

SOĞURUCU KELEPÇE KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN ALTERNATİF IŞINIMLA YAYINIM DENEYLERİ

Bahadır Tektaş, Osman Şen, Soydan Çakır, Mohammed Salhi, Mehmet Çınar, Mustafa Çetintaş
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü
Gebze, Kocaeli
bahadir.tektas@tubitak.gov.tr

Özet: Işınım ile yayılım deneyleri CISPR 22 ve diğer benzer standartlara uygun olarak genellikle Açık Saha Deneysel Alanları (ASDA) veya Yarı Yansımaz Odalarda (YYO) 3 m veya 10 m de gerçekleştirilir. Ancak bazı durumlarda Deneysel Alanlardaki Cihaz (DAC)'in yüksek akım ve boyutları gibi bazı kısıtlamalardan dolayı laboratuvar ortamında deneylerin yapılması mümkün olmamaktadır. Bunun sonucu olarak bu cihazların bulunduğu ortamda ışınım ile yayılım deneylerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, laboratuvar ortamında ışınım ile yayılım deneyi yapılamayan cihazların kablolarından çıkan yayınların için alternatif bir deney yöntemi araştırılmış, laboratuvar ortamında kullanılan standart yöntem (ASDA ve YYO) ile araştırılan bu alternatif yöntem (Soğurucu kelepçe) arasında deneysel olarak bağlantı kurulmaya çalışılmıştır.

Abstract: Radiated emission measurements are typically performed in laboratories at Open Area Test Sites (OATS) or in Semi Anechoic Chambers (SAC) at 10 or 3 m in accordance with the standard CISPR22 and other similar standards. However, the tests of the Equipment Under Test (EUT) sometimes cannot be carried out in laboratories due to several restrictions. If the EUT has large dimensions or high currents. As a consequence, on-site radiated emission tests are required in industry. In this research, we experimentally attempt to establish a link between the standard method (OATS and SAC) and the alternative method (Absorbing clamp) in industry for radiations coming from EUT cables.

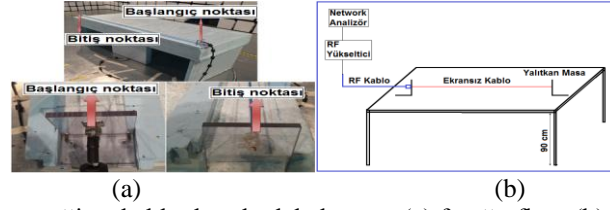
1. Giriş

Işınım ile yayılım deneyi, ticari cihazlara uygulanan en önemli EMC deneylerinden birisidir. Bu deney CISPR 22 [1] ve CISPR 11 [2] uluslararası EMC standartlarıyla uyumlu olarak ASDA veya YYO' da 30 MHz – 6 GHz frekans aralığında, bikonik anten, log periyodik anten, bilog anten veya horn anten kullanılarak gerçekleştirilir. Öte yandan güç kablosuna sahip olan ev aletleri, elektrikli araçlar ve benzeri aparatlar gibi bazı cihazların CISPR 14-1 standardına göre "Güç Bozulması" deneyine tabi tutulması gerekmektedir [3]. Bu deney ekranlı odada 30 MHz – 300 MHz frekans aralığında CISPR 16-1-3 standardının gereksinimlerini karşılayan bir "Soğurucu Kelepçe" kullanılarak gerçekleştirilir [4]. Literatürdeki birçok çalışmada soğurucu kelepçe ve ölçüm sistemi belirsizliği ile ilgili çalışmalar yer almaktadır, ancak standart deney yöntemi ve alternatif deney yöntemi arasındaki ilişkiyi ortaya koyacak yeterli çalışma bulunmamaktadır [5,6]. Bu çalışmanın amacı, soğurucu kelepçe yöntemi ve standart yöntem arasındaki deneysel ilişkiyi ve deneysel düzeltme faktörünü ortaya koymaktır. DAC'ların ışınım ile yayılım deneyleri yapılırken DAC'ın hem bedeninden hem de DAC'a bağlı bütün kablolardan yayılan seviyeler ölçülmektedir. Bu çalışma için, endüstriyel ortamda tipik bir DAC'ın besleme kablosunu simüle eden 2 m uzunluğunda ekranlı basit bir kablo (AWG 16) kullanılmıştır. İlk olarak soğurucu kelepçe, kablo üzerinde 0 m – 2 m arasında hareket ettirilerek ekranlı kablodan yayılan maksimum işaret seviyesi elde edilmiştir. Daha sonra soğurucu kelepçe sistemden çıkartılarak, sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadan NSA (Normalized Site Attenuation) değeri 10 m mesafede 4 dB ve 3 m mesafede 2 dB'nin altında olan yarı yansımaz oda içerisinde bir alıcı anten kullanılarak standart ölçüm gerçekleştirilmiştir. Her iki ölçüm sonucuna ilgili faktörler eklenerek standart yöntem ile alternatif yöntem arasında bir faktör elde edilmiştir.

2. Deneysel Düzenek

Genel deney düzenekinin gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. DAC' a bağlı güç kablosunun simülasyonunu yapmak için ekranlı kablo, hem soğurucu kelepçede hem de alıcı antende yeterli bir RF sinyal elde etmek için Network Analizör ve RF kuvvetlendirici kullanılmıştır. Işınım ile yayılım deneyini gerçek koşullarda kurmak için ekranlı kablo yerden 80 cm yükseklikte strafor yalıtkan bir masa üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 1). Network analizör (Keysight Technologies, E5061B) ve RF yükseltici yarı yansımaz oda dışına yerleştirilmiştir. RF yükselticiyi korumak için RF yükselticinin çıkışında 300W, 6 dB zayıflatıcı kullanılmıştır. Yayılımın sadece ekranlı kablodan olması için, uygulanacak sinyal ferrit kaplanmış ekranlı bir koaksiyel kablo ile ölçüm alanının başlangıç noktasına kadar getirilmiştir. Bu noktadan itibaren koaksiyel kablo bir N tipi dişi panel montajlı konnektör ile ekranlı kabloya bağlanmıştır. Soğurucu kelepçeyi kaydırma birimi üzerinde kolayca hareket ettirebilmek için, ekranlı kablo yalıtkan masa üzerinde 10 cm yükseklikte ve 2 m uzunluğunda serilerle

yerleştirilmiştir. Ekransız kablonun ışınım yapmasına imkân vermek için bitiş ucu sonlandırılmadan açık devre olarak bırakılmıştır. Ayrıca Şekil 1'de görüldüğü gibi ekransız kablonun başlangıç ve bitiş noktalarında ekransız kablonun ölçümleri süresince pozisyonunu korumak ve ekransız kablonun gergin formunu korumak amacıyla yalıtkan iki plaka kullanılmış, bu plakalar strafor masa üzerine sabitlenmiştir.



Şekil 1. Deneysel düzeneği ve kablo destek plakalarının, (a) fotoğrafları, (b) şematik görünümü

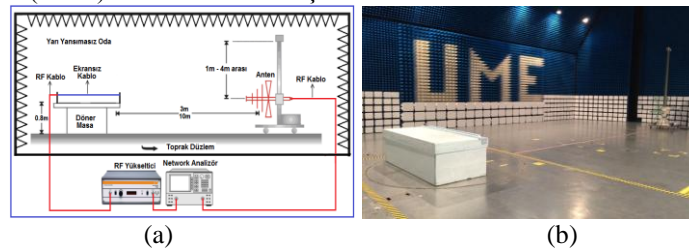
Tüm ölçümler yazılım kullanılarak bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümün doğruluğu ve tekrarlanabilirliği için kabloların pozisyonları tüm ölçümler süresince sabit tutulmuş, havadan kuple olabilecek sinyalleri engellemek için alıcı RF kablonun üzeri ferrit ile kaplanmıştır. Ayrıca empedans uyumsuzluğunu gidermek için hem soğurucu kelepçe ölçümlerinde hem de alıcı anten ölçümlerinde 10 dB zayıflatıcı kullanılmıştır. Her iki ölçümde de aynı alıcı RF kablo sistemi kullanıldığı için ölçüm sonuçlarına herhangi bir araya girme kaybı faktörü eklenmemiştir. 30 MHz'den 1 GHz'e tüm frekans aralığı için network analizör gürültü seviyesinin en az 15 dB yukarısında bir seviyede ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler UME personeli tarafından geliştirilen yazılım ile 30 MHz – 60 MHz frekans aralığında 1 MHz adımlarla, 60 MHz – 120 MHz frekans aralığında 2 MHz adımlarla ve 120 MHz – 1 GHz frekans aralığında 5 MHz adımlarla taranarak yapılmıştır. Ölçümler $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $(45 \pm 15) \%$ rh bağıl nem değerine sahip ortam şartlarında gerçekleştirilmiştir.

3. Standart Yöntem Ölçüm Düzeneği

Standart yöntem ölçüm düzeneği Şekil 2'de gösterilmiştir. DAC'ın kablosunu simüle eden ekransız kablo daha önce anlatıldığı gibi 80 cm yükseklikteki strafor masa üzerine yerleştirilmiştir. Alıcı anten ile döner masa üzerine yerleştirilen strafor masa arasındaki mesafeler standart ile uyumlu olacak şekilde 3 m ve 10 m olarak ayarlanmıştır. Ekransız kablodan yayılan maksimum işaret seviyesini elde edebilmek için döner masa $0^\circ - 360^\circ$ arasında 1 derecelik adımlarla döndürülmüştür; her 1 derece dönüşte alıcı anten ile hem yatay hem de dikey polarizasyonda 1 m – 4 m arasında tarama yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Her frekans için yatay ve dikey polarizasyon sonuçlarından hangisi yüksek ise o final sonuç olarak kaydedilmiştir. Alıcı anten olarak 3 m ve 10 m' de anten faktörleri bilinen bilog anten (Schaffner, Model: CBL6112B) kullanılmıştır. Bundan sonra, eşitlik (1) kullanılarak elde edilen sonuçlara 3 m ve 10 m anten faktörleri eklenerek referans ölçüm sonucu bulunmuştur.

$$FD_{RA} = RD_{RA} + AF_{RA} \quad (1)$$

Burada; FD_{RA} : Alıcı anten final işaret seviyesi ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), RD_{RA} : Alıcı anten okunan işaret seviyesi ($\text{dB}\mu\text{V}$) ve AF_{RA} : Alıcı anten faktörü (dB/m) olarak tanımlanmıştır.



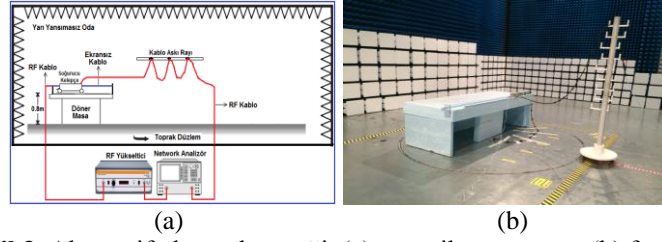
Şekil 2. Standart ölçüm düzeneği, (a) şematik görünümü, (b) fotoğrafı

4. Alternatif Yöntem Ölçüm Düzeneği

Alternatif yöntem ölçüm düzeneği Şekil 3'de verilmiştir. Standart yöntemde kullanılan bütün ayarlamaların aynısı burada da uygulanmış, ölçüm düzeneğinde hiçbir değişiklik yapılmadan soğurucu kelepçenin içerisinden ekransız kablo geçirilerek ölçüm düzeneği hazır hale getirilmiştir. Maksimum RF ışınımı tespit etmek için soğurucu kelepçe, güç kablosu boyunca (0 m - 2 m) strafor masa üzerinde hazırlanan kanal üzerinde hareket ettirilmiştir. Her frekans için, 0 m – 2 m boyunca elde edilen sonuçlar maksimum seviyeler olarak belirlenmiştir. Ekransız kablodan yayılan ışınımı ölçmek için CISPR 16-1-3 standardına göre kalibrasyon faktörleri bilinen soğurucu kelepçe (Rohde&Schwarz, Model: MDS-21) kullanılmıştır. Bundan sonra, eşitlik (2) kullanılarak elde edilen sonuçlara soğurucu kelepçe faktörleri eklenerek referans ölçüm sonuçları elde edilmiştir.

$$FD_{AC} = RD_{AC} + CF_{AC} \quad (2)$$

Burada; FD_{AC} : Soğurucu kelepçeden gelen final işaret seviyesi (dBpW), RD_{AC} : Soğurucu kelepçeden gelen ilk okunan işaret seviyesi (dB μ V) ve CF_{AC} : Soğurucu kelepçe kalibrasyon faktörü (dB) olarak tanımlanmıştır.



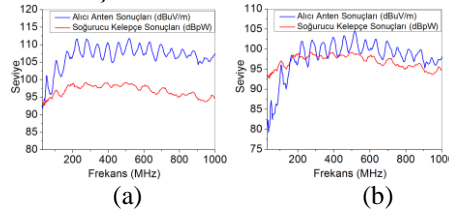
Şekil 3. Alternatif ölçüm düzeneği, (a) şematik görünümü, (b) fotoğrafı

5. Ölçüm Sonuçları

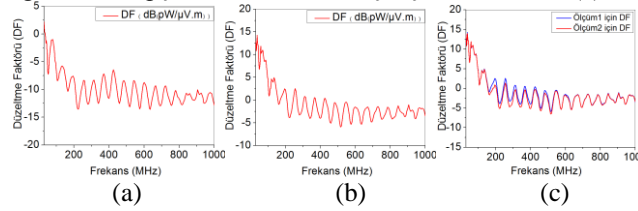
Ölçümler 3 m ve 10 m ölçüm mesafeleri için yapılmış, hem antenle hem de soğurucu kelepçe kullanılarak alınan ölçüm sonuçları şekil 4'de verilmiştir. Eşitlik (3) kullanılarak her iki ölçüm mesafesi için anten ile alınan ölçüm sonuçlarından soğurucu kelepçe sonuçları çıkarılarak şekil 5 (a), ve 5 (b)'de verilen düzeltme faktörleri (DF) elde edilmiştir. Ölçüm sisteminin doğruluğunu kontrol etmek için 10 m ölçüm mesafesinde farklı sinyal seviyesinde ölçümler tekrar edilmiş, sonuçlar şekil 5 (c)'de sunulmuştur.

$$DF = FD_{AC} - FD_{RA} \text{ (dB(pW}/\mu\text{V.m))} \quad (3)$$

Burada; DF: Düzeltme Faktörü, FD_{AC} : Soğurucu kelepçe final işaret seviyesi (dBpW) ve RD_{AC} : Alıcı anten final işaret seviyesi (dB μ V/m) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4. Soğurucu kelepçe ve alıcı anten karşılaştırma sonucu, (a) 3 m, (b) 10 m



Şekil 5. Soğurucu kelepçe düzeltme faktörü, (a) 3 m, (b) 10 m, (c) 10 m ölçüm tekrarlanabilirliği

10 m ölçüm mesafesi için, 200 MHz'e kadar düşük frekanslar için ($DF > 0$) olduğu, 200 MHz'in yukarıdaki frekanslarda ($DF < 0$) olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5 (c) ise 10 m mesafede ölçüm tekrarlanabilirliği için düzeltme faktörünü göstermektedir. 180 MHz ve 500 MHz arasındaki minimal sapmalar haricinde tüm frekanslarda çok iyi bir uyuşma gözlemlenmiştir.

6. Sonuç

IND60 Avrupa Birliği projesi kapsamında yapılan ve EMRP tarafından desteklenen bu çalışmada, laboratuvar ortamlarına uymayan cihazların alternatif ışınım yayılım deneyleri için standart ölçüm yöntemi ile alternatif ölçüm yöntemi karşılaştırılarak sonuçları sunulmuştur. Sonuçlar korelasyon yapılarak bir düzeltme faktörünün elde edilebilir olduğunu bize göstermiştir. Bu yöntem ile çok iyi bir tekrarlanabilirlik sağlandığı doğrulanmıştır.

10. Kaynaklar

- [1] CISPR22, Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement
- [2] CISPR11, Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement
- [3] CISPR14-1, Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus Part 1: Emission
- [4] CISPR16-1-3, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods: Part 1. Radio disturbance and immunity measuring apparatus: Disturbance Power
- [5] http://www.elmac.co.uk/pdfs/ff26_report.pdf
- [6] Pachner V., Roy L., Costache G. "EMI Measurement of Small Systems Using an Absorbing Clamp", Instrumentation and Measurement Technology Conference, Vol. 1, pp. 146-150, May 1997.