadar soğumasının beklenmesi gerekmektedir.

Ölçümler minimum 6000 saat, ideal olarak 10000 saat, en fazla 1000 saatlik aralıklarla veriler alınarak yapılmak zorundadır. Ölçüm sonucunda farklı sıcaklıklarda uzun süre çalıştırılan LED'lerin ışık akısı azalma miktarlarının ve renk kaymalarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. En fazla 1000 saat aralıklarla minimum 6000 saat sonunda elde edilen en az 6 veri ile LED'lerin ışık akılarının %70'ine inene kadar geçecek sürenin tahmini ise, IES TM-21-11 "Life Estimation Test Method – Ömür

Öngörü Yöntemi” dokümanı ile gerçekleştirilmektedir.

LM80 verilerinin, LED çip üreticileri tarafından yayınlanarak armatür üretici ve tasarımcılarına yol göstermesi hedeflenmiştir. LED çipleri farklı akımlarda sürülebildiği için üreticiler sadece belirli sürme akımı değerlerinde, belirli kasa sıcaklığı için değerler sağlayabilmektedir. Armatür üreticileri ve tasarımcıları kendi tasarım sonuçlarına yakın LM80 verilerini eşleştirip ömür performansı tahmini yapabilirler.

Not: 9 Ocak 2014’te IES ölçüm için gerekli kasa sıcaklığı şartını üçten ikiye indirmiştir. Bu sıcaklıklardan en az birisi 55°C veya 85°C olmalıdır.

2.4 IES TM-21-11 Life Estimation Test Method (Ömür Öngörü Test Yöntemi)

TM-21-11 Ömür Öngörü Test Yöntemi, LM-80-08 ölçümlerinden elde edilen veriler ile uzun dönem tahmin yapmak için istatistiksel bir yöntem önerir. IES tarafından 2011 yılında yayınlanmıştır. LED’lerin ışık akılarını koruma yüzdeleri, p koruma yüzdesi olmak üzere L_p sembolü ile verilmektedir. Örneğin L_{70} , saat olarak LED’in ilk ışık akısının %70 değerine düştüğü zamanı gösterir. LED çiplerin ışık akısı düşümleri birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlere örnek olarak, kullanım zamanı, çalışma sıcaklığı, sürüş akımı ve kullanılan malzemelerin cinsi verilebilir. Bu nedenle, LED’lerin ışık akılarını koruma yüzdeleri, LED çip üreticilerine göre hatta aynı grup LED çipleri içinde bile farklılık gösterebilmektedir.

TM21, 6000 saatlik LM80 ölçümünün son 5000 saatini kullanır. Eğer LM80 ölçümleri, 10000 saatten uzun yapıldı ise, ölçüm süresinin ikinci yarısı kullanılır. Örneğin 13000 saatlik bir ölçüm için, 6500-13000 saat arasındaki veriler kullanılmaktadır. Sonuçlar raporlanırken, LM80 verisi üzerinden hesaplanan ışık akısını koruma yüzdesi süresi saat cinsinden ölçüm

zamanının 6 katından fazla ise, ömür tahmini büyüktür işareti ile verilmelidir. Örneğin 7500 saatlik LM80 verisi ile ölçülen bir LED çipinin tahmin edilen L_{70} değeri 45000 saatin üzerinde ise, TM21 L_{70} süresi tahminini $L_{70}(7,5k) > 45000$ saat olarak belirtir. TM21, ölçüm zamanının 6 katından fazla ömür tahmini yapmaya istatistiksel hatanın artması sebebi ile izin vermez. TM21 tahmini verilirken, mutlaka LED çip kasa sıcaklığı ve sürüş akımı da belirtilmelidir. Örnek olarak, $L_{70}(7,5k) > 45000$ saat ($T = 55^{\circ}\text{C}$, $I = 350$ mA) gösteriminin açıklaması: “55°C LED çip kasa sıcaklığında, 350 mA sürüş akımında 7500 saat çalıştırılıp her 1000 saatte bir ölçülen ışık akısı değerleri kullanılarak, bu çalışma koşulları geçerli kalması halinde söz konusu LED ışık kaynağının ışık akısının %70 değerine düşeceği sürenin 45000 saatten fazla olacağı tahmin edilmektedir” şeklindedir. TM21 belirli bir hata payı ile LED çiplerin ömür öngörü tahmin yöntemini açıklamaktadır.

2.5 IES LM-84-14 Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Lamps, Light Engines and Luminaries (LED Lambaların, Işık Motorlarının ve Armatürlerin Işık Akısı ve Renk Sürekliliğinin Ölçümü)

LM-84-14 IES tarafından 2014 yılında yayınlanmıştır. LED’lerin çip bazında ömür ölçümleri için geliştirilen IES LM-80-08 dokümanının LED lambalara, LED ışık motorlarına ve LED armatürlere genişletilmiş halidir. Işık akısının ve renk özelliklerinin zamanla değişiminin ölçümü için gerekli laboratuvar koşulları tanımlanmaktadır. LED çipi dışındaki diğer armatür elemanlarının da (optik, mekanik ve elektriksel elemanlar) ışık akısı düşümüne ve renk bozulmalarına sebep olduğu bilinmektedir. LED lamba, ışık motoru, armatür gibi sistemlerin zamanla ışık akısı düşümü ve renk özelliklerinin değişiminin ölçümü sadece LED çip bazında olmamalıdır.

Farklı bir sıcaklık belirtilmediyse, fotometrik ölçümler $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığında yapılmalıdır. Sıcaklık ölçüm elemanları LED'lerin direkt ışığına maruz kalmamalıdır. Laboratuvar ortamındaki bağıl nem seviyesi %65'in altında olmalı, ölçülen ürün etrafındaki hava akışı minimize edilmelidir. Ürünler fiziksel olarak tasarlandığı konumda çalıştırılmalı, ölçülmeli ve üreticinin belirttiği gerilim/akım değerleri altında, belirtilen frekansta saf sinüs kaynağı ile sürekli olarak beslenmelidir. LED ürünlerinin ışık akıları belirli aralıklarda IES LM-79-08'e uygun olarak ölçülmelidir [9]. LM84 sadece ürünlerin ölçümü için gerekli laboratuvar şartlarını içermektedir. Ürünlerin geleceğe dönük performansları hakkında bir tahmin yöntemi sunmamaktadır. LM84'e uygun ölçülen ürünlerin ömür tahminleri için IES TM-28-14 "LED Lamba ve Armatürlerin Uzun Dönem Işık Akısı Sürekliliği Öngörüsü" dokümanı kullanılmaktadır.

2.6 IES TM-28-14 Projecting Long-Term Luminous Flux Maintenance of LED Lamps and Luminaires (LED Lamba ve Armatürlerin Uzun Dönem Işık Akısı Sürekliliği Öngörüsü)

IES tarafından 2014 yılında yayınlanan IES TM-28-14, LM-84-14'e göre ölçümleri yapılan LED ürünler için zaman içindeki ışık akısı düşümü tahmin yöntemini açıklamaktadır. Yöntemde ömür öngörüsü için LM84 ölçüm verisi ile birlikte, LED lamba veya armatürde kullanılan LED çiplerinin LM80 verisi ile de hesap yapılabilmektedir. TM28, ömür öngörüsü tahmini için "direkt ekstrapolasyon" ve "kombine ekstrapolasyon" olmak üzere iki yöntem tanımlamaktadır.

Direkt ekstrapolasyon yönteminde, LED lamba veya armatürler için minimum 6000 saatlik LM84 ölçüm sonuçları ile matematiksel yöntemler kullanılarak ömür tahminleri tanımlanmaktadır. TM28, ışık akısının belirli seviyelere geliş zamanını veya belirli bir süre sonundaki ışık akısı

düşümünü tahmin etmek için kullanılabilir (ölçümler LM84'e uygun olarak maksimum 1000 (± 48) saatlik aralıklarla gerçekleştirilmiş olmalıdır). Direkt ekstrapolasyon yöntemi ile ömür tahmininde en az 3 LED ürün örneği kullanılarak bir tahmin yapılabilir. 3 ürün ile yapılmış LM84 test verileri, TM28 ile kullanılırsa, laboratuvar ölçüm süresinin en fazla 3 katına kadar tahmin gerçekleştirilebilir. Örneğin 6000 saatlik LM84 ölçümleri için ömür tahmini 18000 saate kadar yapılabilir. TM28'in hesapladığı belirli bir ışık akısı düşümü (örneğin L_{70} , L_{80} vb.) için 18000 saatin üzerindeki değerlerdeki sonuçlar büyüktür işareti ile verilmelidir ($L_{70}(6k) > 18000$). Test edilen ürün sayısına göre tahmin edilebilecek zaman çarpanı Tablo 1'de verilmiştir. Bu çarpanlar LM84'e göre laboratuvar ölçüm süreleri ile çarpılarak TM28'in raporlanmasına izin verdiği aralık hesaplanabilir.

Tablo 1. Test örneği sayısına göre tahmin süresi çarpanı

Örnek Sayısı	Çarpan
3	3
4	4
5-6	5
7-9	5,5
≥ 10	6

Direkt ekstrapolasyon yöntemine göre hesaplanmış sonuçlar verilirken, ürünlerin ölçüldüğü ortam sıcaklığı da belirtilmelidir. Direkt ekstrapolasyon yöntemi, minimum 6000 saatlik LM84 ölçüm verisi ile ilk andaki ışık akısının belirli bir yüzdesine düşene kadar geçen zamanı tahmin etmektedir. İlk andaki ışık akısı %100'e normalize edilerek, sonraki ışık akısı düşümleri bağıl olarak hesaplanmaktadır.

Kombine ekstrapolasyon yönteminde, 6000 saatten az, 3000 saatten fazla LM84 verisi ve kullanılan LED ışık kaynağının en az 6000 saatlik LM80 verisi birlikte kombine edilerek ömür öngörü hesabı tanımlanmaktadır. Kombine yöntemde ilk ölçüm maksimum 1000 saat sonunda, diğer ölçümler ise maksimum 500 saatlik

aralıklarda yapılmalıdır (± 48 saat). LED ışık kaynağına, armatür etkisini belirlemek amacıyla bir düzeltme faktörü hesaplanarak, LED çipler için geçerli olan LM80 verileri bu faktör ile çarpılıp LM84 verilerine dönüştürülür. Ölçümler için kullanılacak LED lamba veya armatür test örneği sayısı direkt yöntemden farklı olarak en az beş olmalıdır. Kombine ekstrapolasyon yöntemi için test örneği sayısına göre tahmin edilebilecek zaman çarpanı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Test örneği sayısına göre tahmin süresi çarpanı

Örnek Sayısı	Çarpan
5	1,5
6	2
7	2,5
8	3
9	3,5
10	4
11	4,5
12	5
13-14	5,5
≥ 15	6

Tablo 2’den görülebileceği gibi, kombine ekstrapolasyon yönteminde daha fazla test örneğine ihtiyaç vardır. Direkt yöntemde olduğu gibi, örnek sayısına göre, ölçüm süresinin maksimum 6 katına kadar ömür öngörü tahmini yapılabilmektedir. TM-28-

14, LED çipler için ömür öngörü yöntemini tanımlayan TM-21-11 standardını LED lamba ve armatürlere genişletmek amaçlı bir hesap yöntemi öneren ilk doküman olması nedeniyle önemlidir.

Bir sonraki bölümde örnek LED ışık kaynakları için farklı sıcaklıklardaki üretici ömür öngörü verileri incelenecektir.

3. ÖRNEK ÖMÜR HESABI

Bu bölümde örnek LED çipleri için üreticinin sağladığı LM80 ve TM21 verileri kullanılarak, sıcaklığın ömür üzerindeki etkileri incelenecektir. Mevcut LED çip üreticileri arasında LM80 testleri ve TM21 verileri olan üreticilerin sayıları çok fazla değildir. LM84 ve TM28 standartları ise çok yeni olduğu için henüz paylaşılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yüzden bu bölümde sadece LM80 ve TM21 verileri kullanılmıştır. Ölçüm ve hesap incelemeleri için CREE firmasının yayınladığı LM80 ölçüm sonuçları dokümanı kullanılmıştır [10]. 3 farklı LED ışık kaynağı seçilmiştir. Seçilen ilk LED ışık kaynağı için LM80 ölçüm sonuçları ve TM21 ömür öngörü tahmini Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Bir numaralı LED için LM80 ve TM21 sonuçları

Sıcaklık (°C)	Sürme Akımı (mA)	6000 saat ölçüm sonucu ışık akısı korunumu (%)	TM21 Öngörüsü (saat)
55	2000	99,9	$L_{90}(6k) > 36300$
85	2000	97,6	$L_{90}(6k) = 38300$
105	2000	95,6	$L_{90}(6k) = 21600$

Tablo 3’ten görüldüğü gibi eşit sürme akımında farklı sıcaklıklar için 6000 saat sonunda 55°C’de tutulan LED çip örneğinin ışık akısı sadece %0,1 düşerken, aynı LED örneği 105°C’de tutulduğunda değer %4,4 düşmüştür. Bu veriler kullanılarak LED çipinin ışık akısının %10 düşmesi için geçen süre (L_{90}) 85°C için 38300 saat olarak hesaplanmıştır. 105°C için bu değer

21600 saattir. 55°C’lik verilerde ise tahminin net olarak yapılamadığı sadece 36300 saatten büyüktür şeklinde ifade edildiği görülmektedir. TM21 hesaplarına göre LED çip sıcaklığının 20°C’lik artışında L_{90} ömrü 16700 saat azalmaktadır. Seçilen ikinci LED için LM80 ve TM21 sonuçları ise Tablo 4’teki gibidir.

Tablo 4. İki numaralı LED için LM80 ve TM21 sonuçları

Sıcaklık (°C)	Sürme Akımı (mA)	6000 saat ölçüm sonucu ışık akısı korunumu (%)	TM21 Öngörüsü (saat)
85	3000 (6V)	94,5	L ₉₀ (6k)=12000 L ₈₀ (6k)=26600 L ₇₀ (6k)>36300
105	3000 (6V)	90,2	L ₉₀ (6k)=6060 L ₈₀ (6k)=15400 L ₇₀ (6k)=26000

Tablo 4 değerlendirildiğinde, 6000 saat sonunda 85°C'deki LED çipinin %5,5 ışık akısı kaybı, 105°C'deki LED çipinin ise %9,8 ışık akısı kaybı olduğu görülmektedir. LED çipinin %10 ışık akısı kaybetmesi (L₉₀) için geçen zaman 85°C'de 12000 saat iken, 105°C için bu süre 6060 saattir. 85°C için %30 ışık akısı düşümünün (L₇₀) 36300 saatten daha uzun bir sürede olacağı öngörülmektedir.

Buna karşı, 105°C sıcaklıkta LED çipleri için %30 ışık akısı kaybının 26000 saat sonunda olacağı tahmin edilmektedir. 20°C'lik sıcaklık farkında tahmini ömür sürelerinin değişiminin oldukça fazla olduğu ortadadır.

Seçilen üçüncü LED için LM80 ölçümleri ve TM21 tahminleri Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Üç numaralı LED için LM80 ve TM21 sonuçları

Sıcaklık (°C)	Sürme Akımı (mA)	6000 saat ölçüm sonucu ışık akısı korunumu (%)	TM21 Öngörüsü (saat)
55	350	98,7	L ₉₀ (6k)=23000 L ₈₀ (6k)>36300 L ₇₀ (6k)>36300
85	350	94,1	L ₉₀ (6k)=9450 L ₈₀ (6k)=18600 L ₇₀ (6k)=28900

Tablo 5'ten görüldüğü gibi seçilen üçüncü LED 6000 saatlik laboratuvar ölçümünden sonra 55°C sıcaklıkta %1,3 ışık akısı kaybederken, 85°C sıcaklıkta ışık akısı %5,9 oranında düşmüştür. %10 (L₉₀) ışık akısı kaybetmesi için geçen süre 55°C'de 23000 saat iken, 85°C'de bu süre 9450 saat olmuştur. Aynı şekilde %20 (L₈₀) ışık akısı kaybı için geçen süre 55°C için 36300 saatten fazla iken, 85°C için 18600 saattir. Bu LED'deki sıcaklık farklarındaki ışık akısı düşümlerinin, diğer örneklerle göre çok daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 3, 4 ve 5'ten görülebileceği gibi sıcaklığın LED ışık akısı düşümü üzerinde önemli bir etkisi vardır ve bu etki LED ışık kaynağına göre değişebilmektedir. Özellikle yüksek

sıcaklıklarda çalıştırılan LED ışık kaynaklarının ömürleri önemli oranda azalmaktadır. LED ışık kaynakları seçilirken, LED'lerin armatür içinde çalışacağı sıcaklık aralıkları belirlenip ömür hesabı buna göre yapılmalıdır. Yüksek ortam sıcaklıklarında çalıştırılan veya yüksek koruma sınıfına sahip armatürlerin içindeki LED çiplerinin sıcaklıkları ısı simülasyon programları ile hesaplanıp, belirlenen senaryolara göre ömür tahminleri yapılmasının zorunlu olduğu ortadadır.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

LED ışık kaynaklarının ve bunları kullanan sistemlerin (modül, lamba, armatür) ömür hesapları LED çiplerin görece uzun ömürlerinden dolayı en az

6000 saatlik laboratuvar ölçümlerinden sonra istatistiksel tahmin yöntemlerine göre yapılabilmektedir. Bu tahmin yöntemleri de ancak, belirli sayıdaki örneklerle anlamlı olmaktadır.

LED ışık kaynakları ve onları kullanan sistemler ile ilgili kabul gören ilk öneriler 2005 yılında ASSIST'in yayınladığı çalışmalar ile gerçekleşmiştir. ASSIST LED çiplerin ömürlerinin ölçümü için fiziksel şartları belirlemiş ve öneriler geliştirmiştir. 6000 saatlik laboratuvar ölçümü önerisi de ilk olarak ASSIST tarafından yapılmıştır. ASSIST ileriye dönük tahminler için bir yöntem sunmamış, bu tahmini üreticiye bırakmıştır.

IES tarafından 2008 yılında çıkarılan LM-80-08 dokümanı, LED çiplerin ömür tahmini için gerekli olan veri setini oluşturmayı amaçlamaktadır. IES TM-21-11 dokümanı ise, en az 6000 saatlik laboratuvar ölçümleri ile LED çiplerinin ömür tahminleri için istatistiksel bir yöntem tanımlamaktadır. 2014 yılında IES tarafından yayınlanan LM-84-14 ve TM-28-14 ise, LED çiplerinin kullanıldığı katı hal aydınlatma ürünleri (lamba, armatür) için laboratuvar ölçümleri ve tahmin yöntemlerini açıklamaktadır.

Günümüzde LED ışık kaynağı kullanan ürünlerin ömrü belirlenirken LM80 verileri ve TM21 tahminleri kullanılmakta ve LED çipin ışık akısındaki azalmanın armatür içinde ve dışında aynı olduğu kabul edilmektedir. Son yıllarda hazırlanan LM84 ölçüm ve TM28 ömür öngörü dokümanları, LED ürününün optik ve elektriksel elemanlarının da ışık düşümüne katkısını göz önüne almaktadır. Sadece LED çip ömrü göz önüne alınarak yapılacak olan hesaplar, son ürün bazında değerlendirildiğinde ışık akısı

düşümünün daha fazla olacağı rahatlıkla söylenebilir. Ölçüm sürelerinin uzun olması ve LED teknolojisinin hızlı gelişimi LED ömrü belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Yeni yayınlanan dokümanlarda da yine uzun ölçüm süreleri söz konusudur. Hızla yoğunlaşan LED'li armatür üretim ve kullanımının doğru yönlendirilebilmesi için, LED çip ömür dokümanlarının yenilenmesine ve LED'li aydınlatma ürünlerinin ömür sürelerinin tahmini için daha pratik ve kısa süreli ölçüm yöntemlerine ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- [1] The Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (ASSIST), <http://www.lrc.rpi.edu/assist>, 19.08.2015 tarihinde erişildi.
- [2] LED Life for General Lighting: Definition of Life, Volume 1, Issue 1, Lighting Reserach Center, Rensselaer Polytechnic Institute, (2005), ABD.
- [3] Illuminating Engineering Society (IES), <http://www.ies.org>, 19.08.2015 tarihinde erişildi.
- [4] IESNA IES LM-80-08, Approved Method: Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources, (2008), New York, ABD.
- [5] IESNA IES TM-21-11, Life Estimation Test Method, (2011), New York, ABD.
- [6] IES LM-84-14, Approved Method for Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Lamps, Light Engines, and Luminaires, (2014), New York, USA.
- [7] IES TM-28-14, Projecting Long-Term Luminous Flux Maintenance of LED Lamps and Luminaires, (2014), New York, USA.
- [8] LED Life for General Lighting: Measurement Method for LED Components, Volume 1, Issue 2, Lighting

Reserach Center, Rensselaer Polytechnic Institute, (2005), ABD.

[9] IES LM-79-08, Approved Method: Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, (2008), New York, USA.

[10] CREE LED Components IES LM-80-2008 Testing Results, http://www.cree.com/~media/Files/Cree/LED%20Components%20and%20Modules/XLamp/XLamp%20Application%20Notes/LM80_Results.pdf, 19.08.2015 tarihinde erişildi.