

Dış Elektromanyetik Ortam Altında Fark Mod Akımı Ölçümleri İçin Gürültü Akım Probenun Geliştirilmesi

İ. Araz¹, O. Çerezci², F.Üstüner¹, B.Türetken¹, M.Yazici¹

¹TÜBİTAK-UEKAE EMC Lab. PO.Box:21 41470, Gebze, Kocaeli, TURKEY

² Sakarya University, Elektrik-Elektronik Müh. Böl., 54187 Esentepe, Sakarya, TURKEY
Tel:+90-262-648 10 00, Fax:+90-262-648 11 00
araz@uekae.tubitak.gov.tr

Özet: Bu çalışmada, iletim yolu ile yayılan gürültü akımlarının ölçümünde kullanılan akım problemlerinin dış elektromanyetik alanlara karşı bağımsızlık seviyesi artırılarak geniş bantlı (1-1000 MHz) yeni bir RF akım probu elde edilmiştir. Dış elektromanyetik alanlar tarafından iletken teller veya transmisyon hatları üzerinde indüklenen fark mod akımlarının ölçümünde kullanılmak üzere geliştirilen bu akım probu bu tür ölçümler için oldukça uygun ve ekonomik bir çözüm olmuştur. Bu çalışmada Fischer Communication firması tarafından üretilen F-36-4 model ve seri numaralı “RF Current Monitoring Probe” kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: akım probu, kuplaj, fark mod akımı.

I. Giriş

Ticari olarak satılan gürültü akım problemleri, dış elektromanyetik alana karşı yüksek frekanslarda oldukça alıngandır; başka bir ifade ile, ölçüm esnasında üzerine gelen dış elektromanyetik alandan etkilenerek yanlış veya geçersiz ölçüm yapabilmektedir. Dış elektromanyetik alanlar tarafından iletkenler üzerinde indüklenen akımların ölçümünde kullanılan akım izleme probunun dış elektromanyetik alanlara karşı alınganlık göstermemesi ölçüm sonuçlarının doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği açısından önemli olan diğer bir husus ise akım probunun kalibrasyonudur. Bu gerekçeler ile akım probu dış elektromanyetik alanlara karşı alınganlık göstermemesi için tamamen ekranlanmış ve kalibre edilmiştir. Geliştirilen akım probunun performans değerlendirmesi için model iki telli transmisyon hattı üzerinde düzlemsel dalga uygulanarak yük üzerinden akan akım ölçülmüş ve ölçüm sonucu analitik sonuç ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada akım probunun bu tür ölçümler için geliştirilmesi, kalibrasyonu ve performans ölçümleri sunulmuştur.

II. Akım Probenun Hazırlanışı

Akım probu olarak Fischer Communication firması tarafından üretilen F-36-4 model ve seri numaralı “RF Current Monitoring Probe” kullanılmıştır. Akım probu, 1-1000 MHz band genişliğinde olup iletkenlik yolu ile yayılan gürültü akımlarının ölçülmesi için özel olarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte akım probu yüksek frekanslarda oldukça alıngandır ve bulunduğu ortamda yüksek seviyeli elektromanyetik alanlar var ise dış alanlardan etkilenmekte ve yanlış ölçüm gerçekleştirmektedir. Bu nedenle yukarıda bahsedilen akım probu yeni bir yaklaşım ile tasarlanarak ekranlanmıştır. Tasarımda, kare ortak eksenli kare transmisyon hattı (square coaxial wire) yaklaşımı ilkesi kullanılarak akım probu alüminyum profil ile kutulanarak ekranlanmıştır [1,2]. Akım probunun kalibrasyon kiti de aynı yaklaşım ile tasarlanmıştır. Ortak eksenli kare transmisyon hattı konfigürasyonu yüksek frekanslarda ve fiziksel boyutları küçük olan yapılarda oldukça iyi sonuçlar veren bir yöntemdir. Kalibrasyon kitinin ve ekranlama kutusunun işaret giriş çıkış noktası arasındaki empedans değeri ve fiziksel boyutları bir numaralı denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Z_0 = \frac{\eta_0}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left[\frac{1.0787D}{d} \right] \quad (1)$$

Z_0 = hattın iki nokta arasında gösterdiği karakteristik empedans (Ω)

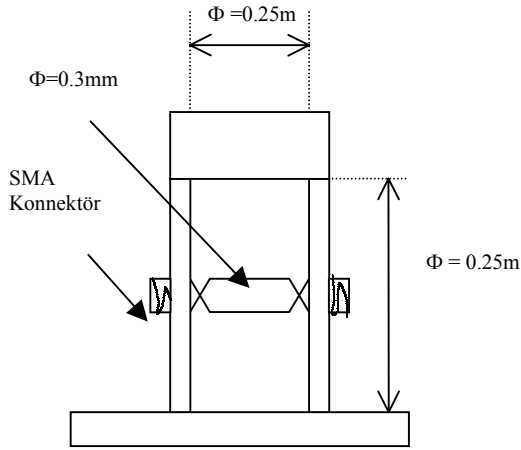
D = kare şeklindeki kutunun içten iki kenar arası mesafesi (m)

d = ortak eksen olarak kullanılan iletkenin (canlı uç) çapı (m)

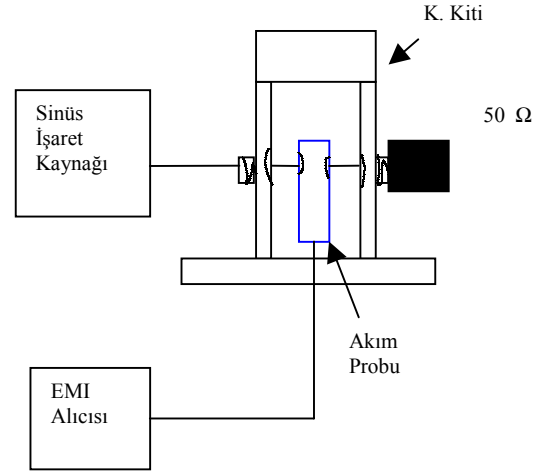
$\eta_0 = 377 \Omega$

$\epsilon_r = 1$

Bir numaralı denklemde hattın karakteristik empedansı $Z_0 = 50 \Omega$ 'a eşitlenerek ekranlama kutusunun fiziksel boyutları hesaplanmıştır. Kutu, akım probunu dış elektromanyetik ortamdan izole ederken aynı zamanda yüksek frekanslarda dalga klavuzu gibi çalışarak işaret kayıplarının minimuma indirilmesi sağlanmıştır. Kutu hazırlandıktan sonra akım probu kutu içine boşlukta kalacak şekilde, başka bir ifadeyle kutu içi duvarlarına temas etmeksizin ve ortak eksen olarak kullanılan d çapındaki iletkene kelepçe gibi tutturularak yerleştirilmiştir. Ortak eksen (canlı uç) olarak kullanılan iletkenin kutu dışına çıkış noktalarında SMA tipi konnektörler kullanılmıştır (Bkz Şekil 1, Şekil 3-a, Şekil 3-b). Akım probu ekranlanmadan önce ve sonra kalibre edilmiştir. Akım probunun kalibrasyonu için Şekil 1'de şematik olarak verilen bir kalibrasyon kiti hazırlanmıştır. Kalibrasyon kiti, bir ucu 50Ω ile sonlandırılmış transmisyon hattı gibi tasarlanarak, tüm ölçüm frekans aralığında (1-1000 MHz) 120Ω empedans civarında elde edilmiştir. Kalibrasyon kitinin empedans ölçümü, TDR (time domain reflectometer) osiloskop ile gerçekleştirilmiştir.

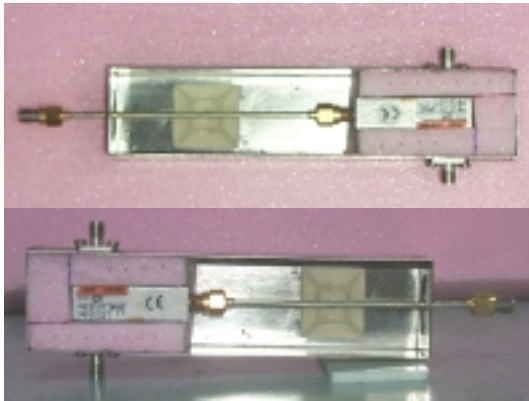


Şekil 1 Kalibrasyon kitinin şematik gösterimi

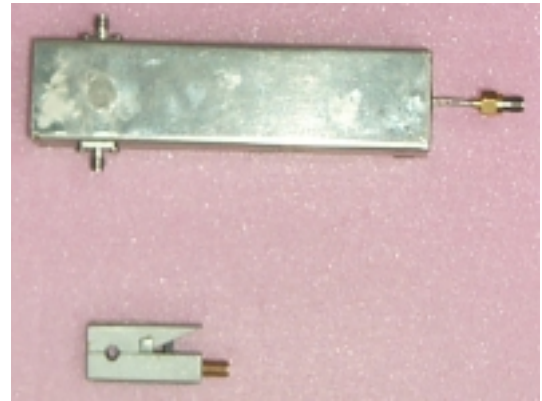


Şekil 2 Akım probunun kalibrasyon test düzeneği

Akım probu sürekli modda çalışan sinüs işaret kaynağı ve darbe tipi işaret kaynağı kullanılarak kalibre edilmiştir.



Şekil 3-a Akım probunun ekranlanması

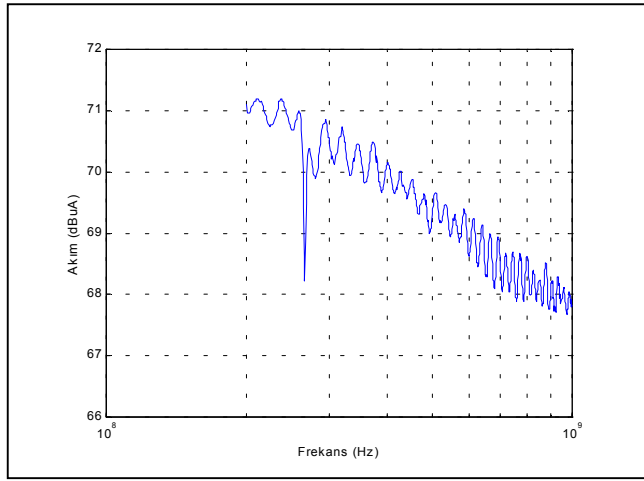


Şekil 3-b Akım probunun ekranlı (üstte) ve ekransız (altta) görünümü

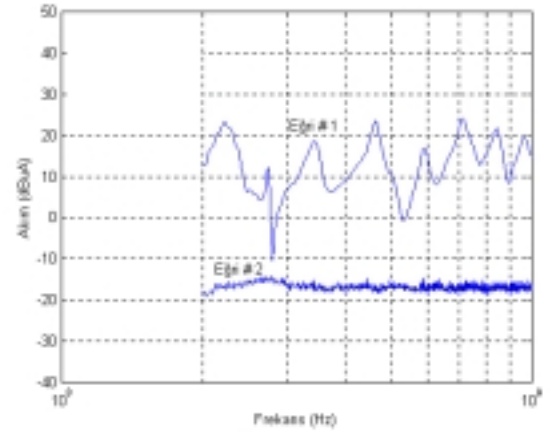
III. Ölçümler ve Sonuçlar

Akım probu ekranlandıktan sonra tekrar kalibre edilmiştir. Kalibrasyonda sürekli modda çalışan sinüs kaynağı kullanılarak süpürme (sweep) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir ve sonuç grafik olarak Şekil 4'te verilmiştir. Ayrıca ekranlanarak dış elektromanyetik alanlara karşı bağışıklık seviyesi artırılan akım probu 30 V/m seviyesindeki elektrik alana maruz bırakılarak ekranlama etkinliği ölçülmüştür. Ölçüm sonucu Şekil 5'te grafik olarak sunulmuştur. Akım probunun ekranlama etkinliği ölçümü karşılaştırma sonuçları grafik olarak Şekil 7'de verilmiştir. Grafikte bir numaralı eğri (Eğri #1) prob ekranlanmadan önce elde edilen ekranlama etkinliği

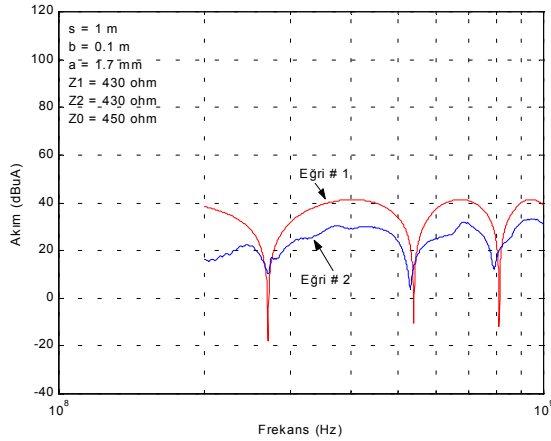
sonucunu gösterirken iki numaralı eğri ise (Eğri #2) prob ekranlı kutu içerisine yerleştirildikten sonra elde edilen ekranlama etkinliği sonucunu göstermektedir. Bu çalışmanın bir başka amacında transmisyon hatları üzerinde dış elektromanyetik alanlar tarafından indüklenen akımın ölçümünü elektromanyetik alanlara karşı alıngan olmayan genişbandlı bir akım probu ile doğru olarak ölçmektir. Bu maksatla, iletken teller arası mesafesi 10 cm, 1 m uzunluğunda ve iletken çapı 17 mm olarak hazırlanana model iki telli transmisyon hattı Z_1 ve Z_2 sonlandırma elemanları ile sonlandırılmıştır. Sonlandırma elemanlarının empedans değeri iki telli model transmisyon hattının karakteristik empedansına eşit tutulmuştur. Model transmisyon hattı üzerine anten vasıtası ile elektrik alan uygulanmış ve hattın iletkenleri üzerinde indüklenen ve sonlandırma elemanı üzerinden akan fark modu akımı hazırlanan bu yeni akım probu ile ölçülmüştür. Ölçüm sonucu grafik olarak Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da verilen fark modu akımı ölçüm grafiğinde bir numaralı eğri (Eğri #1) analitik sonucu gösterirken iki numaralı eğri (Eğri #2) ise Z_2 yükü üzerinden akan akımın ekranlanmış akım probu ile ölçüm sonucunu göstermektedir. Akım probu ile gerçekleştirilen ölçüm sonucu analitik sonuç ile örtüşmektedir [3], [4]. Yeni bir yaklaşım ile ekranlanan akım probunun kalibrasyon ölçümü ve ekranlama etkinliği ölçümü oldukça iyi sonuç vermiştir. Elde edilen yeni akım probu 30 V/m seviyesine kadar olan dış elektromanyetik alanlardan etkilenmeden kuplaj akımlarının ölçümünde kullanılabileceği gözükmektedir. Geliştirilen bu akım probu ile gerçekleştirilen kuplaj akımının ölçümleri [3] ile verilmiştir ve bu tarz ölçümlerin akım probu kullanılarak doğrudan frekans domeninde gerçekleştirilmesi oldukça pratik bir yöntem olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4 Akım probunun sinüs işaret kaynağı ile kalibrasyon ölçümü sonucu



Şekil 5 Akım probu'nun ekranlama etkinliği ölçüm sonucu
Eğri #1 Ekransız , Eğri #2 Ekranlı



Şekil 6 Fark modu kuplaj akımının akım probu ile ölçüm sonucu

Kaynaklar

- [1] MIL-STD 461 E, "Department of Defense Interface Standard Requirement for Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystem and Equipment", 20 August 1999.
- [2] Brian C. Wadell, "Transmission Line Design Handbook", Artech House Publishers, 1991.
- [3] İsa Araz, "Düzlemsel Elektromanyetik Dalganın Transmisyon Hatlarında İndüklediği Fark Modu Akımının Frekans Domeninde Ölçümü", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Haziran 2002.
- [4] A.A. Smith, Jr., "A More Convenient Form of the Equation for the Response of a Transmission Line Excited by Nonuniform Fields," IEEE Trans. On EMC, Vol. EMC-15, No.3, pp. 151-152, August 1973.