

ÇEŞİTLİ AYDINLATMA AYGITLARININ EMTP/ATP İLE HARMONİK MODELLENMESİ

Ö. Özgür GENCER¹
ogencer@kou.edu.tr

Semra ÖZTÜRK²
semra@kou.edu.tr

Bora ALBOYACI³
alboyaci@kou.edu.tr

E. Mustafa YEĞİN⁴
emy@kou.edu.tr

^{1,2,3,4}Elektrik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi,
Kocaeli Üniversitesi, 41100, Kocaeli.

ÖZET

Günümüzde güç elektroniği ve lineer olmayan elemanların yaygın olarak kullanılmasıyla, güç sistemlerinde giderek artan oranlarda harmonik akımları sisteme enjekte edilmektedir. Sisteme verilen harmonik akımlarının tam olarak değerlendirilebilmesi ancak doğru harmonik modellerinin çıkartılabilmesi ile mümkündür. Bu çalışmada, güç sistemlerinde aydınlatma aygıtlarından dolayı meydana gelen harmonik bozulmalar ve çeşitli tipteki aydınlatma aygıtlarının tek tek ve birlikte kullanılmaları durumunda yarattığı bozulmalar incelenmiştir. Bu amaçla bu çalışmada, enerji analizörü yardımıyla elde edilen ölçüm sonuçlarına göre lambaların modelleri EMTP/ATP programıyla oluşturulmuştur.

1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde harmonikler, gerilim ve akımda bulunan farklı genlikte ve frekanstaki sinüzoidal işaretlerle, bozulmuş sinüzoidal işaretlerin toplamından oluşur. Bir frekansa sahip sinüzoidal olmayan dalgada, temel frekanslı sinüzoidal dalganın yanında çok sayıda sinüzoidal bileşenlerde olabilir. Söz konusu ilave bileşenlerin frekansı temel frekansın tam katıdır ve harmonik bileşen olarak adlandırılır [1].

Elektrik güç sistemlerinde enerjinin üretilmesi, iletimi ve dağıtımını sırasında, akım ve gerilimin anma frekansında değişmesi ve sinüs eğrisine çok benzer biçimde olması istenir. Son yıllarda, yarı-iletken elemanlarının kullanımının yaygınlaşması, gerilim ve akım dalga şekillerinde istenmeyen bozulmalara yol açmaktadır. Dağıtım sistemlerindeki tek fazlı yüklerden olan aydınlatma aygıtlarını önemli harmonik kaynaklarıdır [1,2].

Transformatörlerin gereksiz yere yüklenmesi sonucunda ömür kayıpları, kondansatörlerin patlaması, ilave hat kayıpları vb. şeklinde olabilecek harmoniklerin zararlı etkileri ölçümler ile belirlenip, gerekli filtre devreleriyle standart değerlerde tutulmaları, kaliteli bir enerji sistemi için gereklidir.

Bu çalışmada öncelikle Fluke41 enerji analizörü ile çeşitli tip lambaların akım ve gerilim dalga şekilleri ölçülmüştür. Daha sonra aydınlatma aygıtları birbirine paralel olarak bağlanıp devredeki toplam bozulmaya olan etkileri incelenmiştir. Aynı sonuçların EMTP/ATP simülasyon programında oluşturulması yoluna gidilmiştir. Bilgisayar ortamında lambalar ve balastlar modellenerek, enerji analizörüyle elde edilen akım ve gerilim dalga şekilleri büyük yaklaşıklıkla elde edilmiştir

2. HARMONİK BOZULMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Normal işletme koşullarında, harmoniklerin varlığı ile akım, gerilim ve güç ifadeleri aşağıdaki şekilde yazılabilir :

$$V_{(t)} = \sum_{h=1}^{\infty} V_h(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} V_h \sin(h\omega_0 t + \theta_h) \quad (1)$$

$$I_{(t)} = \sum_{h=1}^{\infty} I_h(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} I_h \sin(h\omega_0 t + \delta_h) \quad (2)$$

$$V_{ef} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2} \quad I_{ef} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad (3)$$

$$P = \int_0^T V_{(t)} I_{(t)} dt = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos(\theta_h - \delta_h) \quad (4)$$

Burada I_h ve V_h sırasıyla h. harmonik akım ve gerilimin efektif değeri, V_{ef} ve I_{ef} harmonikli gerilim ve akımların efektif değeridir [3].

Harmoniklerin sistem elemanlarına olan etkisinin belirleyen en önemli ölçütlerinden birisi *Toplam Harmonik Bozunum* (THB)'dur. THB'nin değeri,

$$THB_V = 100 \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1}, \quad THB_I = 100 \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (5)$$

ifadelerinden yararlanılarak bulunur. Burada THB, harmonik bileşenlerin efektif değerlerinin, temel harmonik bileşen değerine oranıdır ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. Bu büyüklük, harmonikleri içeren periyodik dalga formunun, tam sinüs biçimli dalgadan sapmasını tespit etmek için kullanılır [4].

Aydınlatma aygıtlarının birçoğu lineer olmayan akım çekerler ve önemli harmonik üreticilerindedir. Özellikle endüktif balastlı lambalar yerine günümüzde sıkça kullanılan elektronik balastlı (standart dışı filtresiz olan) cihazlar bunlardan en önemlilerindedir.

3. AYDINLATMA CİHAZLARINDAN ALINAN ÖLÇÜMLER

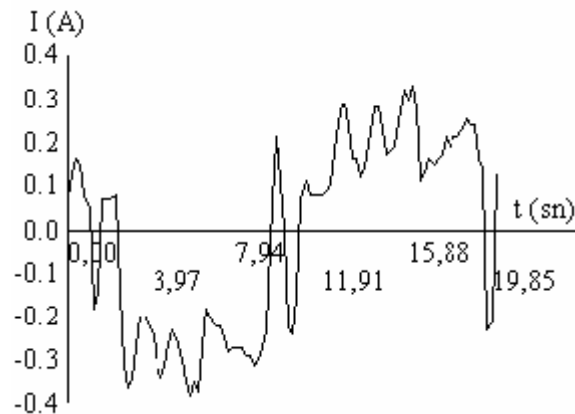
Değişik tipteki aydınlatma cihazlarının çektikleri lineer olmayan akımı ve toplam harmonik bozulma miktarını belirlemek için

- 35W gücünde metal halojen lambalı aydınlatma aygıtının tek çalışması,
- 18W gücünde filtresiz elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtının tek çalışması,
- Bu iki aydınlatma aygıtının birlikte çalışması

durumunda Fluke 41B harmonik analizör ile ölçümler alınmıştır.

Ölçümlerde gerilim kaynağı olarak şebeke gerilimi kullanılmıştır ve yaklaşık %3'lük bir bozulması vardır.

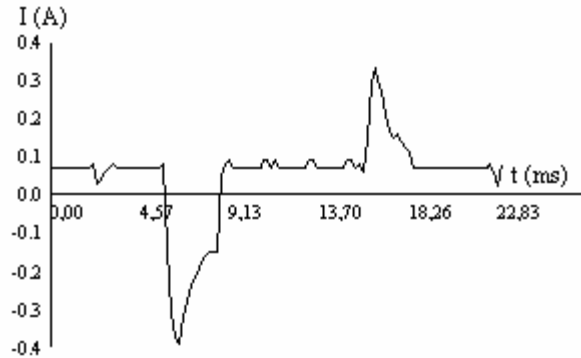
İlk olarak 35W'lık metal halojen lambanın çalışması incelendiğinde Şekil-1'de görülen akım değişimini elde edilmiştir. Burada akımdaki toplam harmonik bozulma miktarı % 47,958 olarak belirlenmiştir.



Şekil-1. 35W metal halojen lambalı aydınlatma aygıtının akım dalga şekli.

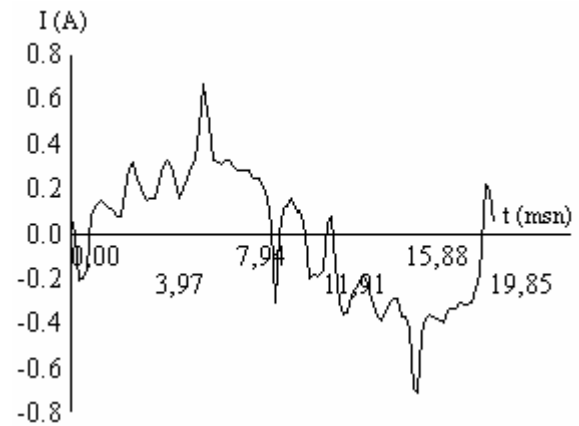
Metal halojen lambalı aydınlatma aygıtının devreden çıkartılıp 18W filtresiz elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtının devreye alındığında Şekil-2'deki ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

Bu durumda akımdaki toplam harmonik bozulma miktarı %126,244 olarak saptanmıştır.



Şekil-2. 18W filtresiz elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtının akım dalga şekli.

Yapılan ölçümler sonucunda bu iki aydınlatma aygıtının şebekeden oldukça farklı dalga şeklinde ve bozulmasına sahip akım çektikleri görülmektedir. Bu iki farklı aydınlatma aygıtının da kullanan bir tesiste çekilecek olan akım ise Şekil-3'deki gibi olacaktır.



Şekil-3. Her iki aydınlatma aygıtı şebekeye birlikte bağlandığında akım dalga şekli.

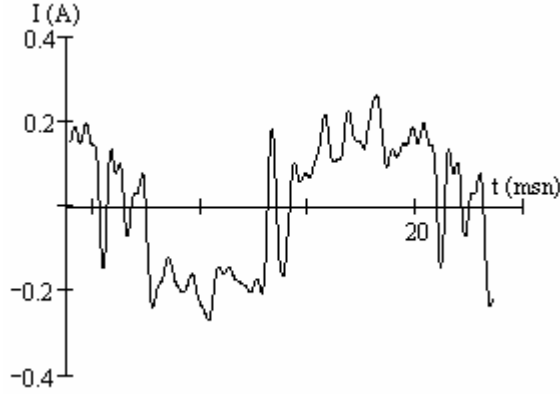
Bu durumda akım bozulma miktarı % 45,993 olarak ölçülmüştür. Buna göre çekilen akımın bozulma miktarının metal halojen lambalı ve elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtlarının ayrı ayrı şebekeye bağlandıkları zaman ölçülen bozulma miktarında düşük olduğu görülmektedir.

Metal halojen lambalı aydınlatma aygıtına paralel bağlanan elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtı bir aktif filtre gibi çalışmış, devreden çekilen akımı, dolayısıyla gücü artırırken bozulma miktarını azaltmıştır. Çekilen akımın dalga şeklide gücü daha fazla olan metal halojeninkine yakındır.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

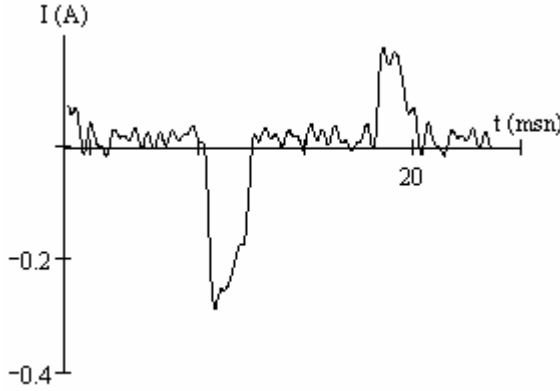
Deneyssel olarak elde edilen değerlere göre lambaların davranışlarını incelemek ve harmonikli modellerini oluşturmak için EMTP/ATP simülasyon ve analiz programından yararlanılmıştır.

Kurulan modele göre metal halojen lambalı aydınlatma aygıtı için alınan akım dalga şekli Şekil-4'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil-4. Metal halojen lambalı aydınlatma aygıtı EMTP/ATP sonucu.

Aynı simülasyon elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtı için yapıldığında ise Şekil 5'deki sonuçlar elde edilmiştir.

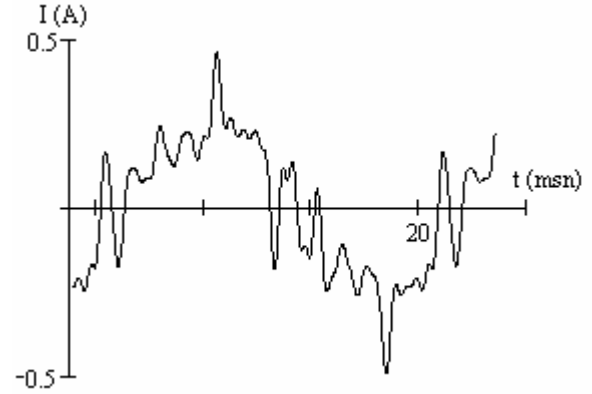


Şekil-5. Floresan lambalı aydınlatma aygıtı EMTP/ATP sonucu.

Simülasyon iki aydınlatma aygıtının birlikte devreye bağlandığı durum için yapıldığında ise Şekil-6'da görülen akım dalga şekli bulunmuştur.

Yapılan tüm simülasyonlarda gerilimdeki bozulma miktarı ihmal edilmiştir. Lambalar ise birer akım kaynağı olarak modellenmiştir. Dolayısıyla çekilen harmonikli akım miktarları çok büyük olmadığından ve gerilim kaynağı sonsuz güçlü bir şebeke olarak modellendiğinden gerilim dalga şeklinde bir bozulma meydana gelmemiştir. Harmonikli sistemlerin bir bütün olarak modelleneceğı zaman bozulmuş akımdan dolayı gerilim dalga şeklindeki değişimler de

incelenmeli ve elde edilen değerlere göre sistem için filtre dizaynı yapılmalıdır.



Şekil-6. Metal halojen ve floresan lambalı aydınlatma aygıtları birlikte çalışırken EMTP/ATP sonucu.

5. SONUÇLAR

Bu makalede farklı tipteki aydınlatma aygıtlarının şebekeye ayrı ayrı ve tek başlarına bağlandıklarında, çektikleri harmonikli akımın tespiti ve simülasyonu yapılmıştır. Bu amaçla bir metal halojen lambalı ve elektronik balastlı floresan lambalı aydınlatma aygıtları kullanılmıştır.

Yapılan ölçümler ve simülasyon sonuçlarına göre, aydınlatma aygıtları teker teker bağlandıklarında akımdaki bozulma miktarı yüksek, birlikte bağlandıklarında ise daha düşük çıktığı belirlenmiştir. Buna göre, bu türdeki tek fazlı tüketicilerin çektikleri akımdaki bozulmayı göz önüne alarak bir filtre dizaynı gerçekleştirmek gereksizdir. Bozulmanın değeri, gücü en büyük olan yükün harmonik bozulmasına yakın bir değerde olduğı görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, IEEE, NY, USA, Nisan 1993
2. A.E. Emmanuel, T.J. Gentile, D.J. Pileggi, E.M. Gulachenski & C.E. Root, The Effect of Modern Compact Fluorescent Lights on Voltage Distortion, IEEE Trans. Power Delivery, 8 (3) 1993
3. R C. Dugan, M.F. McGranaghan, H.W. Beaty, Electrical Power System Quality, McGraw-Hill New York, 1996
4. B.Alboaci, Ö.Ö.Gencer, "Elektronik Balastlı Floresan Lamba Harmoniklerin Ölçümü, Yok edilmesi Ve Simülasyonu İçin Yeni Bir Yöntem" Afyon Kocaepe Fen Bilimleri Dergisi, 2002