

# Geçici Etki EMI-EMC Alınganlık Testlerinde Akım Ölçümü İçin Yeni Bir Yöntem

Seyit Ahmet SİS, Fatih ÜSTÜNER

TÜBİTAK UEKAE

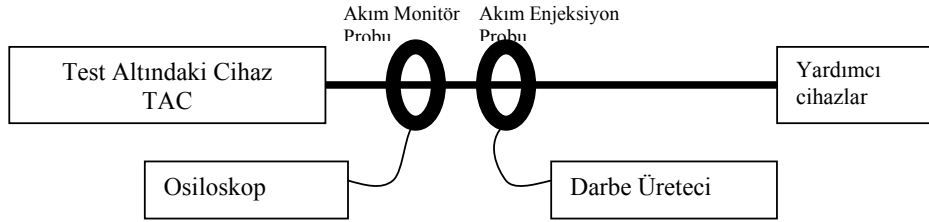
PK:74,Gebze,41470,Kocaeli,Türkiye

[sas@uekae.tubitak.gov.tr](mailto:sas@uekae.tubitak.gov.tr), [ustuner@uekae.tubitak.gov.tr](mailto:ustuner@uekae.tubitak.gov.tr)

**Özet:** Bu çalışmada, EMI/EMC geçici etki alınganlık test yöntemlerinde akım değeri okuma ile ilgili olarak yeni bir yol önerilmektedir. Askeri teçhizatın uymakla yükümlü oldukları MIL-STD-461E standardında CS115 ve CS116 geçici etki (transient) alınganlık testlerinde test altındaki cihazın kablolarına endüklenen akımın tepe değerinin elde edilmesi istenmektedir. Standart bu amaçla pasif akım monitör problemlerinin kullanımını istemektedir. Ancak akım tepe değerinin nasıl elde edileceği konusunda ayrıntılı bilgi ve düzenek standartta yer almamaktadır. Bu çalışmada akım tepe değerinin elde edilmesine yönelik geliştirilen yeni bir yöntem verilmektedir. Bu yöntemin doğruluğu ve uygulanabilirliği örnekler üzerinde açıklanmaktadır.

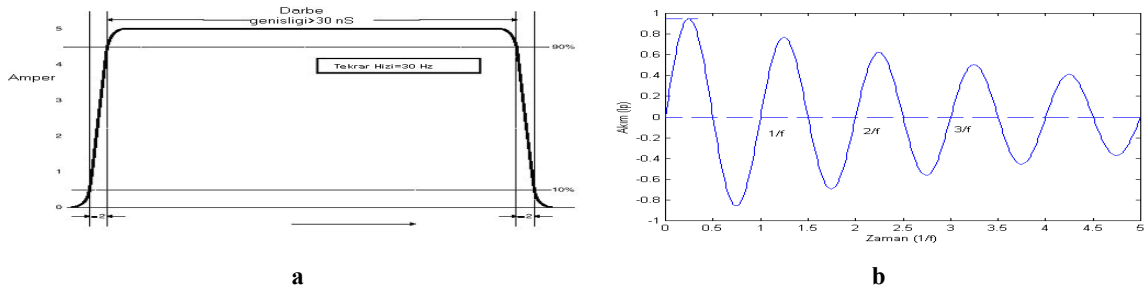
## 1. Giriş

MIL-STD 461E [1] standardı askeri cihazların uyması gereken elektromanyetik uyumluluk testlerini içermektedir. Standart kapsamında 17 adet test vardır. CS115 ve CS116 kodlu test yöntemleri bu 17 test yönteminden ikisi olup geçici etki alınganlık testleridir. Bu testlerde darbe üretici tarafından üretilen geçici etki akım enjeksiyon problemleri ile doğrudan test altındaki cihazın (TAC)kablo demetlerine ayrı ayrı uygulanmaktadır. Test sırasında uygulanan darbe, akım monitör problemleri kullanılarak osiloskopta gözlenmektedir (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1 CS115 ve CS116 Test Düzenegi

CS115 testinde yaklaşık 2 ns yükselme ve düşme süresine sahip 30 nanosaniyeyi aşan genişlikte 30 Hz tekrar hızında kare darbe uygulanmaktadır (Bkz. Şekil 2 (a)). CS116 testinde ise 10 kHz, 100 kHz, 1MHz, 10 MHz, 30 MHz, 100 MHz frekanslarında standartta belirtilen seviyelerde sönümlü sinüs darbeleri uygulanmaktadır (Bkz. Şekil 2 (b)). Monitör ve enjeksiyon problemleri aynı tip pasif problemlerdir.



Şekil 2 CS115 (a) ve CS116 (b) Testlerinde Uygulanan Darbe Şekilleri

Kablo demetlerinin çaplarının büyük oluşu (10 mm den büyük) ve birden fazla kabloyu içermeleri nedeniyle Hall etkisi prensibine dayalı aktif akım problemleri bu testlerde kullanılamamaktadır. Pasif akım problemleri temel olarak ferrit nüveli trafolardır. Primer sargı olarak görev yapan test altındaki cihaz kablосundan geçen akım ferrit

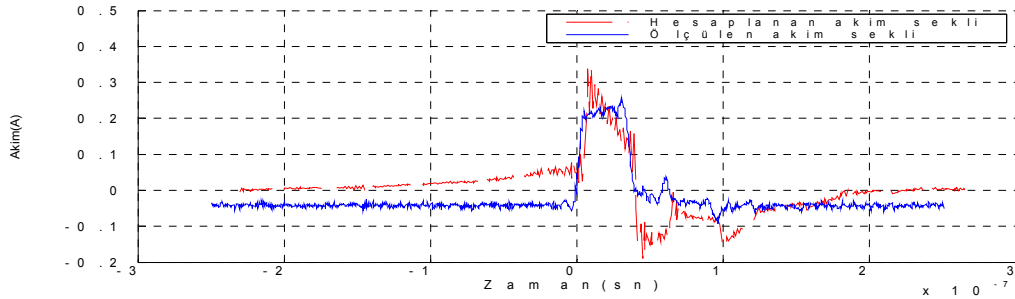
toroid nüve üzerine sarılı sekonder sargı terminallerinde gerilim endükler . Trafo yapısı nedeniyle pasif akım problemlerinin akım gerilim karakteristikleri frekansa bağlı değişiklik gösterir. MIL-STD 461 E standardında, uygulanan kablo üzerinde endüklenen akım tepe değeri istenmektedir. Ancak standartta tepe akımının nasıl elde edileceği konusunda bir bilgi ve test düzeneği verilmemektedir.

## 2. Akımın Belirlenmesi

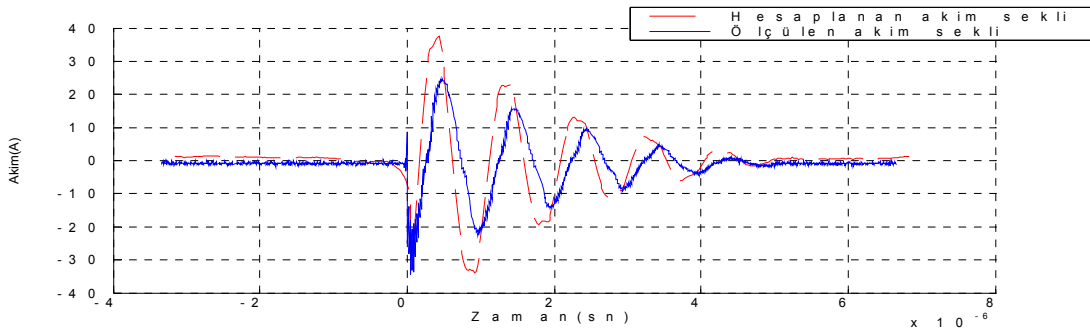
Monitör probunda primer sargı olarak görev yapan TAC kablosundan geçen akımın ferrit toroid nüve üzerine sarılı sekonder sargı terminallerinde oluşturduğu gerilime oranı üreticiler tarafından frekansa bağlı düzeltme faktörü olarak sunulur. Bir başka deyişle bu problemler frekans domeninde ve yalnız genlik açısından karakterize edilmişlerdir. Ancak monitör probunun çıkışı osiloskopta zaman domeninde gerilim olarak okunmaktadır. Bu nedenle sayısal işaret işleme teknikleri kullanılarak domenler arası geçişler yapmak gerekmektedir. Bu kapsamda öncelikle aşağıdaki prosedür izlenmiştir:

- Osiloskopta zaman domeninde elde edilen gerilim eğrisi FFT ile frekans domenine aktarılmıştır.
- Frekans domeninde üretici tarafından sağlanan genlik düzeltme faktörleri FFT’si alınan bu sinyale eklenmiştir.
- Ters FFT alınarak zaman domeninde akım eğrisi elde edilmiştir.

Yukarıdaki prosedürü uygulamak ve ne ölçüde doğru sonucu vereceğini görebilmek amacıyla iki farklı ölçüm yapılmıştır. Ölçüm için Şekil 1’de verilen test düzeneği kullanılmıştır. Bu test düzeneğinde CS115 ve CS116 testlerine ilişkin darbeler uygulanmış ve ilk olarak pasif monitör probunun çıkışındaki gerilim dalga şekli osiloskop vasıtasıyla kaydedilmiştir. İkinci ölçümde aynı düzenek temel olarak korunmuş ancak pasif monitör probu Hall etkili aktif akım probu ile değiştirilmiş ve doğrudan akım dalga şekli yine osiloskop vasıtasıyla kaydedilmiştir. Birinci ölçümde kaydedilen gerilim dalga şekli verisine yukarıda belirtilen prosedür uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir.



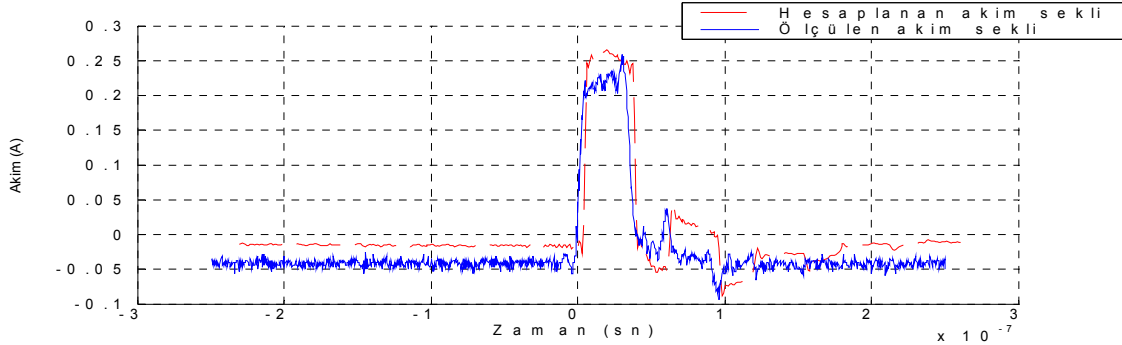
Şekil 3 CS115 Test Darbesi Hesaplanan (kesik çizgi) ve Ölçülen (düz çizgi) akım şekilleri



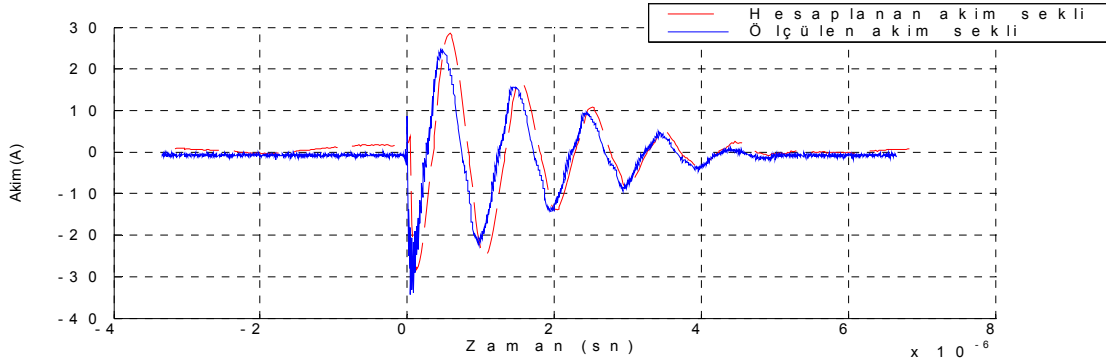
Şekil 4 CS116 1 MHz Test Darbesi Hesaplanan (kesik çizgi) ve Ölçülen (düz çizgi) akım şekilleri

Şekillerde görüldüğü gibi genel olarak dalga şekilleri elde edilmekle beraber akım tepe değerinde yeterli doğruluk elde edilememiştir. Hatanın eklenen düzeltme faktörlerinde sadece genlik bilgisinin kullanılması sonucu oluştuğu varsayılmış ve faz bilgisinin hatayı düzeltereği öngörülmüştür. Bu kapsamda akım monitör problemleri yeniden kalibrasyona tabi tutulmuş, vektör network analizör kullanılarak düzeltme faktörleri hem genlik hem de faz açısından tekrar elde edilmiştir. Daha önce frekans domenine aktarılmış olan gerilim verisine bu

düzeltilme faktörleri uygulanmıştır (FFT'si alınan işaret ile düzeltme faktörleri karmaşık olarak çarpılmıştır). Elde edilen işaretin daha sonra Ters FFT'si alınarak zaman domeninde akım eğrisi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5 ve Şekil 6'da grafik şeklinde verilmektedir.



Şekil 5 CS115 Test Darbesi Hesaplanan (kesik çizgi) ve Ölçülen (düz çizgi) akım şekilleri



Şekil 6 CS116 1 MHz Test Darbesi Hesaplanan (kesik çizgi) ve Ölçülen (düz çizgi) akım şekilleri

Şekillerde görüldüğü gibi faz bilgisi eklendiği takdirde akım tepe değerinde olan hata çok daha azdır.

### 3. Sonuç

Bu çalışmada kabloya endüklenen darbe akımının şekli pasif akım monitor probu kullanarak belirlenmiştir. Domenler arası geçişlerde sayısal işaret işleme teknikleri kullanılmıştır. Geçici etki işaretlerinde olduğu gibi fazla sayıda frekans bileşenine sahip, geniş bantlı sinyallerde frekans domeninde yapılacak işlemlerde doğru sonucu elde etmek için faz bilgisinin kullanımı önem arz etmektedir.

### Kaynaklar

[1]. MIL-STD-461E Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment , ABD Savunma Bakanlığı, 20 Ağustos 1999