

MANYETİK DENETİMLİ ELEKTRONİK BALAST SİMÜLASYONU

Selim BÖREKÇİ¹ Selim ÖNCÜ²

¹ Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
Bölümü, Kınıklı Kampüsü, Denizli

² Karabük Üniversitesi, Karabük Meslek Yüksek Okulu, Elektrik Programı, Karabük
¹e-posta: sborekci@pau.edu.tr ²e-posta: slmoncu@gmail.com

ÖZET

Aydınlatma amaçlı kullanılan enerji miktarı elektrik enerjisi tüketiminde önemli paya sahiptir. Floresan lambalar, akkor flemenli lambalara kıyasla daha verimli olmaları sebebiyle aydınlatma sistemlerinde tercih edilmektedir. Bu lambaların daha yüksek verim ile çalıştırılabilmesi elektronik balast devreleri ile sağlanabilmektedir. Işık şiddeti denetiminin gerçekleştirilebilmesi elektronik balast devreleri ile sağlanabilmektedir. Işık şiddeti denetimi manyetik olarak değeri değiştirilebilen endüktans kullanılarak da yapılmaktadır. Bu çalışmada, kendinden tetiklemeli bir elektronik balast devresinin elektronik simülasyonu gerçekleştirilmiştir. İtme-çekme (push pull) tipi eviricide lamba devresine seri bağlanan manyetik değişkenli bobinin endüktans değişimine göre lamba akımı, gerilimi, frekansı ve gücündeki değişim incelenmiştir. Kendinden tetiklemeli devre topolojisine sahip sistemde endüktans değişimi aynı zamanda çalışma frekansını etkilemektedir. Çalışma frekansı ile çıkış gücü de değişmekte, floresan lamba ışık şiddeti denetimi gerçekleştirilmektedir. Alınan simülasyon sonuçlarında frekansın değişimiyle birlikte tüm güç değerleri için sıfır gerilim anahtarlama koşullarının gerçekleştirildiği görülebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kendinden tetikleme, Manyetik Denetimli Bobin, Elektronik Simülasyon.

1. GİRİŞ

Aydınlatma sistemlerinde floresan lambaların kullanılması ışık kalitesi, watt başına lümen miktarı ve fiyat yönünden uygun çözümdür. Floresan lambalar manyetik veya elektronik balastlar ile çalışmaktadır. Elektronik balast ile çalıştırılan floresan lambalar, manyetik balastlılara göre %10-20 daha yüksek verim ile kullanılabilmektedir [1]. Birim güç katsayısı, gürültüsüz çalışma, küçük hacim vb. elektronik balastların diğer üstünlüklerindendir [2-3]. Bununla birlikte evirici devreli floresan lambalarda aydınlık şiddetinin denetimi de gerçekleştirilebilmektedir [4].

Aydınlık şiddeti denetimi genellikle üç parametrenin değiştirilmesi ile gerçekleştirilir; evirici devre dc giriş gerilimi, evirici çalışma frekansı ve anahtar iletim süresi [5]. Bu tip

uygulamalarda genellikle entegre ile denetim yapılır. Hernekadar ışık denetimi için üretilmekte olan denetim entegreleri mevcut ise de bu yöntem genellikle kendinden tetiklemeli devrelere kıyasla daha maliyetli olmaktadır [6].

Elektronik balastta bulunan manyetik devre elemanlarının değerleri dc uyarma akımı ile değiştirilerek sabit anahtarlama frekansında güç denetimi yapılmaktadır [7]. Aynı durum değişken endüktanslı transformatör ile de gerçekleştirilebilir [8]. Bu yöntemlerde entegre ile denetim sağlanmaktadır. Kendinden tetiklemeli devrelerde ise tetikleme devresinde doyumlu transformatörün çalışma noktası kaydırılarak denetim gerçekleştirilmekte, endüktans değişimine göre anahtarlama frekansı değişmektedir. Ancak bu tip tetikleme topolojisinde bütün güç değerleri için uygun tetikleme gerilimi sağlanamamaktadır.

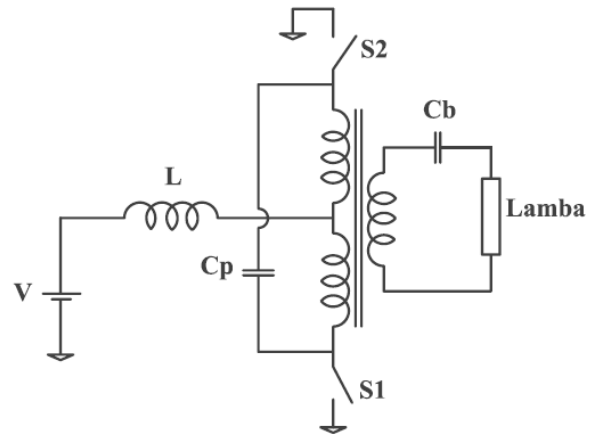
Bu çalışmada evirici devresi akım beslemeli itme-çekme tipi devre olan kendinden tetiklemeli elektronik balastın manyetik değişken bobin kullanılarak çıkış gücü denetiminin elektronik ortamda simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Değişken değerli bobin ile rezonans frekansının değişimi sağlanmaktadır. Lambaya seri bağlı rezonans bobininin farklı değerleri için PSpice elektronik simülasyonu ile lamba akımı, geriliminin dalga şekilleri ve endüktansın çalışma frekansına etkisi incelenmiştir. Kendinden tetikleme topolojisi ile tüm denetim aralıklarında sıfır gerilim anahtarlama koşulları korunmuştur. Bu da eviricinin farklı çıkış gücü değerleri için yüksek verim elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca dc kollektör akımı taşıyan transistörlerde yüksek anahtarlama verimi sağlanabildiğinden soğutucu kullanılmadan itme-çekme tipi devre tasarımı gerçekleştirilebilir. Tasarlanan devrede yaklaşık %35 lamba gücü denetimi gerçekleştirilebilmektedir.

2. KENDİNDEN TETİKLEMELİ İTME-ÇEKME TİPİ EVİRİCİLİ BALAST VE GÜÇ DENETİMİ

Yarım köprü ve itme-çekme tipi evirici devreler kendinden tetiklemeli elektronik balastlarda yaygın olarak kullanılan güç devreleridir. Bu topolojilerden akım beslemeli eviricilerde yük akımı dalga şekli sinüse daha çok benzemektedir, sistem düşük başlangıç akım ve gerilimi ile çalışılabilmektedir [9]. Akım beslemeli itme-çekme tipi eviricili elektronik balast topolojisi Şekil 1’de görüldüğü gibidir.

Devredeki L akım bobini olup orta uçlu transformatöre sabit dc akım sağlamaktadır. Transformatör mıknatıslanma endüktansı L_m olup S1 ve S2 anahtarları bu trafoya bağlı sarım ile rezonans koşulunda anahtarlansaktadır;

paralel kondansatör C_p ve balast kondansatörü C_b ’den oluşan rezonans devresi floresan lambadan yüksek frekanslı rezonans akımı dolaştırır. Sistemde çıkış gücü rezonans frekansı, giriş gerilimi veya anahtarın iletim süresi değiştirilerek denetlenebilmektedir. Evirici çıkış gücünün değiştirilmesiyle floresan lambada aydınlık şiddeti denetimi sağlanır.



Şekil 1. Akım beslemeli itme-çekme tipi evirici

Simülasyonu gerçekleştirilen akım beslemeli kendinden tetiklemeli itme-çekme tipi eviricide rezonans bobininin değeri değiştirilmektedir. Sistemin empedansını etkileyen bu değişim lamba akım ve gerilimini değiştirerek farklı çalışma noktalarının elde edilmesini, dolayısıyla ışık şiddetinin denetlenebilmesini mümkün kılar.

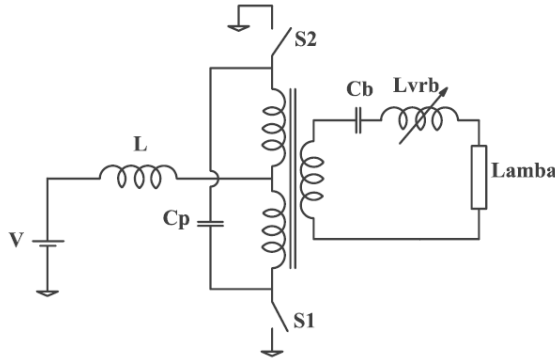
Rezonans frekansı Şekil 1’deki devre parametrelerine bağlı olarak Eşitlik 1’den hesaplanabilir.

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

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

Burada “a” itme-çekme tipi transformatör dönüştürme oranı, C_t eşdeğer kapasitans değeridir.

Eşitlik 1'e göre rezonans frekansının değişimi eşdeğer kapasitans ve ortak endüktans değerlerine bağlıdır. Şekil 1'deki devrede yük devresine seri ayarlı bir bobin bağlanması durumunda sistem empedansına değişken bobinin endüktans değeri de etki eder. Değişken endüktanslı balast yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu durumda itme-çekme tipi transformatör sekonder devre gerilimi Eşitlik 3'te ifade edildiği gibi olur.



Şekil 2. Manyetik denetimli itme-çekme tipi eviricili elektronik balast

$$V_s = V_L + I_L \left(\frac{1}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C_b} + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot L_{vr} \right) \quad (3)$$

V_s : İtme-çekme tipi transformatör sekonder gerilimi (V)

V_L : Lamba gerilimi (V)

I_L : Lamba akımı (A)

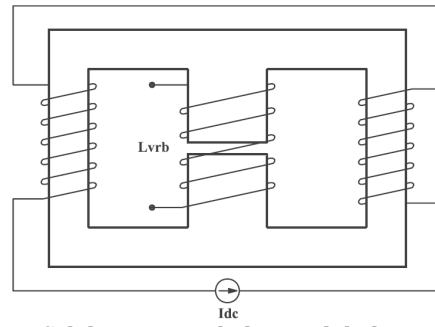
f_r : Rezonans frekansı (Hz)

L_{vr} : Değişken değerli bobin (H)

Rezonans frekansının değişimi, floresan lamba için farklı çalışma noktalarının elde edilmesini mümkün kılar. Floresan lamba doğrusal yük özelliği göstermediğinden farklı çalışma noktaları için farklı lamba akım ve gerilim değerlerinin elde edilmesi sağlanır.

3. MANYETİK DENETİMLİ İTME-ÇEKME TİPİ ELEKTRONİK BALAST DEVRESİ

Tasarımda kullanılacak manyetik denetimli bobinin temel prensip şekli Şekil 3'de gösterilmektedir. Değeri manyetik olarak değiştirilebilen bobin kullanılarak gerek tetikleme devresi gerekse yük devresi empedans değeri değiştirilmekte, çıkış gücü ayarlanmaktadır.

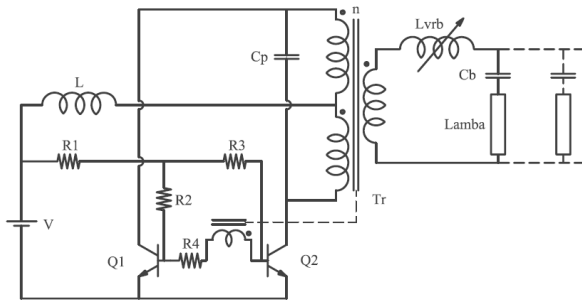


Şekil 3. Manyetik denetimli bobin

Bu tip çalışmalardan birisi olan Chan, Chung ve Hui'nin yaptığı uygulamada BJT anahtarlarının tetikleme işareti manyetik ayarlı bobin ile denetlenmektedir [6]. Ancak bu uygulamada anahtarların doyum bölgesinde çalışması tüm denetim aralıklarında garanti edilmemektedir. Sonuç olarak devre verimi düşer ve anahtarlar için soğutucuya ihtiyaç duyulur. Manyetik değişkenli bobin kullanılarak yapılan farklı bir uygulama olan Gulko ve arkadaşları, Alonso ve arkadaşlarının çalışmalarında yük devresinde bulunan rezonans bobini veya transformatörün endüktans değerinin denetimi ile ışık şiddeti denetlenmektedir [8, 10]. Fakat bu çalışma şekli sabit frekansta ve entegre denetimlidir.

Mevcut topolojilerden farklı olarak PSpice simülasyonu yapılan akım beslemeli itme-çekme tipi eviricili elektronik balastta lamba devresine seri bağlanan değişken bobin ile yük devresi empedansı

değiştirilerek lamba için farklı çalışma noktaları elde edilmiştir. Bu çalışmada sunulan yöntemde bobin değerine göre rezonans frekansı yani anahtarlama frekansı değişmekte, değişken frekanslı kontrol sağlanmaktadır. Devrenin üstünlükleri sıfır gerilim anahtarlama koşullarının tüm denetim aralığı değerlerinde sağlanabiliyor olması, entegresiz denetim, anahtarlama akım ve gerilim stresinin düşük olması ve soğutucuya ihtiyaç duyulmaması olarak sıralanabilir. Simülasyonu gerçekleştirilen kendinden tetiklemeli akım beslemeli itme-çekme tipi eviricili manyetik denetimli elektronik balast devresi temel prensip şeması Şekil 4’de görüldüğü gibidir.



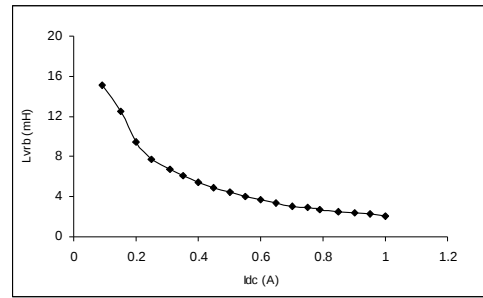
Şekil 4. Akım beslemeli kendinden tetiklemeli manyetik denetimli elektronik balast temel prensip şeması

Kendinden tetiklemeli topolojide güç dönüşümü, bu tip uygulamalarda yaygın olarak kullanılan BJT anahtarları ile sağlanmaktadır.

4. DEVRENİN SİMÜLASYONU

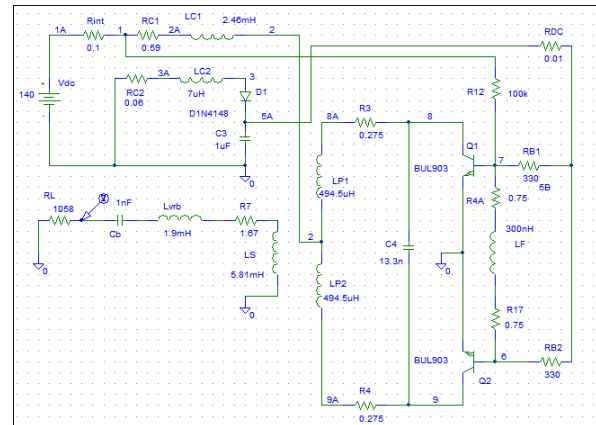
Giriş gerilimi 140V dc olan akım beslemeli itme-çekme tipi eviricide yük olarak 1 adet T8 36W floresan lamba seçilmiştir; lambanın farklı çalışma noktaları için eşdeğer direnç değeri deneysel verilerden elde edilmiştir. Sabit dc çalışma geriliminde farklı çalışma frekans değerleri için osiloskop, akım probu ve diferansiyel gerilim probu kullanılarak lamba akımı ve geriliminin

etkin değerleri ölçülmüştür. Deneysel çalışmalardan alınan sonuçlar ile bu tasarımda lambanın eşdeğer direnci 550-1058Ω arasında belirlenmiştir. Devrede kullanılan rezonans bobininin dc akım değerine göre endüktans değişimi yine deneysel verilerden elde edilmiştir. Rezonans bobininin değeri, aynı nüvenin ince bacaklarına sarılı sarımlardan geçen 0.1-1A arasındaki dc akım değerine göre denetlenmektedir. Endüktansın dc akıma göre değişimi Şekil 5’de görüldüğü gibidir.



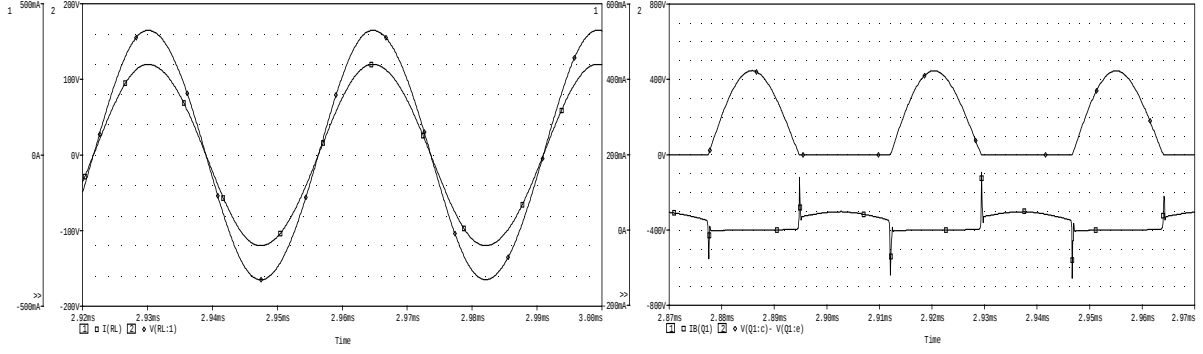
Şekil 5. Dc denetim akımına göre bobin endüktansının değişimi

Şekil 6, kendinden tetiklemeli balastın elektronik simülasyon devre şemasını göstermektedir.



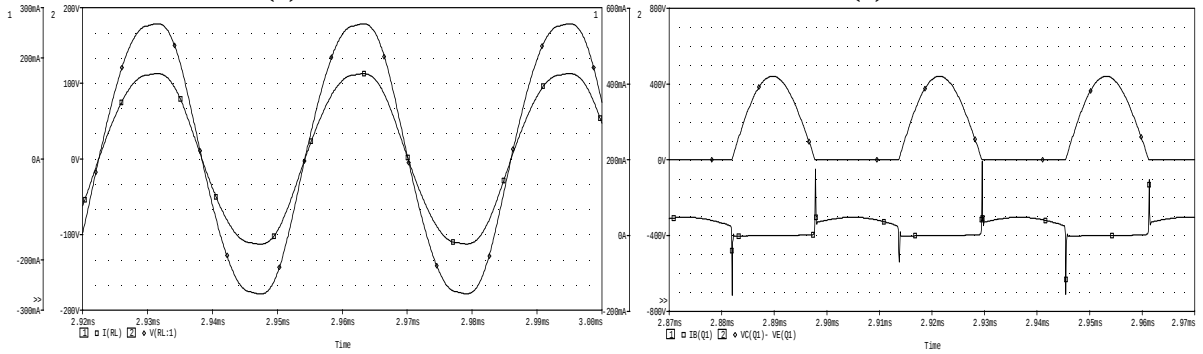
Şekil 6. Simülasyon devresi

Sabit giriş geriliminde $I_{dc}=0.1A$ ve $I_{dc}=1A$ durumları için lamba akımı ve geriliminin dalga şekillerinin simülasyon sonuçları Şekil 7’de görüldüğü gibidir.



(a)

(a)



(b)

(b)

Şekil 7. Lamba akımı ve gerilimi dalga şekilleri a) En yüksek çıkış gücü için , b) En düşük çıkış gücü için

Şekil 8. BJT anahtarlama şekilleri (I_B , V_{CE}) a) En yüksek çıkış gücü için, b) En düşük çıkış gücü için

Devrede $L_{vrb}=2\text{mH}$ iken çıkış gücü 16.4W , $L_{vrb}=15\text{mH}$ iken 24.7W olmaktadır. Güç değişimine göre çalışma frekansı da değişmektedir (31.49kHz - 28.85kHz).

Aynı çalışma durumu için Q1 transistörü beyz akımı ve kollektör-emiter gerilimi Şekil 8’de verilmiştir. Anahtarlama şekillerinden her iki çıkış gücü için de sıfır gerilim anahtarlama şartlarının sağlandığı görülmektedir. Bu durum tüm güç denetim aralıkları için korunduğundan, tasarımda anahtarlama kayıpları nedeniyle ısınmanın önüne geçilmiş olur.

Simülasyonda endüktans değişimine göre ($2\text{-}15\text{mH}$) çıkış gücü $16.4\text{-}24.7\text{W}$ arasında değiştirilmiş, sonuçta tasarlanan çalışma aralığında yaklaşık %35 oranında güç denetimini gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada elektronik simülasyonu gerçekleştirilen kendinden tetiklemeli akım beslemeli itme-çekme tipi eviricide rezonans devresine bağlı bobin endüktansının çıkış gücüne etkisi incelenmiştir. Fluoresan lamba elektronik balastında kullanılabilecek yöntem ile düşük maliyetli, basit yapıda, düşük anahtarlama kaybı ile ışık şiddeti denetimi yapılabilir. Alınan simülasyon sonuçları tüm güç değerleri için sıfır gerilim anahtarlamanın gerçekleştirilebildiğini göstermektedir. Tasarım aşamasındaki devrenin simülasyonundan elde edilen sonuçları, çıkış gücü denetiminin ve yüksek verimli çalışmanın sağlanabildiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Wu, T.F., Tzeng, S.Y., Liu, Y.C. ve Yu, T.H., "Single-Stage, Current-Fed Itme-çekme tipi Electronic Ballast with Power Factor Correction", IEEE, 2044-2051, 1998.
- [2] Kazimierczuk, M.K. ve Szaraniec, W., "Electronic Ballast for Fluorescent Lamps", IEEE International Transactions on Power Electronics, Cilt 8, No 4, 386-395, 1993.
- [3] 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.
- [4] Tao, F., Lee, C. F. ve Onishi, N., "Self Oscillating Electronic Ballast With Dimming Control", IEEE, 1818-1823, 2001.
- [5] Moo, S. C., Cheng, L. H., Lin, T. F., ve Yen, H. C., "Designing a Dimmable Electronic Ballast With Voltage Control for Fluorescent Lamp", ISIE'1999, IEEE, 786-791, Bled Slovenia, 1999.
- [6] Chan, S. M. S., Chung, H. S. H. ve Hui, S. Y., "Design and Analysis of an IC-Less Self-Oscillating Series Resonant Inverter for Dimmable Electronic Ballasts", IEEE Transactions on Power Electronics, Cilt 20, No 6, 1450-1458, 2005.
- [7] Alonso, J. M., Dalla-Costa, M. A. ve Cardesin, J., "Magnetic Dimming of Electronic Ballasts", Electronics Letters, Cilt 41, No 12, 2005.
- [8] Gulko, M., Medini, D. ve Ben-Yaakov, S., "Inductor-Controlled Current-Sourcing Resonant Inverter and Its Application as a High Pressure Discharge Lamp Driver", IEEE, 434-440, 1994.
- [9] 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.
- [10] Alonso, J. M., Dalla-Costa, M. A., Cardesin, J. ve Rico-Secades, M., "A New Control Method for Electronic Ballasts Based on Magnetic Regulators", IEEE, IAS, 1958-1964, 2005.