

İNDÜKSİYON (LVD)

**LAMBALI ARMATÜRLERİN PİLOT BÖLGE UYGULAMA
PROJESİ**

PROJE SONUÇ RAPORU



İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	3
1.1 Önsöz.....	3
1.2 Bilgilendirme.....	3
1.3 Tanımlar	4
2. IŞIK KAYNAKLARI	5
2.1 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	5
2.2 Elektriksel Karakteristik.....	7
2.2.1 Başlangıç.....	8
2.2.2 Rejime girme	9
2.2.3 Kararlı Hal	10
3. ÖZELLİKLERİ.....	10
4. KULLANIM ALANLARI	11
4.1 İndüksiyon Lambaları	11
5. ÇALIŞMA PRENSİBİ VE BİLEŞENLER.....	12
5.1 Dip Bağlantılı İndüksiyon Lambaları	15
5.2 Dıştan Uyarımlı İndüksiyon Lambaları.....	17
6. KULLANIM ALANLARI	19
7. IŞIK KAYNAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	19
8. KAYNAKLAR.....	21

KISALTMA LİSTESİ

LVD	Low Voltage Discharge (Düşük Gerilimde Deşarj)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
YBSB	Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı
UEDAŞ	Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
ARGE	Araştırma Geliştirme
HPS/SON	High Pressure Sodium (Yüksek Basınçlı Sodyum) Lamba
SON-T	Tüp Biçimli Yüksek Basınçlı Sodyum Lamba
SDW-T	Tüp Biçimli Renksel Geriverimi Yükseltilmiş Sodyum Buharlı Lamba
CSLS	Lambanın Ateşlenmesini ve Optimum Performansta Çalışmasını Sağlayan Kontrollü Ünite
EMI	Elektro Magnetic Interface (Elektro Manyetik Girişim)
UV	Ultra Violet (Ultra Viole)
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (Uluslararası Radyo Elektrik Girişim Özel Komitesi)
AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
MOSFET	Metal Oksit Yarı iletkenli Alan Etkili Transistör

1. GİRİŞ

1.1. Önsöz

Son yıllarda aydınlatma teknolojisinde büyük değişimler yaşanmaktadır. Yenilenen ışık kaynakları ve aydınlatma bileşenleri ile daha verimli aydınlatma uygulamaları yapılabilmektedir. Bununla birlikte, hızla büyüyen şehirlerimiz, artan araç ve yaya trafiği ile yükselen enerji maliyetleri nedeniyle şehirde yer alan sokak aydınlatmalarının verimliliği yetkililerce sorgulanır olmuştur. Ülkemizde sokak aydınlatması için var olan aydınlatma armatürlerinin sayısı milyonlarla ifade edilmektedir. Dolayısıyla bu armatürlerde yapılabilecek küçük bir tasarrufun dahi büyük bir kazanç sağlayacağı öngörülmektedir.

Şehirlerde, mevcut aydınlatma sistemine göre daha iyi bir aydınlatmayı daha ekonomik bir biçimde sağlamak üzere birçok proje başlatılmıştır. Bu proje de onlardan biridir. Ancak onların birçoğundan ciddi farklılıklar içermektedir. Bunlardan en önemlisi ışık kaynağı seçimidir. Günümüzde gerçekleştirilen yenileme projelerinde ağırlıklı olarak LED ışık kaynaklı armatürler tercih edilirken bu projede indüksiyon lambalı armatürler tercih edilmiştir. Bu tercihte en büyük etken, indüksiyon lambalarının çok uzun ömürlü olmasıdır. Buna bağlı olarak da proje sonucunda sadece kurulum değil, aynı zamanda işletme maliyetlerindeki değişimin ortaya konulması amaçlanmıştır. Diğer bir farklılık ise bölge kullanıcılarının görsel konforunu esas almasıdır. Kullanıcılar bu projede, gün ışığının yetersiz olduğu akşam saatlerinde dış çevreyi algılamakta kullandıkları bu ışıklıkları ve çevreye yaydığı ışığı değerlendirebilmektedir.

Projenin ilerleyen yıllarda bu projede yapılanlara ek olarak gelişmiş LED çip ve lensler içeren armatürlerle yapılacak olan karşılaştırılmasının yapılması ile şehirlerimiz için kurulum ve işletme maliyetleri düşük, görsel konforu iyi olan ve kullanıcılar tarafından benimsenen bir aydınlatma çözümü ortaya konulabilecektir.

1.2. Bilgilendirme

Bu rapor, Bursa ili, Osmangazi İlçesi, Çiftelahvizler mahallesi sınırları içerisinde bulunan çirişhane caddesi ile bağlı sokaklarda yer alan ve selimpaşa sokaktaki trafo

EK-1 Literatür Taraması

merkezinden beslenen mevcut Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı (YBSB) aydınlatmaların, indüksiyon lambalı armatürlerle yenileme pilot bölge uygulama projesine aittir.

Rapor, UEDAŞ tarafından pilot bölge olarak seçilen bölgenin mevcut aydınlatmasının indüksiyon lambalı armatürlerle revize edilmesi sonucunda fayda analizi yapılması için UEDAŞ yetkili mühendisleri ve ARGE departmanı tarafından yaptırılmıştır.

Bu rapor, fusion aydınlatma ile oluşturulan danışmanlık projesi çerçevesinde Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünde görev yapmakta olan Yrd. Doç. Dr. İsmail NAKİR tarafından hazırlanmıştır.

1.3. Tanımlar

Proje Alanı : Proje alanı Bursa ili, Osmangazi İlçesi, Çiftelahuzlar Mahallesi sınırları içerisinde bulunan Çirişhane Caddesi ve bağlı sokaklarıdır.

İdare : UEDAŞ Yetkili Departmanı

Işık Akısı (Φ) : Bir ışık kaynağından çıkan, gözün görme sınırları içindeki frekanslarda birim zamanda yayılan ışık enerjisidir. Birimi “Lümen” dir.

Işık Şiddeti (I) : Noktasal bir ışık kaynağından belirli bir doğrultuda (uzay açıda) ışıyan ışık akısı yoğunluğudur. Birimi “Kandela” dır.

Uzay Açı (Ω) : Yarıçapı 1m olan bir kürenin yüzeyinde 1m²’ lik bir alan ayıran koni veya pramidin tepe açısı 1 steradyanlık uzay açısı olarak tanımlanır.

Aydınlık Düzeyi (E) : Birim yüzeye düşen ışık akısı toplamıdır. Birimi “lüks” tür.

Işıklılık (L) : Bir ışık kaynağından, opak bir yüzeyden veya bir yansıtıcı bir yüzeyden göze doğru gelen ışık şiddetinin ilgili ışığı doğuran veya yansıtan yüzey alanına oranıdır.

Parıltı : Işıklılığın insan üzerindeki etkisine parıltı denir.

Etkinlik Faktörü (e) : Bir ışık kaynağının birim güç başına verdiği ışık akısıdır. Işık kaynağı veriminin bir göstergesidir.

Kamaşma : Parıltı değerinin gözü rahatsız edecek duruma gelmesidir.

Renk Sıcaklığı (T_c) : Bir ışık kaynağının verdiği ışığın renginin Kelvin derece olarak sıcaklık karşılığıdır.

Renksel Geriverim (Ra) : Bir ışık kaynağının kırmızıdan mora tüm tayftaki renkleri gösterebilme seviyesidir.

Armatür Geriverimi : Armatürün toplam çıkış ışık akısının içerisindeki lambaların toplam ışık akısına oranıdır. Armatür veriminin bir göstergesidir [1].

2. IŞIK KAYNAKLARI

Gün ışığının görme konforu için yetersiz veya hiç olmadığı akşam saatlerinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulur. Günümüzde ağırlıklı olarak elektrikle yapılan bu aydınlatmada elektrik enerjisini insan gözünün görebileceği tayfta ışığa dönüştüren ışık kaynakları kullanılır. Gelişen teknoloji ile birçok ışık kaynağı geliştirilmiştir. Proje kapsamında indüksiyon lambalı yapılarla yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların karşılaştırması yapıldığından aşağıda bu iki ışık kaynağı hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar

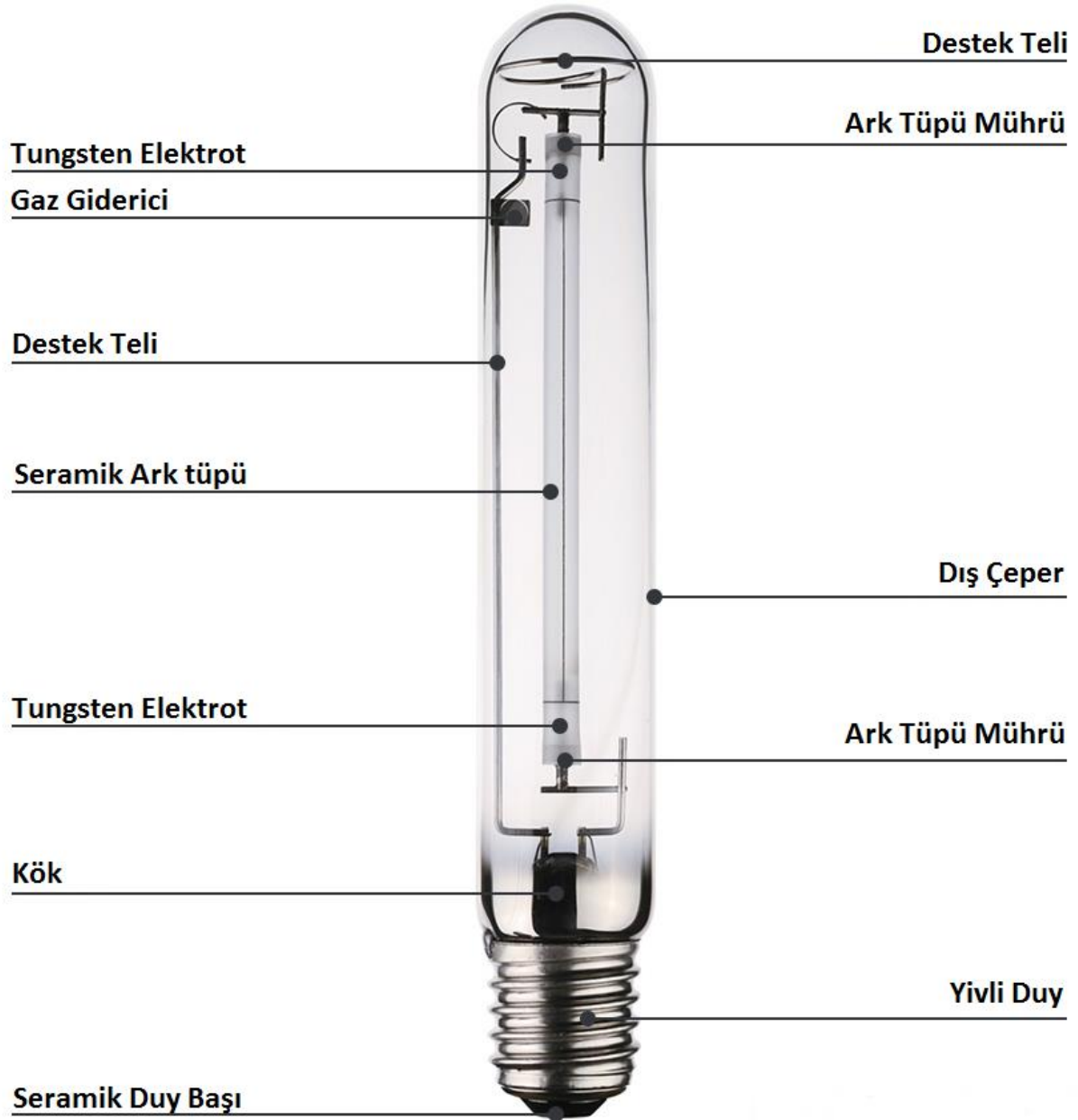
Tarihi süreçte sodyum buharlı lambalar önce alçak basınçlı olarak üretilmiştir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların etkinliği yüksek olmasına rağmen ışığının monokromatik olması ve renksel geriverimlerinin çok düşük olması nedeniyle iç mekan uygulamalarında tercih edilmemiştir. Bu nedenle, 1960'lı yıllarda lambanın ışığın monokromatikliğini ve renksel geriverimini düzeltmek amacıyla lamba içerisindeki sodyum buharının basıncı artırılarak yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar üretilmiştir. Alçak basınçlı lambadan yüksek basınçlı lambaya geçebilmek üzere uzun süren malzeme çalışmaları yapılmış ve sonunda yapılan değişikliklerle lambanın renksel özelliklerinde düzelme olurken ışıksal etkinliğinde bir miktar azalma meydana gelmiştir.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda ışık, lambaların içinde yer alan bir ark tüpü olan deşarj tüpünde açığa çıkmaktadır. Bu deşarj tüpü yüksek sıcaklıkta deşarj altında olan sodyum buharının basıncına ve ısı etkilerine dayanacak şekilde, seramik bir malzemeden üretilir. Bu malzeme açığa çıkan ışığı da iletebilmek üzere yarı saydam özelliktedir. Tüpün boyutu deşarj esnasındaki ısıyı koruyabilmek için küçüktür. Silindirik tüplerde lamba, oluşacak yüksek sıcaklık değerlerine karşı, yay-çubuk gibi yapılarla desteklenmektedir.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambada deşarj tüpünü saran dış ampul çeperi bulunmaktadır. Bu çeper sayesinde deşarj tüpünün sıcaklığı belirli bir seviyede tutulabilmekte ve çeper içerisindeki malzemeler korozyondan korunabilmektedir. Dış çeper termik şoklara dayanıklı olacak şekilde cam veya kuvarzdan yapılmaktadır. Günümüzde ticari olan lambaların dış çeperi elipsoit ya da saydam tüp şeklindedir. Elipsoit yapıdaki lambaların noktasal ışıklılığını düşürmek için lambanın iç çeperi bir toz ile kaplanmaktadır [2].

Lamba deşarj tüpü içerisinde sodyum, cıva ve bir soygazdan oluşan gaz karışımı bulunur. Tüp içerisindeki bulunan sodyum gazı ışımanın büyük kısmını gerçekleştirirken, kolay iyonize olma özelliğine sahip soygaz ateşlemeyi kolaylaştırır. Tüp içerisindeki cıva ise, tüpün gaz basıncını ve lamba çalışma gerilimini düzenleyici rol üstlenir.

Lambanın elektrotları tungsten çubuk ve etrafına sarılı tungsten telden oluşmaktadır. Düşük güçteki lambalar tek başlatıcıya sahipken, büyük güçteki lambalarda buna ek olarak yardımcı başlatıcılar bulunmaktadır. Şekil 2.1’de tüp biçimli, yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lamba ve bileşenleri gösterilmiştir[3].



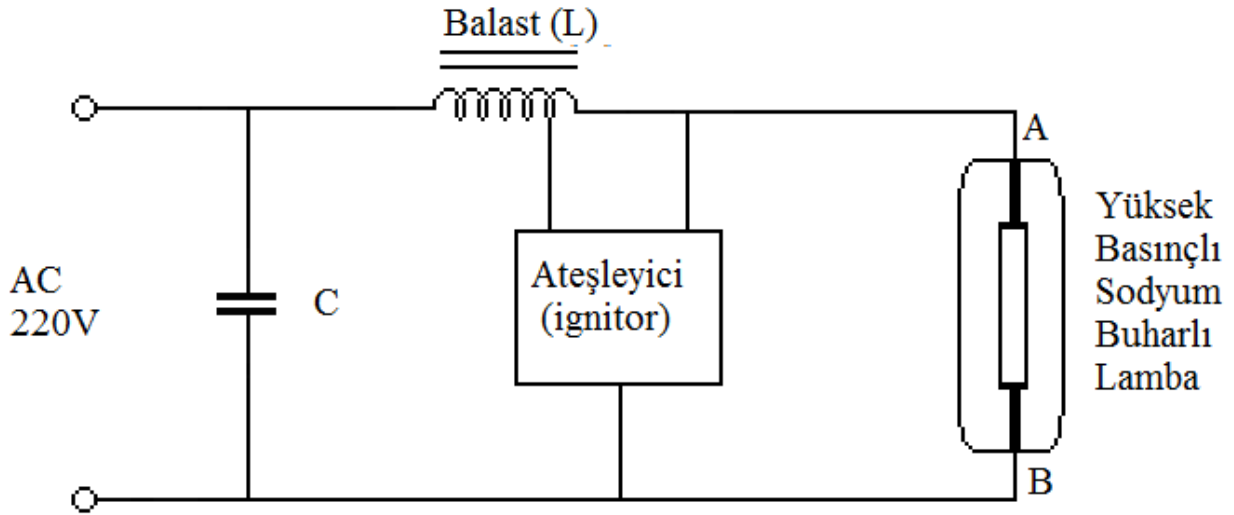
Şekil 2.1 Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lamba ve Bileşenleri [4]

2.2. Elektriksel Karakteristik

Diğer birçok deşarj lambasında olduğu gibi yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın da azalan bir gerilim-akım karakteristiği vardır. Bu durumdan ötürü, lambanın çalışma devresinde seri bağlanması gereken bir akım sınırlayıcı eleman gerekmektedir. Bu eleman genelde endüktif bir balast olarak seçilmektedir. Lambanın elektriksel karakteristiği başlangıçta, ısınmada ve karalı halde değişiklik arz ettiğinden her bir karakteristik aşağıda farklı başlıklar altında incelenmiştir.

2.3. Başlangıç

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda başlama elektrotu olmadığı için başlangıçta deşarj tüpü içerisindeki gazın iyonize olması için lambaya 1,5 kV ila 5kV arasında yüksek gerilim uygulanması gerekir. Bu gerilimi uygulamak üzere geliştirilmiş olan elektronik devrelere ateşleyici (ignitor) adı verilir. Ateşleyicilerin ürettiği yüksek gerilim darbesinin genişliği birkaç mikro saniye olmasına karşın, deşarj tüpündeki gazın iyonizasyonu için yeterlidir. Tabi tüm bu gerilim darbeleri lambaya uygulandığı için lamba, duy, lamba devresinde bulunan kablolar vb. elemalar izolasyon açısından bu gerilim darbesine uygun olmalıdır. Yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lambayı çalıştırabilmek üzere tipik bir sürme devresi Şekil 2.2’de verilmiştir.



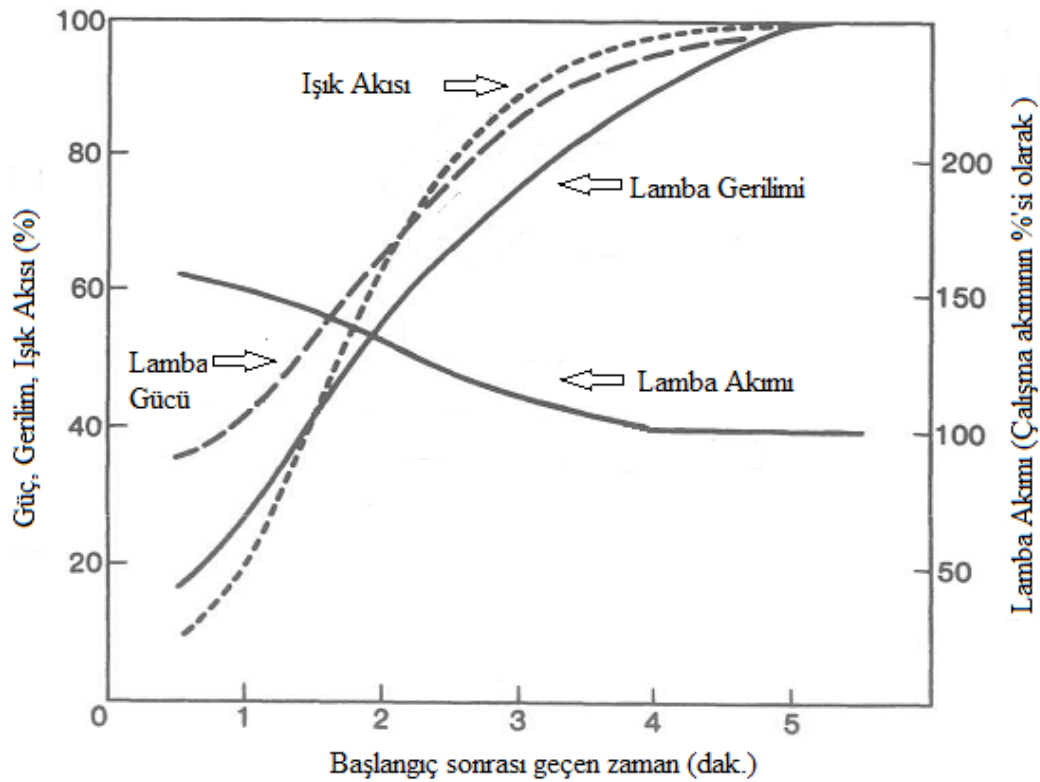
Şekil 2.2 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambanın Sürme Devresi

Diğer yüksek basınçlı deşarj lambalarında olduğu gibi bu lambada da anlık enerji kesintisi lambanın sönmeye neden olur. Tekrar sistem enerjilense dahi deşarj tüpünde basınç değeri tekrar iyonizasyonun başlayacağı seviye inmeyene kadar lamba içinde deşarj başlayamaz. Yani lamba yanmaz. Bu durum yaklaşık 30 saniye kadar sürer. Bu süre diğer deşarj lambalarıyla karşılaştırıldığında oldukça kısadır. Eğer lambanın iç basıncı düşmeden tekrar başlatılması istenirse 20 kV gibi yüksek gerilim darbeleri uygulanması gerekir. Ancak bu gerilim ayrı bir izolasyon problemi oluşturacağından uygulamada çok tercih edilmez[2]. Bu lambalar -40 °C'ye kadar

olan sıcaklıklarda normal çalışabilirken, bu değerin altındaki sıcaklıklarda ateşleme için çok daha yüksek ateşleme gerilimine ihtiyaç duymaktadır[3].

2.4. Rejime girme

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambada deşarj başladıktan sonra lamba kararlı hale gelene kadar belirli bir süre ısınır. Bu süreçte deşarj tüpünde basınç değeri düşük olduğundan lambanın çektiği güç ve lambanın ışık akısı düşüktür. Bu lambaların rejime girme süresi lamba gücüne bağlı olarak 1,5 ile 6 dakika arasında değişmektedir. Rejime girme sürecindeki bir lambanın elektriksel ve ışıksal karakteristiği Şekil 2.3’de verilmiştir[2].



Şekil 2.3 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambanın Elektriksel ve Işıksal Karakteristiği

SON ve SON - T tipi sodyum buharlı lambaların ateşlenmesi için gerekli olan ateşleme geriliminin değerinin yanı sıra yükselme zamanı ve darbe genişliği gibi yapısal özellikleri de önemlidir. SON tipi 50 ve 70 W'lık lambalar dahili ateşleyiciye sahiptirler ve tekrar ateşleme yapabilmeleri için diğer lambalara göre daha uzun bir

süre soğumaları gerekmektedir. Bu tip lambalar için tekrar ateşlenme süresi yaklaşık olarak 15 dakikadır. Diğer SON tipi lambalar için tekrar ateşleme süresi lamba gücüne göre değişmekle beraber 2-3 dakika, rejime girme süresi ise yaklaşık 5 dakikadır. SDW-T tipi sodyum buharlı lambaların CSLS kontrol üniteleriyle kullanılması durumunda tekrar ateşleme süreleri 1 dakika, rejime girme süresi 2 dakika seviyesindedir[3]

2.5. Kararlı Hal

Her bir yüksek basınçlı sodyum lamba serbest yanma durumunda, standart bir balast ve sabit gerilim altında lamba gerilimi için belirlenmiş limitler içerisinde çalışmak üzere dizayn edilir. Bu lamba gerilimi için belirlenen limitler IEC 662 standartında verilmiştir. Ayrıca bu standartta lambanın armatür içerisinde olması durumu için lamba gerilimlerinde müsaade edilen limitler belirtilmiştir. Tüm bu lamba gerilim limitleri bir lambanın kararlı halde ömrü boyunca çalışabilmesini sağlamak için belirlenmiştir[2].

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar diğer sodyum buharlı lambalardan farklı olarak her konumda yanabilir ve yanma konumunun lambanın ışık akısı üzerine bir etkisi yoktur. Bu lambalar için önerilen çalışma periyodu 11 saat çalışma 1 saat bekleme şeklindedir. Yüksek basınçlı sodyum lambaların ömürleri boyunca ışık akısı oldukça karardır. Lambanın tüm ömrü boyunca verdiği ışık akısı ortalama olarak başlangıçtaki ışık akısını %90'ı kadardır. Lambanın yaydığı ışık akısı çevre sıcaklığından çok etkilenmez

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar manyetik balast kullanılarak %50, elektronik balast kullanılarak %35 oranında dimmerlenebilirler.

3. ÖZELLİKLERİ

- Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların yukarıda bölüm bölüm sıralanan özellikleri aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.
- Çalışmak için yardımcı elemanlara ihtiyaç duyarlar. (Balast + Ateşleyici)

EK-1 Literatür Taraması

- Dimmerlenebilirler.
- Yatay veya dikey her konumda yanabilirler.
- Söndükten sonra hemen yanmazlar. (Minimum 30 saniye)
- Başlangıçtan sonra rejime girmek için belirli bir süre az ışıma yaparlar
- Ömürleri 15000 ile 25000 saat arasındadır.
- Işıksal etkinlikleri 70-150 lm/W arasındadır.
- Renksel geriverimleri iyi değildir. (Ra:20-40)
- Çalışırken ısınırlar.
- Işıksal verimlerinin büyük bir kısmını ömürleri boyunca korurlar.
- Işık küçük bir alandan yayıldığı için armatür tasarımı kolaydır.

4. KULLANIM ALANLARI

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yüksek ışıksal etkinlikleri ve düşük renksel geriverimleri nedeniyle genelde dış aydınlatma uygulamalarında kullanılmaktadır. Özellikle yol aydınlatmasında kullanılan bu ışık kaynaklarının diğer kullanım alanları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Otoyolların ve sokakların aydınlatılmasında
- Tünel aydınlatmasında
- Meydanların aydınlatılmasında
- Tarihi yapıların aydınlatılmasında
- Limanların aydınlatılmasında kullanılmaktadır [5].

4.1. İndüksiyon Lambaları

Elektrotsuz lambalar olarak da anılan indüksiyon lambaları teorik olarak günümüzden 100 yıldan fazla öncesinde bulunmuş olan bir ışık kaynağıdır. Bu ışık kaynağı ilk olarak 1884 yılında W. Hittorf tarafından bulunmuştur. Bu kaynağın çalışmasına dair tam gözlemler J. J. Thomson, N. Tesla vd. tarafından ortaya konulmuş ve ilk olarak J. J. Thomson tarafından 1927 tarihinde yayınlanmıştır.

Ancak aradan onlarca yıl geçmesine rağmen yüksek frekanslı güç dönüşümünü sağlayan, pahalı olmayan ve emniyetli elektrik devreleri geliştirilemediğinden bu ışık kaynağı ticari olarak üretilmemiştir [6]. Ticari olarak 1990'lı yıllardan sonra birçok indüksiyon lambası üretilse dahi yüksek maliyetleri nedeniyle çok yaygınlaşamamıştır[3]. İndüksiyon lambaları bazı kaynaklarda düşük gerilimli deşarj lambaları (Low Voltage Discharge - LVD) ismiyle de anılmaktadır.

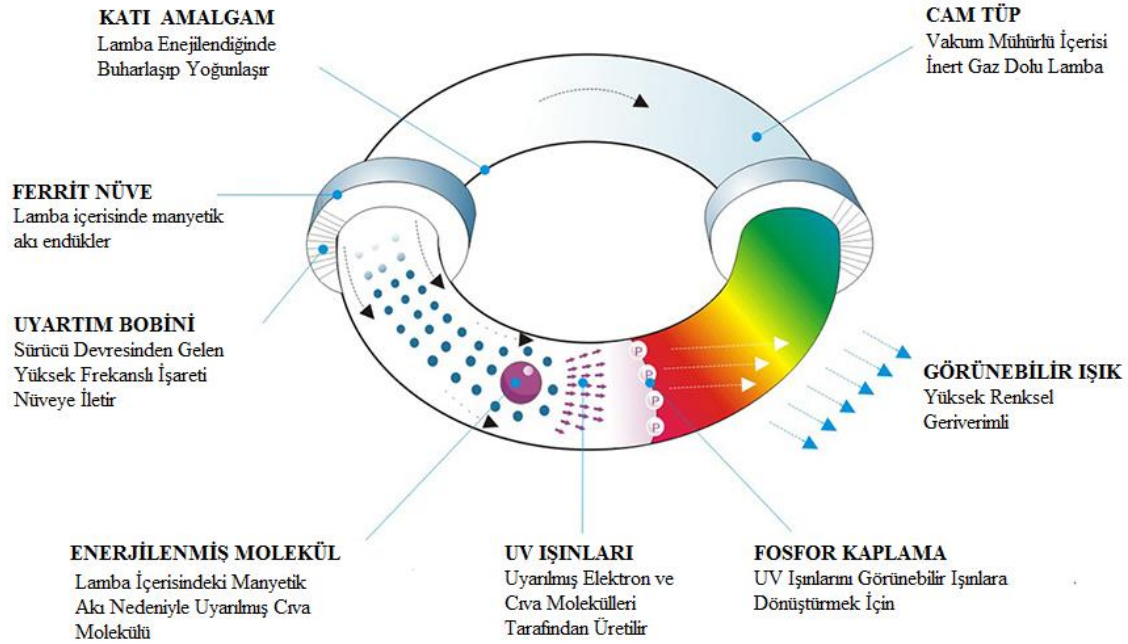
Wharmby indüksiyon lambaları hakkında yaptığı detaylı inceleme çalışmasında bu lambaların önemli özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- İndüksiyon lambaları diğer lambalarda olduğu gibi elektrot bulundurmadiğinden şeklen bir sınırlayıcıları yoktur. Farklı şekillerde üretilebilir. Örneğin enkandesan lambalar benzer bir biçimde üretilip enkandesan lambaların kullanıldığı yerlere takılabilir. Ayrıca bu lambalarda elektrodun olmayışı lamba içerisindeki gaz karışımı sınırlarını da ortadan kaldırmaktadır.
- İndüksiyon lambaları dışında kalan deşarj lambalarında lamba ömrünün sonlandıran en önemli etken elektrotlarda oluşan problemlerdir. Bu lambalarda da elektrot bulunmadığından LVD lambalar çok uzun bir çalışma ömrüne sahiptir.

İndüksiyon lambaları 4 farklı tipte yapılabiliyor olmasına karşın bunlardan 2 tipi EMI değerleri ve ucuza üretilebiliyor oluşu nedeniyle ticari olarak üretilmektedir[7].

5. ÇALIŞMA PRENSİBİ VE BİLEŞENLER

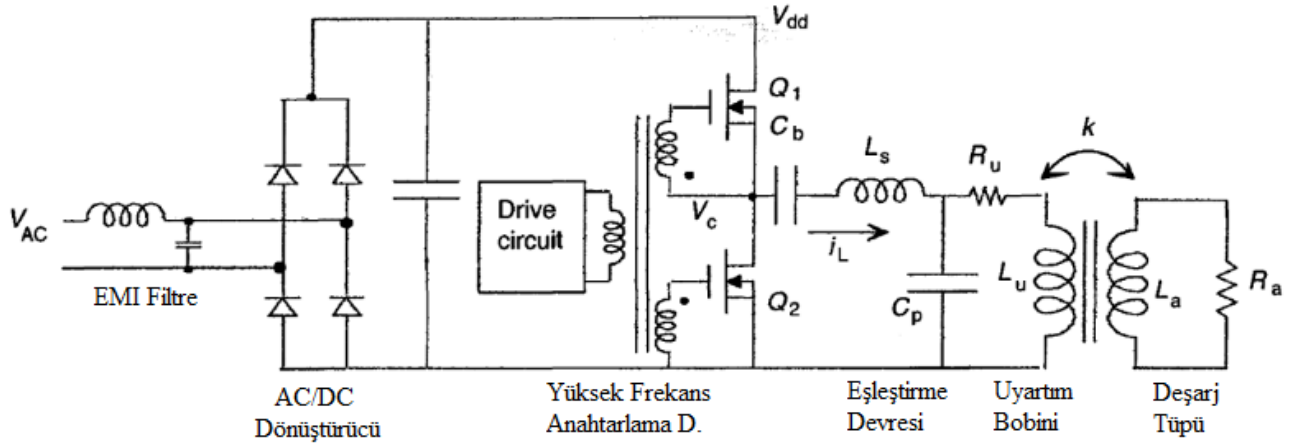
Genel olarak üretilen indüksiyon lambalarının içerisi düşük basınçlı cıva buharı barındırmakta ve ışık geçiren lamba iç yüzeyi floresan ile kaplanmaktadır. Temel olarak çalışma esnasında, sürücü devre tarafından uygulanan yüksek frekanslı işaret gaz dolu lamba içerisinde bir magnetik alan oluşturmakta ve bu alan cıva buharını iyonize ederek deşarjı başlatmaktadır. Bu deşarj esnasında açığa çıkan UV ışınları lamba iç yüzeyinde bulunan floresan malzemeye çarparak göz tarafından görülebilen ışığa dönüşmektedir. Çalışma prensibinin dıştan uyarımlı bir lamba üzerinden gösterimi Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4 Dıştan Uyarımlı İndüksiyon Lambasında Görünebilir Işığın Oluşumu[Elx]

İndüksiyon lambaların ışıması için megahertz seviyesinde frekanslarda bir işaret kullanıldığından elektromanyetik girişime neden olurlar. Bu nedenle, indüksiyon lambaları için uluslararası CISPR regülasyonları belirlenmiştir. Yine bu lambalarda EMI değerlerini azaltmak için lambanın iç yüzeyi ışık geçiren bir iletken malzeme ile kaplanmıştır.

Ticari indüksiyon lambaları iki tiptir. Bunlardan küçük güçlü olanları genellikle içten uyarımlı, büyük güçlü olanlar ise dıştan uyarımlıdır. İçten uyarımlı indüksiyon lambalarında uyarım bobini ferrit nüve üzerine sarılmış yaklaşık 10 sarımlık izole bakır telden oluşmaktadır. Bu sargının endüktansı yaklaşık 10 μ H ve nüveyi oluşturan ferromanyetik malzemenin geçirgenliği nüve çok küçük olmadığı müddetçe kritik olmamakla birlikte lambanın çalışması esnasında oluşacak manyetik akı altında ısınmayacak şekilde seçilir. Uyarım bobinine gerekli sinyali veren yapıya sürücü devresi denilmektedir. İndüksiyon lambaları için tasarlanmış bir sürücü devresine ait bileşenler Şekil 2.5'te verilmiştir[7].



Şekil 2.5 İndüksiyon Lambası için Tasarlanmış bir Sürücü Devresi

Yukarıda sematik gösterimi verilen sürücü devresi birkaç bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki doğrultucu devresi ve EMI filtre devresidir. Bu devrelerden doğrultucu devresi, AC olan şebeke gerilimini DC gerelime dönüştürmek, EMI filtre devresi ise şebekeden çekilen akımın biçimini sinüs biçimine yaklaştırmak üzere sürücü devresine eklenmiştir. İkinci ve en önemli devre ise indüksiyon lambalarının çalışabilmesi için gerekli olan yüksek frekanslı DC işareti sağlayan anahtarlama devresidir. Bu devrede % 50 çevrim içi süreli bir kare dalga ile sürülen, yarım köprü biçiminde bağlı MOSFET elemanları bulunmaktadır. Sürücüdeki üçüncü ve son devre ise iyonize olmuş civa buharına maksimum enerjiyi aktarmak üzere tasarlanmış olan bir eşleştirme devresidir[7]

Bu devrede en büyük problem çıkış kondansatörünün her yarı periyotta dolup diğer yarı periyotta boşalması nedeniyle yüksek çalışma frekansına bağlı olarak artan güç kayıplarıdır. Yarım köprü anahtarlama düzeneği nedeniyle oluşan bu güç kaybının eşitliği CV^2f dir. İndüksiyon lambalarında deşarjın başlaması ve sürekliliği için tasarlanan sürücü devrelerinde frekans çok yüksek olduğundan bu güç kaybının değeri yüksek olmakta ve sistem performansını negatif etkimektedir.

Sürücünün çıkış kondansatöründeki kayıpları azaltmak için sıfır voltaj anahtar geçişi ya da diğer bir ifade ile rezonans geçiş yöntemi uygulanır. Bu yöntemle oluşturulmuş devreler az elemanlı ve oldukça dayanıklıdır. Bu yönüyle lamba içinde

sürücü devresi olarak kullanılabilir. Lamba içi sürücü devresi olarak kullanıldığı zaman en büyük mühendislik problemi bazı önemli parçaların ısınmasıdır. Bu parçaların ısınıp ömrünü tamamlaması lambanın ömrünü azaltmaktadır. Dolayısıyla, sürücü devresi lamba içinde olan modellerde lamba ömrü, sürücü devresi dışarda olanlardan azdır. Tabi bu durum kendinden balastlı deşarj lambaları için de geçerlidir.

5.1. Dip Bağlantılı İndüksiyon Lambaları

Tarihsel açıdan ilk üretilen indüksiyon lambaları dip bağlantılı indüksiyon lambalarıdır. Bunların ilk örnekleri Matsushita ‘Everlight’ markasıyla Japonya’da diğeri Philips ‘QL’ markasıyla daha geniş bir coğrafyada bulunabilen ve her ikisi de 1991 yılında üretime başlamış olan indüksiyon lambalarıdır. Her iki firma da indüksiyon lambasının çok uzun ömre sahip olma potansiyelini sektörde değerlendirmiştir. İçerisinde elektrot bulundurmayan bu ışık kaynaklarının ömrünün teorik olarak limitsiz olması nedeniyle lambaların çok uzun bir süre çalışabileceği konusunda garantiler verilerek satışa sunulmuştur. Bu lambanın pratikte ekonomik ömrü ise lambanın üzerinde biriken toz vb. kirler, fosfor tabakasındaki bozulma ve sürücü devre ile sınırlıdır. Aşağıda Şekil 2.6’da dip bağlantılı bir indüksiyon lambası ile sürücü devresine ait fotoğraf verilmiştir[7].



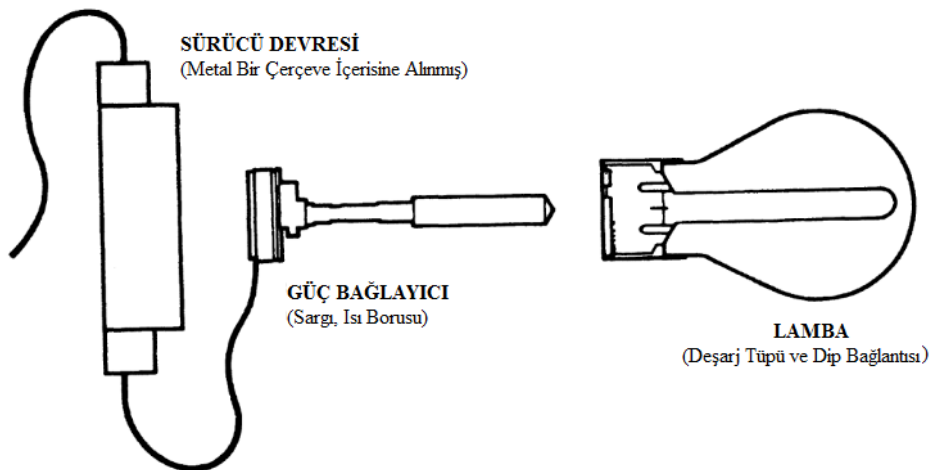
Şekil 2.6 Dip Bağlantılı bir İndüksiyon Lambası ile Sürücü Devresinin Dıştan Görünüşü[3]

Üretildiği dönemde mevcut ışık kaynaklarına göre çok uzun bir süre olan 60000 saat gibi ekonomik ömre sahip olan bu ışık kaynakları özellikle lamba değişiminin

tehlikeli ve zor olduğu yerlerde kullanılmıştır. Matsushita'nın ticari tarihçesinde bu lambaların köprülerde, kulelerde, gökdelenlerin dış aydınlatmasında ve yol tabelaları gibi ulaşılması zor yerlerde kullanıldığı görülebilir. Yine Philips'in ticari tarihçesinde bu lambaların kulelerin, 40m yükseklikte bulunan bir tabelanın, tünellerin ve yolların aydınlatmasında kullanıldığı görülebilir. Ayrıca ticari arşivlerde bu lambaların ömrü nedeniyle avantajlı olduğu birçok iç ve dış aydınlatma uygulamasında da kullanıldığı görülebilir.

Dip bağlantılı indüksiyon lambaları iki farklı tipte yapılmıştır. Bunlardan Matsushita'nın geliştirdiği 'Everlight' dıştan uyartımlı iken Philips'in geliştirdiği 'QL' içten uyartımlıdır. Dıştan uyartımlı lambalarda EMI değerlerini belirli bir seviyede tutmak için lamba metal bir ağ tabakası ile örtülmüştür.

İçten uyartımlı olan indüksiyon lambasına 2,65 Mhz frekansında gerilim üreten sürücü devre lambadan ayrı bir kutu içerisine yerleştirilmiş ve ekranlı bir kablo ile lambaya bağlanmıştır. Bunun en önemli nedeni sürücü devresini deşarjın olduğu lambadan uzak tutarak aşırı sıcaklıklardan korumak ve sürücünün lamba çalışır durumda en az 6 yıl bozulmadan çalışmasını sağlamaktır. Şekil 2.6'da dip bağlantılı ve içten uyartımlı bir lambanın bileşenleri ile sürücü devresinin dıştan görünüşü verilmiştir[7].



Şekil 2.7 Dip Bağlantılı bir İndüksiyon Lambasının Bileşenleri ile Sürücü Devresi

İçten uyartımlı bu lambada bazı özel teknolojiler kullanılmıştır. Bunlardan biri güç bağlantısını sağlayan ve ortadaki parçada yer alan ısı borusudur. Bu boru ferit nüve

üzerinde oluşan ısıyı dışarı atmak üzere güç bağlantısı aparatına eklenmiştir. Bir diğer özel teknoloji ise yine güç bağlantısı aparatında bulunan iki sargıdır. Bu sargılardan biri akım taşıırken diğeri birinci sargının arasına sarılmış ve sadece bir ucu birinci sargının ucuna bağlanmıştır. Böylece birinci sargının oluşturduğu manyetik alanın bir kısmı ikinci sargı tarafından engellenmiş olmaktadır. Sonuç olarak, bu sayede EMI değerlerinden biri olan ortak modda terminal gerilimi bozulma değerleri aşağı çekilmektedir.

İçten uyartımlı indüksiyon lambalarında iki yerde amalgam bulunur. Bunlardan biri ve önemli bir kısmı dip noktasına yakın olan küçük tüpte yer almaktadır. Küçük tüpteki bu amalgam lamba yandıktan sonra lambanın yanmaya devam etmesi için gerekli olan civa buharını sağlar. Diğer amalgam ise deşarj tüpünün girintisi üzerinde ağ biçiminde yerleştirilmiştir. Ağ biçiminde yerleştirilmiş olan bu amalgam uyartım sargısına oldukça yakın olduğundan ve ısı olarak deşarjla temas içinde olduğundan lambanın kısa bir süre içerisinde kararlı hale gelmesine yardımcı olur. Bu amalgam lamba deşarja başladıktan sonra çok kısa bir süre içerisinde buharlaşır ve lamba 10 saniye içerisinde % 80 etkinliğe ulaşır. Lamba söndüğünde ise bu ağ yapı civa buharlarını büyük bir kısmının üzerinde yoğunlaşmasını sağlar. Böylece lamba bir sonraki çalışmaya hazır olur.

Dip bağlantılı LVD lambaların 110 V ve 230 V gibi iki farklı gerilim seçeneği bulunmaktadır. Bu lambaların renksel geriverimleri $R_a > 80$ seviyesinde olup iç aydınlatmada da kullanılabilecek seviyededir. Farklı renk sıcaklıkları için fosfor tabakası çeşitlenebilmektedir. Yani birçok farklı renk sıcaklıklarında üretilebilmektedir. Lambanın çalışması için ve tekrar çalışabilmesi için yüksek basınçlı deşarj lambalarında olduğu gibi bir gecikme söz konusu değildir. Bu lambaların deşarja başlaması için 0,1 saniye yeterlidir. Bu lambaların kararlı halde ışıksal etkinliği ise 63-75 lm/W seviyesindedir[7].

5.2. Dıştan Uyartımlı İndüksiyon Lambaları

Dıştan uyartımlı indüksiyon lambalarının çalışma prensibi içten uyartımlı lambalarla aynı olmakla birlikte çalışma yönünden aralarındaki en önemli fark uyartımı sağlayan nüvenin içte olmak yerine dışta olmasıdır. Diğer önemli fark ise sürücü

devresi frekansının 2,65 MHz yerine 0,25 MHz (250 kHz) olmasıdır. Bu frekanstaki EMI değerlerini sınırlamak içten uyartımlı lambalara göre oldukça kolaydır. Ancak şekilsel olarak nüvenin lamba içerisinde bulunmayışı EMI değerlerini sınırlamak üzere oluşturulan faraday kafesinin yerinin değişmesine neden olmaktadır. Bu tür lambalarda EMI değerlerini belirli değerler altında tutabilmek ve yüksek yansıtma oranını sağlamak için lamba dışındaki ferrit nüveler alüminyum bir faraday kafesi ile kaplanmıştır. Bu lambaların ışıksal etkinlikleri 65-85 lm/W seviyesinde olup renk sıcaklıkları 3000 – 5000 K aralığındadır. Renksel geriverimleri $R_a > 80$ olup iç aydınlatma uygulamalarında da kullanılabilecek niteliktedir. Günümüzde lamba ömürleri üretici kataloglarında 100000 saat olarak belirtilse de ekonomik ömürleri 80000 saat seviyesindedir. Bu haliyle en yakın rakibine göre 30000 saat fazla ömre sahip olan bu lambalar servis ömrü en uzun olan ışık kaynaklarıdır. Şekil 2.8’de dıştan uyartımlı bir indüksiyon lambası ile sürücü devresine ait fotoğraf verilmiştir[7].



Şekil 2.8 Dıştan Uyartımlı bir İndüksiyon Lambası ile Sürücü Devresi[3]

Dıştan uyartımlı indüksiyon lambalarının ışınma alanı oldukça büyüktür. Bu nedenle lambanın yüzeysel ışıklılığı, aynı ışık akısına sahip diğer ışık kaynaklarına göre düşüktür. Lambanın yüzeysel ışıklılığının düşük olması nedeniyle gözlemcilerde kamaşmaya neden olmaz. Tüm bunların yanında ışınma alanının büyüklüğü dıştan uyartımlı lambaları barındıran armatürlerin büyümesine neden olmakta ve optik tasarımını zorlaştırmaktadır.

İndüksiyon (LVD) lambaların yukarıda bölüm bölüm sıralanan özellikleri aşağıda

maddeler halinde özetlenmiştir.

- Çalışmak için yardımcı elemanlara ihtiyaç duyarlar. (Yüksek Frekanslı Balast)
- Dimmerlenebilirler.
- Yatay veya dikey her konumda yanabilirler.
- Söndükten sonra hemen yanabilirler (0,1s).
- Başlangıçtan 10 saniye sonra %80 ışıksal etkinliğe ulaşabilirler.
- Ömürleri 10000 ile 100000 saat arasındadır.
- Işıksal etkinlikleri 65-85 lm/W arasındadır.
- Renksel geriverimleri iyidir ($R_a > 80$).
- Elektro manyetik girişime neden olurlar.
- Işıksal verimlerinin büyük bir kısmını ömürleri boyunca korurlar.
- Işık geniş bir alandan yayıldığı için armatür tasarımı zordur.

6. KULLANIM ALANLARI

- İndüksiyon lambaları ortalama olan ışıksal etkinlikleri, yüksek renksel geriverimleri ve çok uzun olan servis ömrü nedeniyle genelde lamba değişiminin zor olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu ışık kaynaklarının kullanım alanları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.
- Köprülerin aydınlatılmasında
- Tünel aydınlatmasında
- Yolların aydınlatılmasında
- Gökdelenlerin dış kısmının aydınlatılmasında
- Yüksek tavanlı yerlerin aydınlatılmasında kullanılmaktadır.

7. IŞIK KAYNAKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde yukarıda ayrı ayrı incelenmiş olan Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı (YBSB) lamba ile indüksiyon lambası bir yol aydınlatması uygulaması üzerinden karşılaştırmalı olarak incelenecek ve aralarındaki farklar özetlenecektir.

Yol aydınlatmasında amaç araç hızları ve yaya yoğunluğuna göre yol yüzeyinde uygun parıltı değerlerini elde etmektir. Farklı yol durumları için parıltı değerleri, düzgünlük faktörleri vb. gereklilikler TS EN 13201 standartında belirtilmiştir. Bu standart incelendiğinde, yol sınıfına göre enine, boyuna düzgünlük, parıltı seviyesi, çevreleme oranı gibi değerlerin istenilen seviyede olmasının gerektiği belirtilmiştir. Bu kriterleri sağlayabilmek üzere belirli aralıklarla dikilmiş direkler üzerine yerleştirilmiş aydınlatma armatürleri kullanılır. Bu armatürlerin en temel amacı, içerisindeki ışık kaynağından (lamba) çıkan ışıkları yol yüzeyine ilgili standarda belirtilen kriterlere uygun olarak yönlendirmek ve lamba ile sürücü devresini çevresel şartlardan korumaktır. Armatürlerin en önemli bileşeni ise ışık kaynağıdır. Yol aydınlatması için tasarlanmış bir armatürde ışık kaynağı olarak YBSB lamba veya alternatif olarak indüksiyon lambası kullanılmasının karşılaştırılması aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- İndüksiyon lambasında ışık geniş bir alandan yayıldığı için armatür tasarımı zordur. Işıksal yönlendirmeler, her ne kadar tasarım üzerinde çalışılarak istenilen seviyeye getirilebilse de aynı ışıksal güç için indüksiyon lambasının kullanıldığı armatürler boyutça büyüktür.
- YBSB lambada ışık dar bir alandan yayıldığı için armatür tasarımı kolaydır. Ancak ışığın dar bir alandan çıkıyor olması kaynağın parıltısını yükseltmekte ve gözlemcide kamaşmaya neden olabilmektedir.
- İndüksiyon lambasında sürücü devresinin çıkış frekansı çok yüksek olduğundan ve çıkış gerilimi giriş geriliminden çok etkilenmediğinden fliker etkisi gözlenmez. Ancak manyetik balasta sahip YBSB lambada bu etki görülebilir. Elektronik balast kullanılarak bu etki YBSB lambalı armatürler için de kaldırılabilir.
- YBSB lamba birim fiyat açısından indüksiyon lambasına göre ucuzdur. Ancak bakım sıklığı indüksiyon lambalara göre yüksektir.
- İndüksiyon lambasının ışığının spektral dağılımı birçok dalga boyunu barındırır dolayısıyla renksel geriverimleri YBSB lambaya göre çok daha iyidir.

EK-1 Literatür Taraması

- YBSB lambanın ışıksal etkiliği indüksiyon lambasına göre daha iyidir. Işıksal etkinlik değeri küçük güçlerde birbirine yakınlaşmakta, büyük güçlerde uzaklaşmaktadır.
- İndüksiyon lambasının ekonomik ömrü YBSB lambaya göre çok uzundur. Dıştan uyartımlı bir indüksiyon lambasının ekonomik ömrü YBSB lambanın ortalama 4 katıdır.
- İndüksiyon lambasının kararlı hale gelmesi ve tekrar deşarja başlaması için geçmesi gereken süreler YBSB lambaya göre çok azdır.
- YBSB lamba dünyada yaygındır ve bir çok üreticisi bulunmaktadır. Dolayısıyla tedarik süreci kolaydır. İndüksiyon lambasında ise bu durum kısıtlıdır.
- İndüksiyon lambaları elektro manyetik girişime neden olabilirler. Ancak standartlar çerçevesinde üretilmiş ve tasarlanmış olan armatürlerde bu değerler sınırlandırılmıştır.

8. KAYNAKLAR

- [1] The Lighting Handbook, 10th Edition, Illuminating Engineering Society, 2011
- [2] Lamps and lighting, J. R. Coaton, M. A. Cayless, Alfred Michael Marsden , Butterworth Hainemann, 1997 Chapter 13, High Pressure Sodium Discharge Lamps, S. Hollo
- [3] Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları, Adem Ünal, Birsen Yayınevi, 2014
- [4] <http://www.ledwatcher.com/>
- [5] Aydınlatma Tekniği, Muzaffer Özkaya, Turgut Tüfekçi, Birsen Yayınevi, 2011
- [6] Electrodeless lamps for lighting: a review, D.O. Wharmby, IEE Proceedings A - Science, Measurement and Technology (Volume: 140, Issue: 6, Nov. 1993)
- [7] Lamps and lighting, J. R. Coaton, M. A. Cayless, Alfred Michael Marsden ,

Butterworth Hainemann, 1997 Chapter 11, Electrodeless Lamps, D.O. Wharmby