

# AKIM BESLEMELİ KENDİNDEN TETİKLEMELİ PUSH PULL EVİRİCİLİ ELEKTRONİK BALAST TASARIMI

**Selim BÖREKÇİ ve Selim ÖNCÜ\***

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, 20070, Denizli

\*Meslek Yüksekokulu, Karabük Üniversitesi, 78050, Karabük

[sborekci@pau.edu.tr](mailto:sborekci@pau.edu.tr), [soncu@karabuk.edu.tr](mailto:soncu@karabuk.edu.tr)

(Geliş/Received: 26.12.2006 ; Kabul/Accepted: 05.11.2008)

## ÖZET

Kendinden tetiklemeli elektronik balastlar, manyetik balastlara kıyasla basit ve ucuz olmanın yanı sıra sıfır gerilim anahtarlama nedeniyle yüksek verimli çalışma gibi üstünlüklere sahiptir. Elektronik balastlarda akım ve gerilim beslemeli evirici topolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu topolojiler içerisinde akım beslemeli devreler başlangıç şatlarında daha iyi geçici durum cevabı vermektedir. Bu çalışmada, 3 adet 36W T8 flüoresan lamba için, akım beslemeli push pull evirici devre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımda, push pull transformörde seçilen sarım şekli, endüstriyel üretim kolaylığı ve güvenilirliği sağlamakta ve maliyeti düşürmekle birlikte, sargılar arası kuplajı önemsenecek ölçüde azaltıcı yönde etkilemektedir. Bundan dolayı söz konusu etki göz önünde bulundurularak tasarım yapılmıştır. Devrenin deneysel çalışma sonuçları, tasarım ve elektronik simülasyondan alınan sonuçlar ile uyum göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektronik balast, push pull evirici, rezonans evirici.

## CURRENT FED SELF OSCILLATING ELECTRONIC BALLAST DESIGN WITH PUSH PULL INVERTER

### ABSTRACT

Electronic ballasts are commonly used due to several advantages; among electronic ballasts, self oscillating electronic ballasts are not only simple and cheap but also have high efficiency because of zero voltage switching technique. Current and voltage fed topologies are commonly used in electronic ballasts. When both topologies are compared, current fed has better start up transient response. In this study, current fed push pull inverter circuit is designed for three 36W T8 fluorescent lamps. In the design, push pull transformer is wounded on a partition bobbin. Although it has the advantages of easy and reliable production for industrial automation and lowering the cost of the circuit, the coupling between the coils is considerably weak. Because of this, the weak coupling is taken into account in the design. The design has agreement with experimental and simulation results.

**Keywords:** Electronic ballast, push pull inverter, resonant inverter.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji maliyetlerinin yüksek olması, tüketimde verimin önemini arttırmaktadır. Aydınlatma sistemlerinde düşük maliyetli akkor flemanlı lambalar yerine flüoresan lambaların kullanılmasıyla daha yüksek aydınlatma verimi elde edilmektedir [1].

Flüoresan lambalar şebekeye direk bağlanırlar. Lamba ilk çalışma anında çok yüksek direnç özelliği gösterir; ateşleme gerçekleştiğinde ise lambanın eşdeğer

direnci düşer. Bu özelliğinden dolayı lamba negatif direnç karakteristiğine sahiptir [2]. Başlangıç ve kararlı çalışma şartlarında farklı direnç tepkisi vermesi nedeniyle ateşleme gerilimini sağlamak ve lamba akımını sınırlandırmak için dengeleme devresi (balast) gerekmektedir [3]. Flüoresan lambaların manyetik ve elektronik balast olmak üzere iki farklı tip uygulaması vardır.

Manyetik balastı, tetikleyici ve bobin oluşturmaktadır. Tetikleyici eleman ilk çalışma anında lamba arkının

oluşmasını sağlar. Manyetik bobin lambanın şebekeden çektiği akımı sınırlandırır. Aydınlatma sistemi şebekeye bir dönüştürücü üzerinden bağlanmadığı için lamba akımı ve gerilimi şebeke frekansı ile aynı frekanstadır. Ancak lamba akımının sıfır noktasından geçtiği anlarda, lamba 100 kez (50Hz'lik şebekelerde) yanıp sönmekte, bu durum aydınlatma kalitesini düşürmektedir. Işıқта meydana gelen bu titreşim bilgisayar laboratuvarlarında, büro ve dönen makinelerin bulunduğu çalışma ortamlarında çeşitli problemlere sebep olmaktadır [4]. Manyetik balastlardaki balast bobini genellikle üretim aşamasındaki problemlerden ve balastta kullanılan malzemenin zamanla özelliğini yitirmesinden dolayı çevreye gürültü yayar. Aynı zamanda manyetik balastlar düşük güç katsayısı ile çalıştıklarından kompanzasyon gerektirir. Flüoresan lambanın elektronik balast kullanılarak şebeke frekansından daha yüksek frekanslarda (25-100kHz) çalıştırılmasıyla ışık kalitesi yükseltilmekte [4], %10-20 daha yüksek aydınlatma verimi (lm/W) [5], küçük hacim, gürültüsüz çalışma [6], daha uzun lamba ömrü ve birim güç katsayısı elde edilebilmektedir. Elektronik balast başlangıçta lambanın ateşlenmesi için yeterli yüksek gerilimi, ateşlenme sonrasında lamba akımının sınırlandırılmasını temin eden dengeleyici devre vazifesi görür.

Elektronik balastlarda flüoresan lamba için gerekli olan yüksek frekanslı dc-ac güç dönüşümünü gerçekleştirmek amacıyla birçok devre kullanılmaktadır [7-9]. Bu güç dönüşüm sistemleri genel itibariyle kendinden tetiklemeli, sürücü entegreli, akım beslemeli veya gerilim beslemeli devreler olarak sınıflandırılabilir. Çeşitli devre topolojileri kullanılarak oluşturulan bir, iki veya dört anahtarlı güç dönüştürücüler ile flüoresan lambanın ateşleme gerilimi ve yüksek frekanslı alternatif akım elde edilir.

Kendinden tetiklemeli elektronik balastların, adı geçen devre topolojileri içerisinde basit, güvenilir ve ucuz olması [6,10], kontrol için aktif eleman bulundurmaması, sıfır akım/gerilim anahtarlama sağlandığından anahtarlama kayıplarının az olması gibi üstünlükleri mevcuttur. Bu balastlardaki yarı iletken anahtarların sürümünde, herhangi bir entegre devreye ihtiyaç duyulmamaktadır.

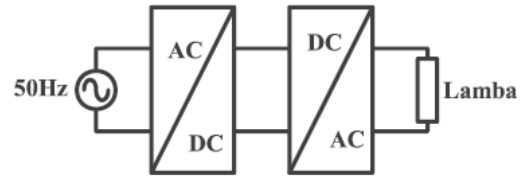
Bu çalışmada, 3 adet 36W T8 flüoresan lamba için sıfır gerilim anahtarlama akım beslemeli kendinden tetiklemeli push pull evirici devresinin tasarım, simülasyon ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarım gerçekleştirilirken push pull devresinde geleneksel sarım şekline sahip olmayan, bölümlü sargılardan oluşan transformatör kullanılmıştır. Geleneksel kullanılan transformatörlerde sarımlar üst üste yerleştirilerek araları yalıtkan madde ile ayrılır. Bu transformatörlerde primer-sekonder kuplaj katsayısı 1'e yakın olmakla beraber işçilik masrafları artmakta ve işçilik hatalarından dolayı problemler

çıkılmaktadır. Transformatörün bölümlü sargılardan yapılmasıyla üretimi otomasyona uygun hale getirilmiştir. Tabii ki bu elektriksel olarak push pull transformatörün manyetik devresini etkilemektedir. Devrede transformatörün zayıf kuplaj etkisi de hesaba katılarak tasarım yapılmıştır. Yapılan ölçümler, hesaplanan ve simülasyondan elde edilen sonuçları desteklemektedir.

## 2.PUSH PULL EVİRİCİLİ ELEKTRONİK

### BALAST (ELECTRONIC BALLAST WITH PUSH PULL INVERTER)

Yüksek frekans elektronik balast topolojileri prensip itibariyle iki aşamadan oluşur; ac-dc ve dc-ac güç dönüşüm devreleri. Şekil 1, şebeke geriliminden beslenen bir elektronik balast devresinin blok diyagramını göstermektedir. Birinci aşamada alternatif gerilim doğrultulup filtre edilir. Filtre devresi toplam harmonik bozulmayı ve güç katsayısını düzenleyici olarak görev yapar. İkinci aşamada ise doğru gerilim evirici devre ile yüksek frekanslı alternatif gerilime çevrilir.

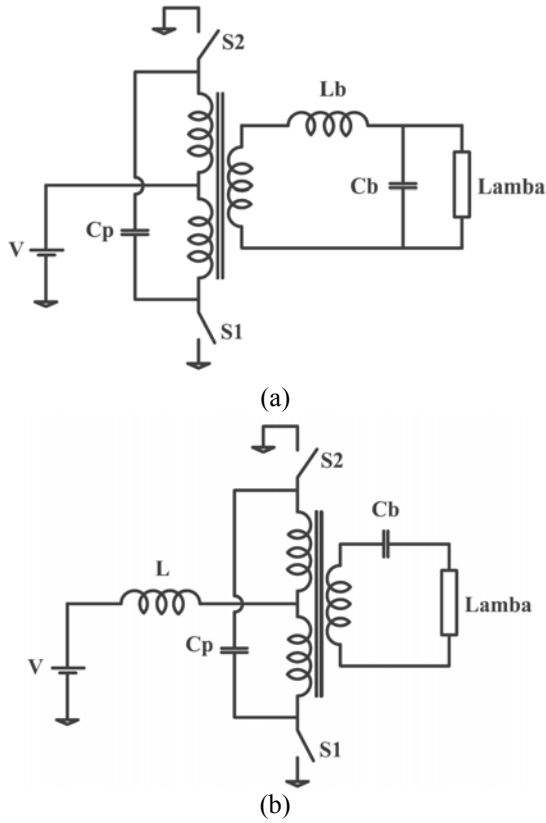


Şekil 1. Elektronik balast blok diyagramı (Electronic ballast block diagram)

Kendinden tetiklemeli push pull eviricili elektronik balastlar akım ya da gerilim beslemeli olarak tasarlanabilir. Şekil 2, akım ve gerilim beslemeli push pull elektronik balast devre topolojilerini göstermektedir. Gerilim beslemeli devrelerde (Şekil 2a) başlangıç akımı, kararlı durum çalışma değerinin 5-10 katı daha yüksek değerlere ulaşır. Akım beslemeli devrelerde ise yarı iletken anahtarlama elemanları daha yüksek gerilim altındadır. Ancak yük akımı dalga şekli sinüse daha çok benzemektedir ve lamba çıkış lümeni artmaktadır. Bununla birlikte akım beslemeli devrelerin geçici durum başlangıç akım ve gerilim değerlerinin daha düşük olması, gerilim beslemeli devreye kıyasla daha yaygın kullanılmasını sağlamaktadır [11].

Bu çalışmada Şekil 2b'de temel prensip şekli görülen akım beslemeli push pull devre topolojisi kullanılmıştır. Push pull evirici, elektronik balastın yüksek frekans dc-ac güç dönüşüm kısmını oluşturur. Evirici devre 50/60Hz şebeke geriliminden elde edilen doğru gerilimi istenilen değerdeki yüksek frekans ve genliğe çevirir.

Devre doğru gerilim kaynağı (V), akım bobini (L), primeri orta uçlu yüksek frekans transformatörü, iki adet yarı iletken anahtar (S1, S2), rezonans kondansatörü (Cp), balast kondansatörü (Cb) ve flüoresan lambadan oluşmaktadır. Devrede sabit akım



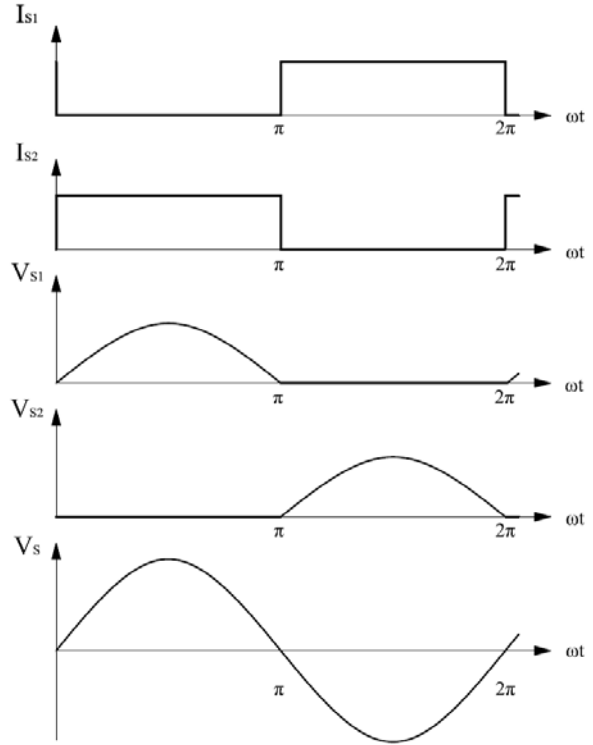
**Şekil 2.** Push pull evirici devre (a) Gerilim beslemeli, (b) Akım beslemeli (Push pull inverter (a) Voltage fed, (b) Current fed)

beslemesi, dc devre ile primer sargı orta ucuna bağlanmış akım bobini tarafından sağlanır. Primer sargıya paralel bağlı Cp kondansatörü, balast kondansatörü ve transformatörün mıknatıslanma endüktansı (Lm) sistemin rezonantta çalışmasını sağlar. Şekil 3, rezonans frekansında ( $f_r$ ) devreye ait anahtar akımı ( $I_{S1}$ ,  $I_{S2}$ ), anahtar ( $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$ ) ve sekonder gerilimi ( $V_s$ ) dalgalarını göstermektedir.

Rezonans durumunda yarı iletken anahtarların %50 anahtarlama oranı ile tetiklenmesi sağlanır. Anahtarlar sıra ile tetiklenerek sekonder sargıda birbirinin tersi polaritede gerilim indükler. Kendinden tetikleme, rezonantta çalışan transformatörde bulunan sekonder yardımcı sarımlar ile sağlanır. Bu da yarı iletken anahtarların sıfır gerilim ile anahtarlmasını gerçekleştirmektedir. Devrede bulunan kondansatör ve mıknatıslanma endüktansının yanı sıra lambanın çalışma noktası da balastın tasarım kriterlerini belirler.

## 2.1. Akım Beslemeli Push Pull Tipi Elektronik Balast Tasarımı (Current Fed Push Pull Electronic Ballast Design)

Elektronik balast devresinin tasarlanabilmesi için flüoresan lambanın çalışma noktası (lamba akımı ve gerilimi) ile balast devresini besleyecek doğru gerilim kaynağının değerinin bilinmesi gerekir. İhtiyaç duyulan değerler doğrultusunda evirici devrenin tasarımı yapılabilir. Bununla birlikte lambanın çalışma aralığı balast devresinin tasarımıyla düşük,



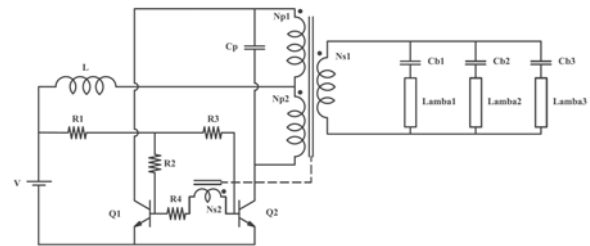
**Şekil 3.** Akım beslemeli push pull evirici teorik dalga şekilleri ( $f=f_r$ ) (Theoretical waveforms for current fed push pull inverter  $f=f_r$ )

orta veya yüksek lümen değerinde belirlenebilmektedir. Şekil 4 elektronik balastın devre şemasını göstermektedir. Burada ilk olarak transformatör primer ve sekonder değerleri belirlenir.

Rezonans frekansında anahtar uçlarındaki gerilimin tepe değeri doğru gerilim kaynağının değerine ( $V_{dc}$ ) bağlı olarak  $\pi \cdot V_{dc}$  olur [11]. Anahtar yalıtımında iken uçlarındaki gerilim aynı zamanda primer devre gerilimine eşittir. Bu durumda primer devre gerilimi ( $V_p$ ) eşit sarım sayılı  $N_{p1}$  ve  $N_{p2}$  üzerindeki gerilimlerin toplamıdır; anahtar geriliminin tepe değeri kullanılarak primer devre geriliminin etkin değeri Eşitlik 1 ile hesaplanır.

$$V_p = V_{dc} \frac{\pi}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Şekil 4'te,  $N_{s1}$  sarımı üzerindeki sekonder gerilimi ( $V_s$ ), balast kondansatörünün empedansına ( $X_{Cb}$ ),



**Şekil 4.** Tasarlanan kendinden tetiklemeli push pull eviricili elektronik balast devresi (Proposed self oscillating push pull electronic ballast)

lambanın çalışma akım ve gerilim ( $I_L$ - $V_L$ ) değerlerine göre tespit edilir.

$$V_s = V_L - jI_L X_{Cb} \quad (2)$$

Yüksek frekans transformatörünün dönüştürme oranı (a) sekonder devre geriliminin primer devre gerilimine bölümünden hesaplanabilir (Eşitlik 3). Bu değer aynı zamanda primer ve sekonder sarım sayılarının oranını da vermektedir. Ancak önceden belirtildiği gibi, düşük işçilik maliyetleri, işçilik hatalarının azaltılması, primer ve sekonder arasındaki yalıtımın daha iyi olması ve üretimde otomasyon kolaylığı gibi avantajları nedeniyle primer ve sekonder sargıların orta bacak üzerinde üst üste sarımı yerine yanyana sarılması, sargılar arasındaki manyetik etkileşimi düşürmektedir. Bu sebepten dönüştürme oranı hesaplanırken sarım şekline dolayı oluşan etkileşim katsayısını düşürücü etken göz önünde bulundurulmalıdır.

$$a = \frac{V_s}{V_p} \quad (3)$$

Dönüştürme oranının karesi ile orantılı olarak balast kondansatörü ve lamba eşdeğer direnci primer devreye yansır. Primer devreye yansıtılmış eşdeğer toplam kapasitans değeri ( $C_t$ ) Eşitlik 4 ile bulunur. Sistemin rezonans frekansı, dönüştürme oranı, transformatör miktatsızlanma endüktansı ve toplam kondansatör değerine göre değişim gösterir. Flüoresan lambaya ait parametreler, dc giriş gerilimi ve seçilen rezonans frekansı değerlerine göre balast tasarımı gerçekleştirilir.

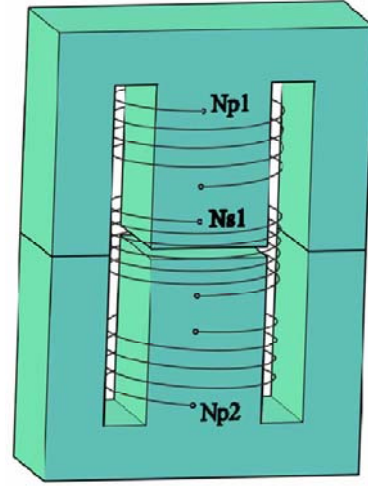
$$C_t = C_p + a^2 C_b \quad (4)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_m C_t}} \quad (5)$$

## 2.2. Tasarım Kriterleri (Design Procedure)

Devre tasarımında lambanın çalışma noktası ve DC besleme geriliminden faydalanılır. Evirici devre giriş gerilimi, çalışma frekansı ve lambanın çalışma noktası (lamba akım ve gerilimi) parametrelerine göre Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak transformatör primer ve sekonder gerilim değerleri hesaplanır. Sarımların yerleştiriliş şekli ve aralarındaki kuplaj, devre admitansına etki etmektedir. Evirici devrede kullanılan push pull transformatör Şekil 5'de görüldüğü gibidir. Litz telinden sarılmış transformatörde ortadaki sarım sekonder, kenarlardaki sarımlar ise primer sargıları oluşturmaktadır.

Şekil 5'den görüldüğü üzere primere ait  $N_{p1}$  ve  $N_{p2}$  sargıları birbirine uzak yerleştirilmiş,  $N_{s1}$  sekonder sargısı ise primer sargıların ortasına sarılmıştır. Sonuçta primer sargıların birbirine uzak yerleştirilmesi ve primer sekonder sargılarının üst üste olmayışı



Şekil 5. Tasarlanan push pull transformatör (Designed push pull transformer)

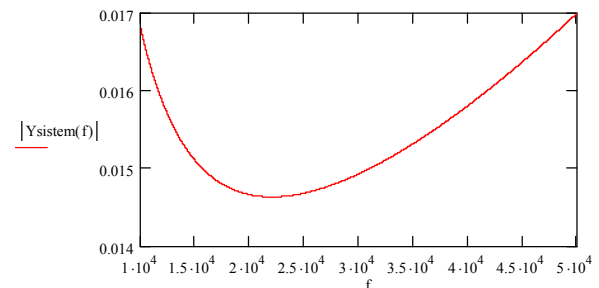
transformatördeki kuplajın düşük olmasına sebep olmaktadır.

Dönüştürme oranına etkisi olan kuplaj değeri devre tasarımı için hazırlanan prototip push pull transformatör üzerinde yapılan ölçümler neticesinde primer sargılar arasında 0.55 (kp), primer-sekonder sargılar arasında ise 0.9 (ks) tespit edilmiştir. Aşağıdaki eşitlikten tasarımda kabul edilen kuplaj değerine göre ihtiyaç duyulan primer sargı endüktans ( $L_{p1}$ ,  $L_{p2}$ ) değeri bulunur ( $L_{p1}=L_{p2}$ ).

$$L_m = L_{p1} + L_{p2} + 2kp\sqrt{L_{p1}L_{p2}} \quad (6)$$

Devrenin eşdeğer kapasitans değeri Eşitlik 4, rezonans frekansına göre ihtiyaç duyulan bobin değeri ise Eşitlik 5 ile hesaplanır. Devrede akım besleme bobini tasarım prensibi olarak rezonans bobininin 4-5 katı değerinde seçilmesiyle dc akımdaki dalgalanma sınırlandırılır.

Yukarıdaki değişkenler Eşitlik 7'de yerine konularak, primer devreye yansıtılmış frekansa bağlı admitans değeri bulunur (n: Lamba sayısı, Re: Lamba eşdeğer direnci, X: Endüktif/Kapasitif reaktans). Bu fonksiyona göre admitansın değişimi Şekil 6'da görüldüğü gibidir; sistem admitansı rezonans frekansında minimum değere ulaşmaktadır.



Şekil 6. Devre admitansının frekansa göre değişimi (Frequency response of system admittance)

$$Y_{\text{sistem}}(f) = \left[ \frac{a^2 n}{Re} + \frac{1}{jX_{Lm}} - \frac{1}{jX_{Cp}} - \frac{a^2 n}{jX_{Cb}} \right] \quad (7)$$

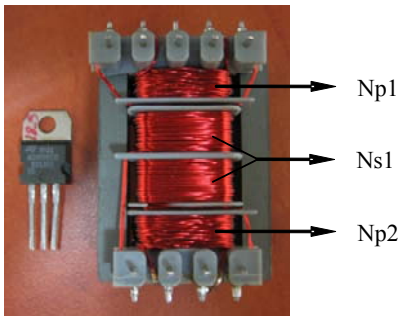
Yukarıda verilen değerler hesaba katılarak devrenin PSpice simülasyonu ve deneysel olarak çalışması gerçekleştirilmiştir.

### 3. SİMÜLASYON VE DENEYSEL ÇALIŞMA (SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY)

Push pull evirici kullanılarak 130V dc giriş gerilimi, 22kHz rezonans frekansı ve 160mA-120V (19.2 Watt) çalışma noktası için elektronik balast tasarımı gerçekleştirilmiştir. Devre, 3 adet T8 36W flüoresan lambayı yukarıdaki çalışma noktasında sürecek şekilde tasarlanmıştır. Toplam balast gücü 19.2W'ın üç katı olacaktır. Devrede balast ve rezonans kondansatörü olarak 2.2nF ve 10nF kullanılmıştır. Yukarıda verilen  $V_{dc}$ , lamba akımı, frekansı ve balast kapasitörü değerleri kullanılarak Eşitlik 1-2'den transformatör primer ve sekonder gerilimleri sırasıyla 288.7V ve 539.6V bulunur. Bu durumda transformatör dönüştürme oranı 1.86 olmaktadır.

Şekil 5'deki transformatörün prototipi Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tasarımda 2xKSC5321 BJT, ferit malzemeden yapı, E30/21/11 nüveli push pull transformatör kullanılmıştır. Transformatör üzerinde primerde 80 sarım, 3-30 AWG HPN iletkeni ve sekonderde 170 sarım 2-30 AWG HPN iletkenli mevcuttur. Bu durumda  $L_{p1}=L_{p2}=495\mu H$ ,  $L_s=5.8mH$  olmaktadır. Bunların yanında, 3x36W T8 flüoresan lamba, 3 adet MKP türü 700V 2.2nF kondansatör ve 1 adet 1000V 10nF kondansatör kullanılarak deneysel ölçümler yapılmıştır. Lamba akımı, gerilimi etkin (rms) değerleri ile rezonans frekansı değeri tasarım ve simülasyon sonuçları ile Tablo 1'de karşılaştırılmıştır. Deneysel ve tasarımdan alınan sonuçlar yakın olmakla beraber simülasyon sonuçları az da olsa farklılık göstermektedir. Bunun nedeni, devrede kullanılan elemanların tolerans değerleri ve simülasyonda flüoresan lamba yerine eşdeğer direnç kullanılmasıdır.

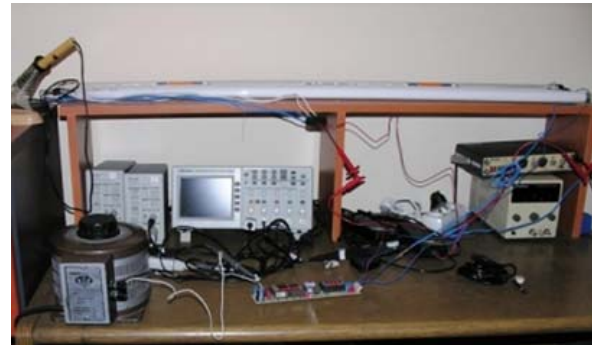


Şekil 7. E30/21/11 Nüveli push pull transformatör (Push pull transformer with E30/21/11 core)

Tablo 1. Tasarlanan, simülasyon ve deneysel çalışmadan alınan sonuçlar (Proposed, simulated and experimental results)

	Tasarlanan	Simülasyon	Deneysel
$I_{L_{rms}}$ (mA)	160	170.5	157
$V_{L_{rms}}$ (V)	120	127.9	118.5
$f_r$ (kHz)	22	22.37	22.18

Deneysel çalışmalar Şekil 8'de gösterilen elektronik balast, flüoresan lambalar, güç kaynağı ve ölçüm cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Osiloskop ile yapılan akım ölçümlerinde akım probu, gerilim ölçümlerinde diferansiyel gerilim probu kullanılmıştır.



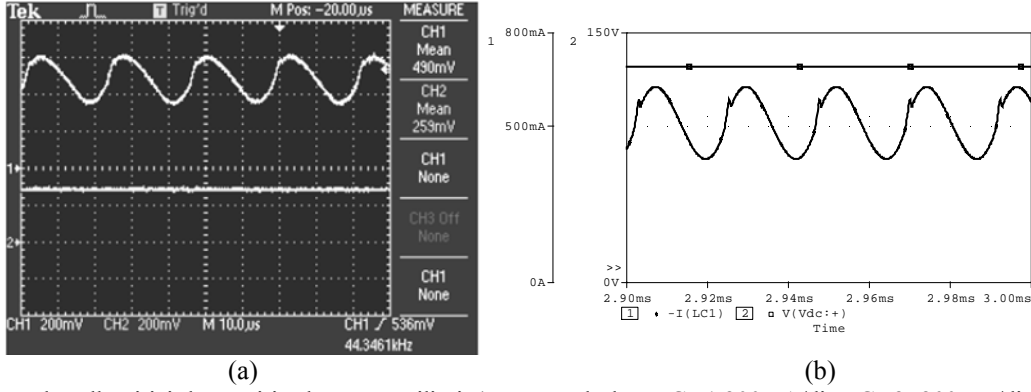
Şekil 8. Deneysel çalışmada kullanılan devre ve cihazlar (Experimental study circuit and equipments)

Şekil 9 ve Şekil 10, evirici devrede giriş akımı, gerilimi ile lamba akımı, gerilimi dalga şekillerinin deneysel ve simülasyon sonuçlarını vermektedir.

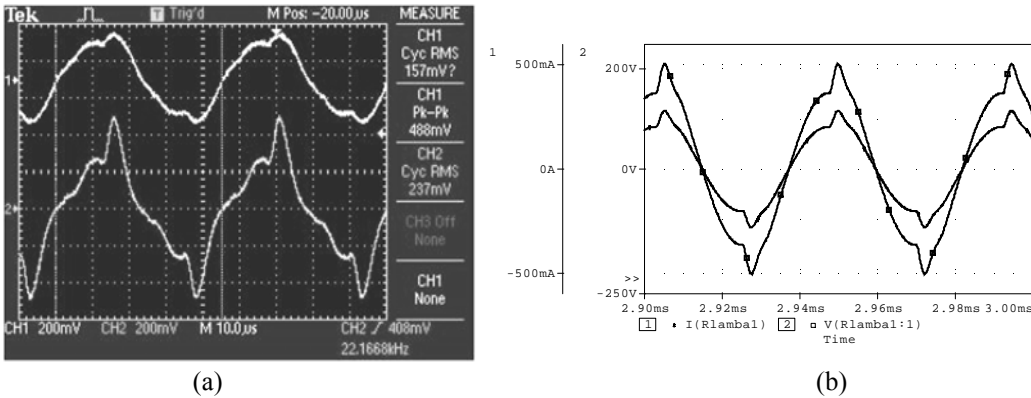
Şekil 9a ve Şekil 10a'da, birinci kanalda kullanılan akım probu 1/1 oranında, ikinci kanaldaki gerilim ölçümlerinde kullanılan diferansiyel gerilim probu ise 1/500 oranında dönüştürme yapmaktadır. Şekil 9 ve Şekil 10'da yatay eksen zaman olup, dikey eksen akım ve gerilim değerlerini göstermektedir. (1→) ve (2→) sembolleri osiloskop ekranında bir ve ikinci kanalın referans noktalarıdır. Devre simülasyonunda flüoresan lamba eşdeğeri olarak tasarlanan çalışma noktasındaki direnci kullanılmıştır. Her ne kadar flüoresan lamba direnç olarak modellenirse de, uygulamada doğrusal özellik göstermemektedir. Aynı zamanda devrede kullanılan manyetik ve yarı iletken devre elemanlarının doğrusal karakteristiğe sahip olmamaları sebebiyle lamba akımı ve gerilimindeki değişim teorik dalga şekillerinden farklılık gösterir.

### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Flüoresan lambanın elektronik balast kullanılarak şebeke frekansının üzerindeki frekanslarda çalıştırılmasıyla daha verimli aydınlatma sağlanır. Teknolojik gelişmeler ile birlikte elektronik balastların maliyeti düşmekte ve daha yaygın şekilde kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada push pull eviricili bir elektronik balast



**Şekil 9.** Push pull evirici devre giriş akım ve gerilimi a) Deneysel ölçüm CH1:200mA/div., CH2: 200mV/div. gerilim ölçüm oranı: 1/500, b) Simülasyon (Push pull inverter input current and voltage a) Experimental CH1:200mA/div., CH2: 200mV/div. voltage measuring ratio: 1/500, b) Simulation)



**Şekil 10.** Lamba akım ve gerilimi a) Deneysel ölçüm CH1: 200mA/div. CH2: 200mV/div. gerilim ölçüm oranı: 1/500, b) Simülasyon (Lamp current and voltage a) Experimental CH1:200mA/div., CH2: 200mV/div. voltage measuring ratio: 1/500, b) Simulation)

transformatörünün endüstriyel üretim kolaylığına yönelik tasarımı yapılarak çalışan bir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kendinden tetiklemeli olarak tasarlanan evirici devrenin üretim kolaylığı, işçilik hatalarının az olması, basit ve ucuz olması gibi üstünlükleri mevcuttur. Tasarımda 3 adet 36W T8 tipi flüoresan lamba kullanılarak simülasyon ve deneysel çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar arasında uyum olduğu gözlemlenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Seidel, R. A., Bisogno, E. F., Paiva, C. R., Marchesan, B. T. ve Prado, R. N., "Buck Boost Push Pull High Power Factor Electronic Ballast", *IEEE*, 457-461, 2003.
- Chon, H., Lee, D. ve Hyun, D., "A New Control Scheme Of Class E Electronic Ballast With Low Crest Factor", *IEEE*, 531-536, 2003.
- Corominas, E. L., Alonso, J. M., Calleja, A. J., Ribas, J. ve Rico-Secades, M., "Optimizing Lamp-Power Regulation in Low-Voltage-Supplied Electronic Ballast by Using Non-Resonant Inverters", *IEEE*, 2060-2067, 1998.
- Kazimierczuk, M. K. ve Szaraniec, W., "Electronic Ballast for Fluorescent Lamps", *IEEE International Transactions on Power Electronics*, Cilt 8, No 4, 386-395, 1995.
- Wu, T. F., Tzeng, S. Y., Liu, Y. C. ve Yu, T. H., "Single-Stage, Current-Fed Push Pull Electronic Ballast with Power Factor Correction", *IEEE*, 2044-2051, 1998.
- Yu, T. H., Wu, L. M. ve Wu, T. F., "Comparisons Among Self-Excited Parallel Resonant, Series Resonant and Current-Fed Push-Pull Electronic Ballasts", *IEEE*, 421-426, 1994.
- Morais, A. S., Coelho, E. A. A., Farias, V. J., de Freitas, L. C., Oliveira, J. C. ve Vieira Jr, J. B., "High Power Factor Electronic Ballast Employing a Boost Half Bridge Topology", *IEEE*, 520-524, 2003.
- Brumatti, M., Resende, C. Z., Co, M. A., Simonetti, D. S. L. ve Vieira, J. L. F., "Single Stage Self-Oscillating HPF Electronic Ballast", *IEEE*, 1052-1058, 2002.
- Qiu, W., Moussaoui, Z., Wu, W. ve Batarseh, I., "Single Switch Zero-Voltage-Switching High Power Factor Electronic Ballast", *IEEE*, 773-778, 2002.
- Muraro, T. R., de Paiva, R. C. D. ve do Prado, R. N., "Push-Pull Self-Oscillating Electronic Ballast for Battery Application", *IEEE*, 2330-2334, 2005.
- Kazimierczuk, M. K. ve Caravens, R. C., "Current-Source Parallel-Resonant DC/AC Inverter with Transformer", *IEEE Transactions on Power Electronics*, 275-284, Cilt 11, No 2, 1996.