

BÖLGESEL KONTROLLÜ LED AYDINLATMA SİSTEMİ İLE KONVANSİYONEL FLÜORESAN AYDINLATMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Ali ÖZÇELİK

ozcelik@gantep.edu.tr

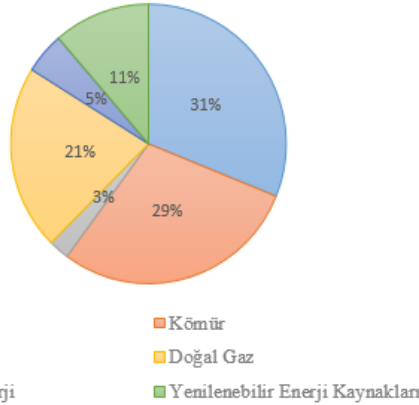
Gaziantep Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Elektrik ve Enerji Bölümü, Üniversite Bulvarı, Şehitkamil/Gaziantep

ÖZET

Elektrik enerjisinin kullanımında aydınlatma önemli bir orana sahip olmaktadır. Dolayısıyla günümüzde aydınlatma sistemlerin yenilenebilir enerji sistemleriyle bütünleştirilmesi aynı zamanda verimliliklerinin geliştirilmesi önemli bir konudur. Kapalı alanların aydınlatılmasında mekânın gün ışığı alması ve zemin, duvar, tavan renklerinin açık olması elektrik enerjisi kullanımını azaltıcı bir unsur olmaktadır, Mekânın kullanım amacı ve hangi tür aydınlatma kaynaklarının tercih edileceği ise maliyeti unsurunu değiştirmektedir. Flüoresan lambalar ve kullanımı her geçen gün artan LED teknolojisi kapalı alan aydınlatma dünyasında en fazla tercih edilen ışık kaynaklarıdır. Yapılan çalışmada gün ışığı alan bir sınıfta elektrik enerjisini fotovoltaik enerji dönüşüm sisteminden alan varlık sensörlü bölgesel kontrollü LED aydınlatmanın, sanayi, konut, kamu alanlarında geniş bir kullanım alanına sahip varlık sensörlü klasik doğrusal flüoresan aydınlatma sistemiyle karşılaştırılması yapılmıştır.

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde enerji üretiminde genellikle petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kökenli kaynaklar kullanılmaktadır. Petrol ve kömür kaynaklarının giderek azalması söz konusu olduğundan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı değer kazanmaktadır. Şekil 1’de Dünya’da enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı görülmektedir.



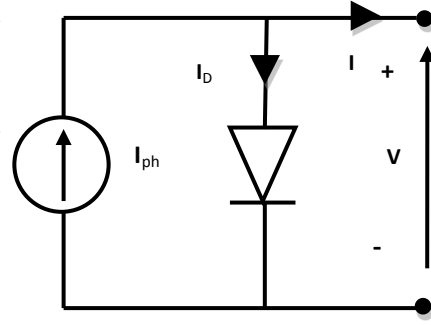
Şekil 1. Dünyada Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı [1]

Yurdumuzda etkin olarak yararlanılabilecek başlıca yenilenebilir

enerji kaynakları; güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve rüzgar enerjisidir [2].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ve artan enerji talebinin yanı sıra enerji verimliliği konusu da küresel ısınmanın önüne geçilmesi enerji kaynaklarından en üst düzeyde faydalanma açısından değer gösteren bir faktör olmaktadır [3]. Ülkemizde enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını amaçlayan 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu” 02 Mayıs 2007 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanmıştır [4]. Dünyada üretilen elektrik enerjisinin % 20 oranı aydınlatma sağlamak için tüketilmektedir [5]. Aydınlatma sağlamak için Akkor flamanlı, flüoresan, LED gibi çeşitli ışık

kaynakları kullanılmakta olup Akkor flamanlı lambalar elektrik enerjisinin %10'nu görünür ışığa çevirirken, kompakt flüoresan lambalarda ise bu oran % 45'tir [6]. Son yıllarda LED lambalar, ışıksal verimlerinin yüksek olması ve civa içermemesi, dim edilebilmesi gibi avantajlarından dolayı diğer aydınlatma aygıtlarının yerini almaya başlamıştır.



Şekil 2. Fotovoltaik hücrenin basit devre modeli

Konutlarda ve sanayide enerji talebinin fotovoltaik sistemlerden karşılanmasıyla ilgili birçok çalışmalar yapılmaktadır. Fakat fotovoltaik sistemlerin binalardaki enerji verimliliğini hedef alan sistemlerle entegrasyonu yönünde daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışmada gün ışığına maruz kalan mekânlar için tasarlanan ve uygulanan varlık sensörlü fotovoltaik tabanlı bölgesel kontrollü LED aydınlatma sistemi ile varlık sensörlü flüoresan lamba aydınlatma sistemlerinin uygulamalı karşılaştırılması yapılmaktadır.

2. FOTOVOLTAİK HÜCRENİN EŞ DEĞER DEVRESİ, VARLIK SENSÖRÜ, LAMBA DEVRESİ

Bir fotovoltaik hücrenin davranışının belirlenmesi için, elektriksel bileşenler kullanılarak eşdeğer model elde edilebilir. İdeal bir güneş pili çeşitli ihmaller yapılırsa Şekil 2'de görüldüğü gibi bir diyot ve buna paralel bağlı akım kaynağından modellenenebilir. Akım kaynağı güneş ışınım şiddeti (G) ile orantılı olarak fotoakımını (I_L) meydana getirir. Işınım şiddeti arttıkça akım değeri de artmaktadır. Burada diyot, güneş pilinin P-N geçiş bölgesini ifade eder.

Basit devre modeline Kirşof'un akım kanunu uygularsak denklem (1) elde edilir.

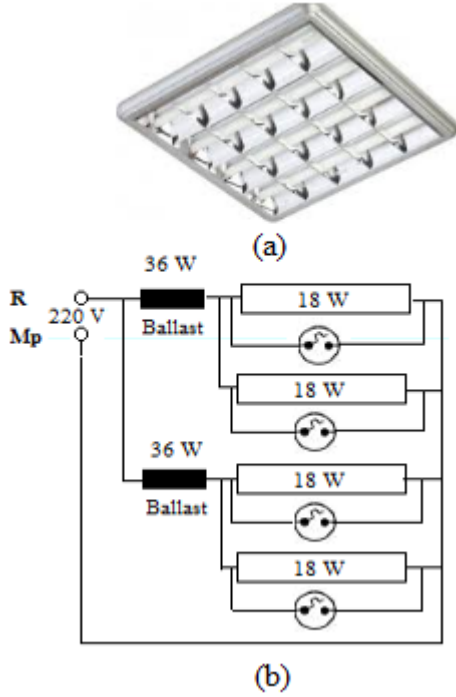
$$I = I_{PH} - I_D \left(\exp \left(\frac{qV}{nkT} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

Burada I_D diyot ters doyma akımını, q elektron yükünü, V diyot üzerine düşen gerilimi, n diyot emisyon faktörünü, k Boltzmann sabitini ve T mutlak sıcaklığı ifade eder. Varlık sensörleri bina otomasyon sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Varlık sensörleri sayesinde enerji verimliliği sağlanır. Diğer hareket sensörlerinden farklı olarak vücut sıcaklığını algılayıp hareketsiz durumlarda bile algılama yaparak aydınlatma sisteminin devre dışı kalmasını önler. Kişi ortamda bulunduğu sürece lambayı yakar. Şekil 3'te örnek bir varlık sensörü ve algılama mesafesi görülmektedir.



Şekil 3. Varlık Sensörü

Flüoresan lamba aydınlatma devresinde 60x60 cm armatürlere 4 adet 18 watt gücünde flüoresan lambalar bulunmakta olup her iki lamba için 36 watt gücünde saç balastlar kullanılmıştır. Panellerin görüntüsü ve flüoresan lambaların bağlantı şeması Şekil 4’de görülmektedir. Flüoresan sistem ortamda kişi bulunmasında varlık sensörü tarafından aktif edilmektedir.



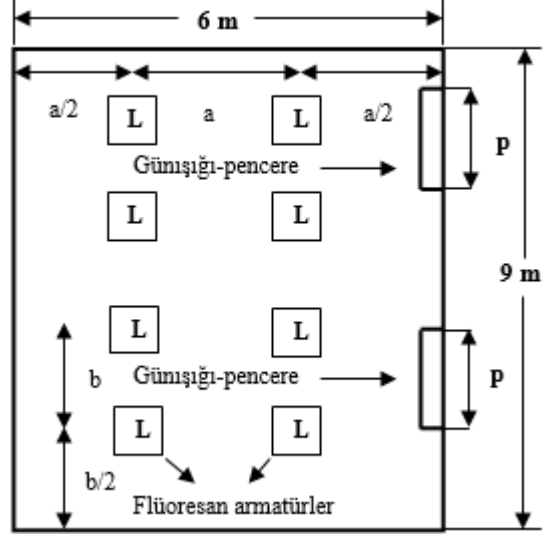
Şekil 4. (a) 60x60 cm Armatür ve (b) Flüoresan Lambaların Bağlantısı

Her bir 4x18 W’lık flüoresan armatürün tükettiği güç balast kayıplarıyla beraber denklem 2’de verilmektedir. Bir 4x18 W flüoresan lamba armatürün çektiği güç (FG) = 4xFlüoresan lamba gücü+2xBalast güç kaybı;

$$FG=4 \times 18 + 2 \times 10 = 72 + 20 = 92W \quad (2)$$

değerindedir. Sınıfın aydınlatılması için kullanılan 8 adet 4x18 W armatürlerin çektiği toplam güç denklem 2’de flüoresan armatürlerin tavan yerleşimi Şekil 2’de görülmektedir.

$$\begin{aligned} \sum P_{FL} &= P_{FL} \times \text{Armatür Sayısı} = 92 \times 8 \\ &= 736 W \end{aligned} \quad (3)$$



Şekil 5. Flüoresan lambaların tavan yerleşimi

Armatürler arası yatay mesafe a, armatür duvar arası yatay mesafe a/2 alınmakta olup, 2a=6 m, a=3 m, Armatürler arası dikey mesafe b, armatür duvar arası dikey mesafe b/2 olup 4b=9m, b=2.25 m değerlerindedir.

3. BÖLGESEL KONTROLLÜ LED AYDINLATMA SİSTEMİ

LED aydınlatma sisteminde 36 W gücünde, 88 lm/W ışık etkinliğine sahip ve maksimum 3200 lümen veren 8 adet LED panel kullanılmıştır. LED aydınlatma panelleri doğru akım ile çalışmaktadır, fotovoltaiik sistemde doğru akım ürettiğinden, LED panel içerisindeki AC/DC LED sürücüleri devre dışı bırakılmıştır.

Dikdörtgen şeklinde olan 6m genişliğe, 9 m uzunluğa, 3 m yüksekliğe sahip olan sınıfın çalışma yüzeyi yüksekliği 0.85 m, kordon uzunluğu 0.6 alınır çalışma yüzeyi ile armatür arası mesafe h₂ Denklem 4’te görüldüğü gibi hesaplanabilir.

$$h_2 = h - (0.85 + 0.6) = 3 - 1.45 = 1.55 \text{ m} \quad (4)$$

EN 12464-1:2011 Standardı Tablo 1’de görülen en az aydınlık düzeyleri değerlerine göre sınıf aydınlık düzeyi değeri 300 lüks seçilir.

Tablo 1. En az aydınlık düzeyleri

Eğitim / Öğretim Amaçlı Binalar	
Alan – Görev – Aktivite Türleri	Aydınlık düzeyi Lüks (E)
Sınıf ve uygulama odaları	300
Akşam dersleri için sınıflar	500
Oditoryum ve amfiter	500
Sanat okullarında sanat işlikleri	750
Teknik çizim odaları	750

54 m² alana sahip olan sınıfın yansıtma katsayıları tavan için %70, duvar için %50, zemin için % 30 değerlerindedir, bu katsayı değerlerine denk gelen oda indeksine (k) göre aydınlatma verim (η_{av}) değeri tablo 2’den bulunabilir.

Tablo 2. Kullanım faktörü tablosu

Tavan (%)	70						
Duvar (%)	50		30		10		
Zemin (%)	30	10	30	10	30	10	
Oda İndeks	0.60	.27	.26	.22	.22	.19	.19
	0.80	.33	.31	.28	.27	.23	.23
	1.00	.38	.36	.32	.30	.28	.28
	1.25	.43	.40	.37	.35	.33	.32
	1.50	.47	.43	.41	.39	.37	.35
	2.00	.52	.47	.47	.44	.43	.41
	2.50	.56	.50	.51	.47	.48	.44
	3.00	.59	.52	.55	.49	.51	.47
	4.00	.62	.55	.59	.52	.56	.51
	5.00	.64	.56	.62	.55	.59	.53

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{9 \times 6}{1.55 \times (9 + 6)} = 2.32 \quad (5)$$

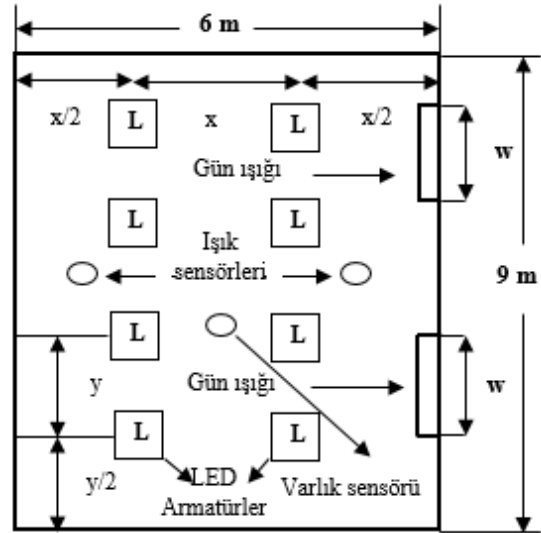
k değerine denk gelen η_{av} değeri Tablo 2’den 0.60 bulunur. Bu değere göre sınıf aydınlatması için gereken toplam ışık akısı (Φ_T) denklem 6 ile bulunur.

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta_{AV}} = \frac{300 \times 9 \times 6}{0.60} = 27000 \text{ lümen} \quad (6)$$

Işık kaynağı olarak 3200 lümen LED armatürler seçilmiştir. Φ_T’ye göre kullanılacak LED armatür sayısı denklem 7’den hesaplanabilir.

$$n = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{27000}{3200} \cong 8 \quad (7)$$

Denklem 7’ye göre bulunan 8 adet LED armatürlerin ve sensörlerin tavan yerleşimi Şekil 6’da görülmektedir.

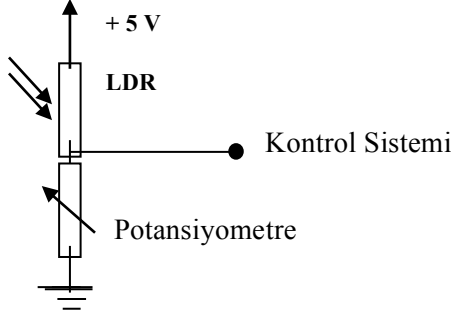


Şekil 6. LED armatürlerin ve sensörlerin tavan yerleşimi

LED paneller pencere ve duvar bölgesi olmak üzere 2 adet LDR ışık sensörü tarafından mikrodenetleyiciye verilen aydınlığa bağlı elektriksel gerilim bilgisi vasıtasıyla orantılı olarak elde edilen PWM sinyalleriyle kontrol edilmektedir.

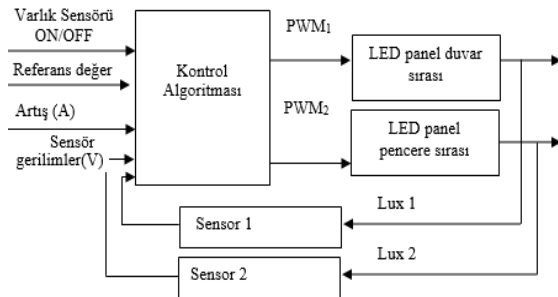
Her bir sensörün mikro-denetleyiciye bağlantısı Şekil 7’de görülmekte olup sınıfın 300 lüks referans değere getirilmesi karanlık durumda lüks-metre çalışma yüzeyi üzerine konularak

potansiyometrelerin ayarlanmasıyla yapılmıştır.



Şekil 7. Karanlık Ortamda Aydınlık Seviyesinin Potansiyometre ile Referans Değere Ayarlanması

Günümüzde elektronik balastlar vasıtasıyla kompakt flüoresan gibi bazı flüoresan lambaların ışık akısı ayarlanabilmektedir. Çalışmamızda seçilen ve Ülkemizde yaygın kullanılan klasik 18 W doğrusal tip flüoresan lambaların ışık akılarının ayarlanmasının zor olması sebebiyle duvar ve pencere bölgelerinden alınan ışık bilgisine göre PWM sinyalleri üreten sistem, sadece LED panellerin kontrol edilmesi için geliştirilmiştir. Referans değer karanlık ortamda potansiyometreler vasıtasıyla LED panel aydınlık seviyesi 300 lüks değerine getirilerek ayarlanmıştır. Önerilen kontrol algoritmasının blok şeması Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Dağıtılmış Sensör Kontrollü LED Aydınlatma Sistemi Algoritması

Kontrol algoritmasının aktif hale gelebilmesi için varlık sensörünün 1 sinyali vermesi gerekmektedir. Bölgesel

ışık sensörlerinden alınan ışığa bağlı gerilim değerlerine bağlı olarak LED lambaların ışık akılarının ayarlanması, üretilen PWM sinyalleri tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Referans değer mekân için hedef alınan aydınlık seviyesini belirtmekte olup kullanıcı tanımlıdır. Artış (A) değeri istenilen/hedef PWM değerine gelenebilmesi için PWM artış veya azalış katsayısıdır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yaz döneminde gün ışığı alan güney cephe sınıf için geniş saat aralığında yapay aydınlatmaya gerek duyulmamaktadır, gün ışığı aydınlık seviyesinin 2.9 W/m^2 olduğu 19:00 saatinde yapılan ölçümde bölgesel kontrollü LED aydınlatma sistemi 61.92 W güç tüketirken, Flüoresan aydınlatma sistemi kurulu gücü olan 736 W değerini tüketmiştir. Gün ışığı aydınlık seviyesinin 2.1 W/m^2 olduğu 19:15 saatinde dış ortam aydınlık değerinin daha düştüğü bir zaman diliminde ise LED sistemi 84.96 W güç tüketimine sahip olmakla beraber ortam karanlığa geçtikçe güç tüketimi artmaktadır. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise yapay aydınlatmaya gereksinim daha fazla olmaktadır. Gün ışığı alan mekânların yapay aydınlatma gereksinimi diğer gün ışığı almayan mekânlara göre daha az olmaktadır. Bunun yanı sıra gün ışığı alan mekânlarda atmosfer bulutlanması ve akşama doğru saatlerde ışık dağılımı homojen olmamaktadır. Tüketilen güç değerleri incelendiğinde bölgesel kontrollü LED aydınlatma sisteminin, Flüoresan panel aydınlatma sistemine göre belirgin derecede daha az güç harcadığı görülmektedir. Aydınlatma için harcanan elektrik enerjisinin azımsanmayacak düzeyde olması düşünüldüğünde bölgesel kontrollü aydınlatmanın elektrik enerjisinin verimli kullanımı konusuna katkı sağlayacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,
<http://www.enerji.gov.tr/TR/Sayfalar/Temiz-Enerji>

[2] M.T. akır, Türkiye'nin Rüzgar Enerji Potansiyeli ve AB lkeleri İçindeki Yeri, Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt:13 Sayı: 4 s. 287-293, 2010

[3] K. Wrigley, R.H. Crawford, Identifying policy solutions for improving the energy efficiency of rental properties, Energy Policy 108 (2017) 369–378

[4] Gçmen E., zdemir Ő., Farklı Tip Aydınlatma Aygıtlarının Harmonik Etkilerinin Araştırılması, V. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 2013.

[5] D. Tran, Y. Kheng, Sensorless Illumination Control of a Networked LED-Lighting System Using Feed forward Neural Network, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 61, 4, 2113-2121, (2014).

[6] E. EliJosiute, J. Balciukeviciute , G. Denefos,“Life Cycle Assesment of Compact Fluoresant and Incandescent Lamps: Comparative Analysis” Enviromental Research Engineering and Management, Vol:61, Issue 3, p:65-72 2012.