

# IŞINIM YOLU İLE BAĞIŞIKLIK TESTLERİNDE HARMONİK ÖLÇÜMLERİNİN ÖNEMİ

**İlker GÜNAY\***  
**Yasin ÖZKAN**

\* igunay@aselsan.com.tr  
ASELSAN A.Ş.  
Tel: 0312 847 53 00

## ÖZET

Elektromanyetik uyumluluk testlerinde yüksek elektrik alan oluşturma ihtiyacı artan bir gereksinim olarak göze çarpmaktadır. Özellikle aviyonik uygulamalarında standartlar binlerce V/m elektrik alan oluşturulmasını gerektirmektedir. Fakat testte kullanılan güç yükseltecinin doyuma ulaşma durumunu ve test sisteminin harmonik seviyelerini kontrol etmeden elektrik alan ölçüm probunun monitöründe okunan seviyeye güvenilememektedir. Ölçüm için kullanılan elektrik alan ölçüm problemleri oldukça geniş bir bantta frekans ayırıcı özelliğine sahip olmadığından, ölçülen elektrik alan ana frekans ve onun harmonik bileşenlerinden oluşabilmektedir. Bu çalışmada ışınım yolu ile yayılım test sistemlerinin harmonik seviyesi ölçümünde kullanılan iki yöntem, Ölçüm Anteni Yöntemi ve Yönlü Kuplör Yöntemi, karşılaştırılacaktır. 10m Yarı Yansız Kabin içerisinde Ölçüm Anteni ve Yönlü Kuplör yöntemleri incelenecektir.

Yönlü Kuplör Yönteminde güç yükseltecinin çıkışı ışınım anteni ile sonlandırılacaktır. Tüm sistemin yayılım seviyesi, sistemde kullanılan ekipmanların kalibrasyon değerleri kullanılarak hesaplanacak ve yönlü kuplör kullanılarak harmonik seviyesi ölçülecektir. Diğer taraftan Ölçüm Anteni Yönteminde, sistemi oluşturan cihazların empedans uyumsuzlukları, anten – yarı yansız kabin kuplaj etkileri göz önünde bulundurularak harmonik değerlerinin ölçümü gerçekleştirilecektir. Bu yöntemde antenler arasındaki mesafe, kabin ile antenler arasındaki kuplaj etkileri analiz edilecektir. Sonuç olarak her iki yöntemin de avantajları ve dezavantajları tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektromanyetik Uyumluluk, Harmonik Ölçümü, Işınım Yolu ile Bağışıklık Testleri.

## ABSTRACT

The need of generating high level Electric field (E-field) is an increasing demand in Electromagnetic Compatibility (EMC) tests. For avionic applications, standards even require thousands of V/m which is a challenging task. However, the level read at the monitor of the E-field probe is questionable without checking the saturation and harmonic levels of the amplifier. Since E-field probes work in a broadband frequency range with non-selective structure, the generated field can be composed of main signal and its harmonics. In this work, two harmonic measurement techniques, Receive Antenna and Directional Coupler Methods, will be compared. The measurement results of Receive Antenna and Directional Coupler Methods will be examined in a 10m Semi-Anechoic Chamber.

In Directional Coupler Method, the output of the amplifier will be terminated with radiating antenna. The actual calibration data of the equipments, that are part of the system, will be used to calculate the radiating level and the harmonic level will be measured from the directional coupler. On the other hand, in Receive Antenna Method the harmonic measurements was realized considering impedance mismatch between the equipments that are part of the system and antenna – semi anechoic chamber coupling effects . In this method, the distance between antennas, coupling effects of the chamber and antennas will be examined. As a result the advantages and disadvantages of two methods will be discussed.

**Key Words:** Electromagnetic Compatibility (EMC), Harmonic Measurement, Radiated Susceptibility Tests.

## 1. GİRİŞ

Elektromanyetik uyumluluk (EMC) bir cihaz veya sistemin, kendi elektromanyetik ortamında, elektromanyetik bozulmaya yol açmadan ve belirli seviyedeki elektromanyetik sinyallerden etkilenmeden çalışabilme yeteneğini ifade etmektedir. Elektronik sistemlerin çalışırken açığa çıkardıkları veya ortamda mevcut bulunan elektromanyetik enerji ile karşılıklı olarak birbirlerini etkilemeleri sonucunda performanslarında bozulma oluşması veya tamamen çalışamaz hâle gelmeleri elektromanyetik girişim olarak adlandırılmaktadır. Bu etkileşimi azaltmak amacıyla sivil ve askeri amaçlı EMC standartları oluşturulmuş ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Elektromanyetik girişim kuplaj yoluna göre ışımaya ve iletkenlik kaynaklı olabilmektedir. Genellikle 30 MHz altında iletkenlik kaynaklı girişimler gözlenmekte, 30 MHz üstünde ise ışımaya kaynaklı girişim baskın olmaktadır. Işımaya kaynaklı girişimler standartlardaki en zorlu testler olarak göze çarpmaktadır. Özellikle askeri ve aviyonik amaçlı testlerde zorlu platform koşullarına dayanıklılık gereğiyle ulaşılması gereken seviyeler birkaç bin V/m olabilmektedir. Işımaya yolu ile yayılım ve bağışıklık testlerinde yansız odalar kullanılmaktadır. Yansız odaların panellerinin dış kısmı test edilen ortamı izole ederken, panellerin içinde bulunan ferit plakalar ve piramit şeklindeki RF emiciler içerideki elektromanyetik dalgaları soğurmakta ve geri yansımalarını engellemektedir. Yansız odada birime standartlarda belirtilen elektrik alan seviyelerini uygulayabilmek için güç yükselteçleri, ışımaya antenleri ve elektrik alan problemlerinden oluşan test sistemleri kullanılmaktadır.

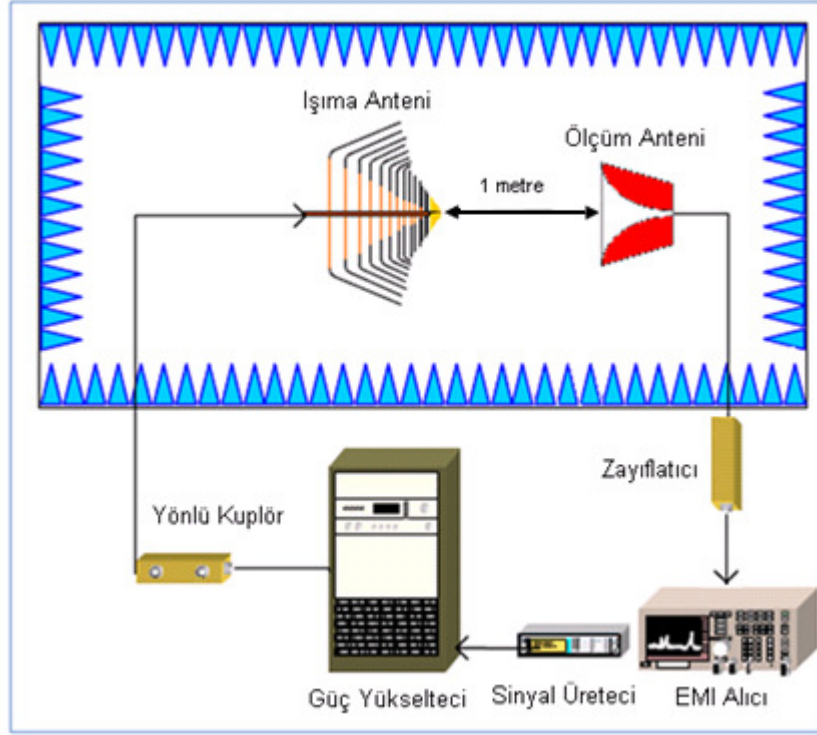
Askeri ve aviyonik amaçlı ışımaya yolu ile bağışıklık testlerinde ulaşılması gereken elektrik alan seviyelerinin yüksek olmasından dolayı güç yükselteçleri genellikle maksimum güç ile çalıştırılmaktadır. Yükselteçler lineer bölgenin üstünde (1 dB Bastırma Noktası üzerinde) çalıştırıldığında ise harmonik üretmeye başlamaktadır. Işıma yolu ile bağışıklık test sistemlerinde kullanılan elektrik alan problemleri ve güç sensörleri geniş bant karakteristiğinde olmaktadır. Bu cihazlar frekans seçici olmadığından çalışma bandındaki tüm bileşenleri toplamakta ve ölçüme yansıtılmaktadırlar. Ana frekans dışında eklenen tüm bileşenler hata ya da test belirsizliği olarak tanımlanmaktadır. IEC 61000-4-3 standardı test sistemlerindeki harmonik bileşenlerinin -6 dBc değerinden daha düşük olması gerektiğini belirtmektedir. Bu durumda ana frekanstaki elektrik alan seviyesinin maksimum 10%'u değerinde hata oluşabilmektedir. Standart, sisteme ait harmonik değerlerini kontrol etmek amacıyla 2 yöntem belirlemiştir:

- 1- Alıcı Anten Yöntemi
- 2- Yönlü Kuplör Yöntemi

ASELSAN MGEO grubunda kurulan yarı yansız test odasının ışımaya yoluyla alınganlık test sistemlerinin harmonik değerlerini belirlemek amacıyla 80 MHz – 7 GHz aralığında iki yöntem de kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. ALICI ANTEN YÖNTEMİ

80 MHz – 7 GHz frekans aralığında RF test sisteminin harmonik seviyesini belirlemek amacıyla ışımaya anteni olarak log periyodik veya horn anten, ölçüm sisteminde ise EMI alıcı ve ölçüm anteni kullanılmıştır. Düşük frekanslarda ölçüm anteni olarak bikonik, yüksek frekanslarda ise horn anten kullanılmıştır. Test düzeneğinde sinyal üreticinin çıkışı güç yükselteci ile kuvvetlendirilmiştir. Ölçümlerde kullanılmayan yönlü kuplör çıkışları 50Ω sonlandırıcı ile sonlandırılmıştır. Bu yükselteçlerden katı hal yapısına sahip olanların harmonik seviyesi spesifikasyonlarında minimum 20 dBc iken TWT yapısında bulunan yükseltecin harmonik seviyesi minimum 3 dBc olarak belirtilmiştir. Işıma anteni ve ölçüm anteni birbirlerine 1 metre mesafede konumlandırılmıştır. Kullanılan test düzeneği Şekil - 1'de gösterilmektedir. IEC-6100-4-3 standardına göre EMI alıcıdan 18 V/m sürekli dalga (continuous wave) ölçülmesi hedeflenmiştir. Alıcı antenin 1 metredeki anten faktör değerleri ve ölçme yolundaki kablo kayıpları hesaba katılarak ana frekanstaki elektrik alan seviyesi belirlenmiştir. Ana frekanstaki değer EMI Alıcıdan okunduktan sonra herhangi bir değişiklik yapılmadan ikinci ve üçüncü harmonik değerleri EMI alıcı yardımıyla ölçülmüştür. Bu harmoniklere anten faktörü ve yol kaybı eklendikten sonra maksimum harmonik seviyesi hesaplanmıştır.

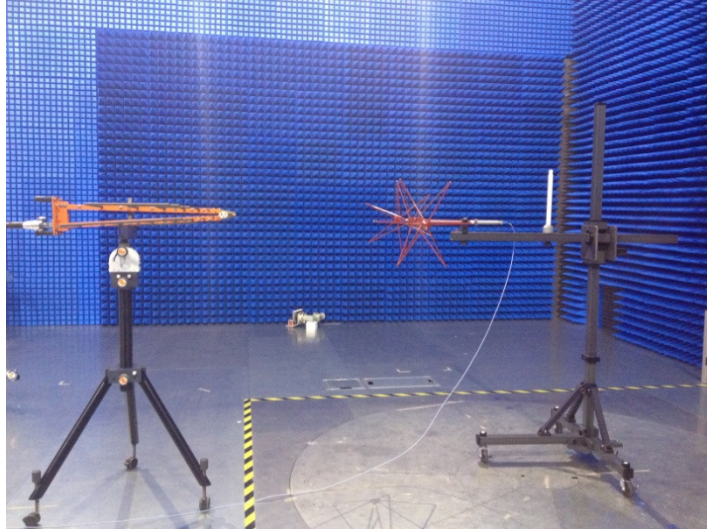


Şekil - 1: Alıcı Anten Yöntemi Test Düzenegi

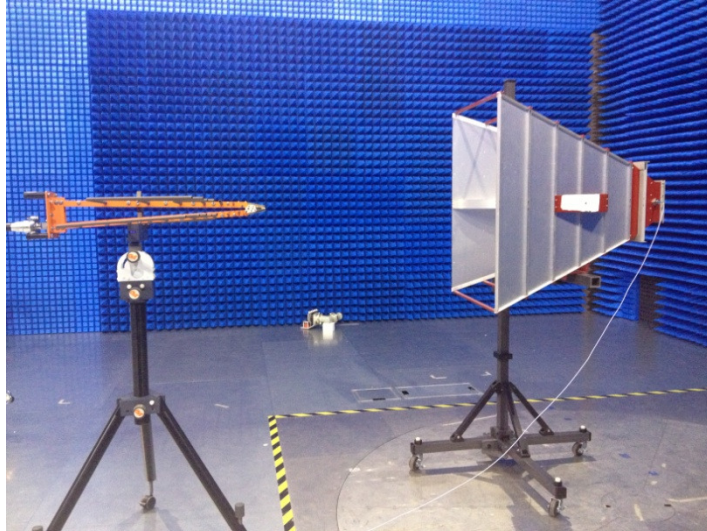
Alıcı Anten test sistemlerinde kullanılan cihazlar Tablo - 1, Tablo - 2 ve Tablo - 3'te, test düzenekleri ise Şekil - 2, Şekil - 3 ve Şekil - 4'te verilmiştir.

Tablo - 1 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 1

Tanım	Model	Frekans Aralığı
Sinyal Üreteci	SMV100A	9 kHz – 3,2 GHz
Güç Yükselteci	4000W1000A, 4 kW	80 MHz – 1GHz
Işıma Anteni	ATR80M6G, Log Periyodik	80 MHz – 6 GHz
Ölçüm Anteni	3110C, Bikonik	30 MHz – 300 MHz
	3117, Horn	200 MHz – 3000 MHz
EMI Alıcı	ESU40	20 Hz – 40 GHz



Şekil - 2 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 1 (80 MHz – 100 MHz)



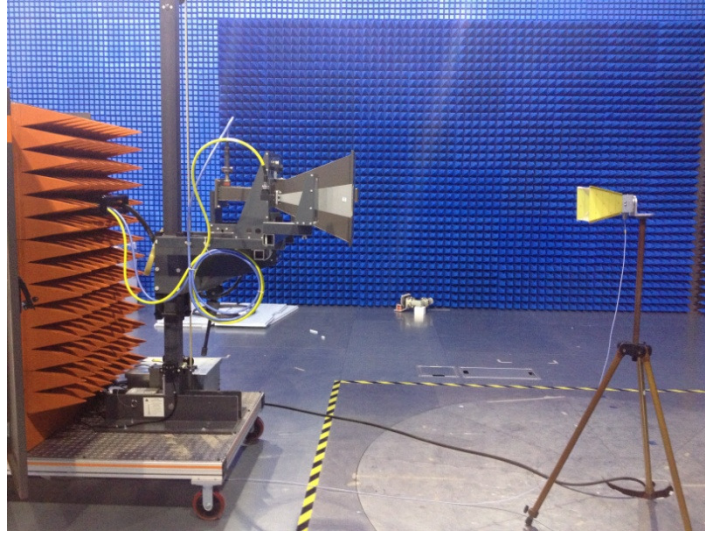
Şekil - 3 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 1 (200 MHz – 500 MHz)

Tablo - 2 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 3

Tanım	Model	Frekans Aralığı
Sinyal Üreteci	E8267D	250 kHz – 20 GHz
Güç Yükseltici	Model 682, 700 W	800 MHz – 4200 MHz
Işıma Anteni	ATR800M5G, Horn	800 MHz – 5000 MHz
Ölçüm Anteni	3115, Horn	1 GHz – 18 GHz
EMI Alıcı	ESU40	20 Hz – 40 GHz

Tablo - 3 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 2

Tanım	Model	Frekans Aralığı
Sinyal Üreteci	E8267D	250 kHz – 20 GHz
Güç Yükseltici	500T2z5G7z5, 500 W	2,5 GHz – 7,5 GHz
Işıma Anteni	TX250-18, Horn	2,5 GHz – 7,5 GHz
Ölçüm Anteni	3115, Horn	1 GHz – 18 GHz
EMI Alıcı	ESU40	20 Hz – 40 GHz



Şekil - 4 : Alıcı Anten Yöntemi, Test Sistemi 2 ve 3

### 3. YÖNLÜ KUPLÖR YÖNTEMİ

80 MHz – 7 GHz frekans aralığında RF test sisteminin harmonik seviyesini belirlemek amacıyla ışımaya anteni olarak log periyodik veya horn anten, ölçüm sisteminde ise EMI alıcı ve yönlü kuplör kullanılmıştır. Test düzeneğinde sinyal üreticinin çıkışı güç yükseltici ile kuvvetlendirilmiştir. Güç yükselticinin çıkışında yönlü kuplör bulunmakta ve harmonik ölçümleri bu kuplörün ileri yön çıkışından alınmıştır. Test düzeneği Şekil - 5'te verilmiştir.

Formül 1 kullanılarak ışımaya anteninden 18 V/m elektrik alan oluşturabilmek için gerekli güç yükseltici çıkış değeri hesaplanmıştır. Burada izotropik anten kazancı değeri ışımaya anteninin spesifikasyonlarından alınmıştır. Ana frekanstaki değer EMI Alıcıdan okunduktan sonra herhangi bir değişiklik yapılmadan ikinci ve üçüncü harmonik değerleri yönlü kuplörün çıkışından ölçülmüştür.

$$E = \sqrt{30 * P * G_{izotropik}}$$

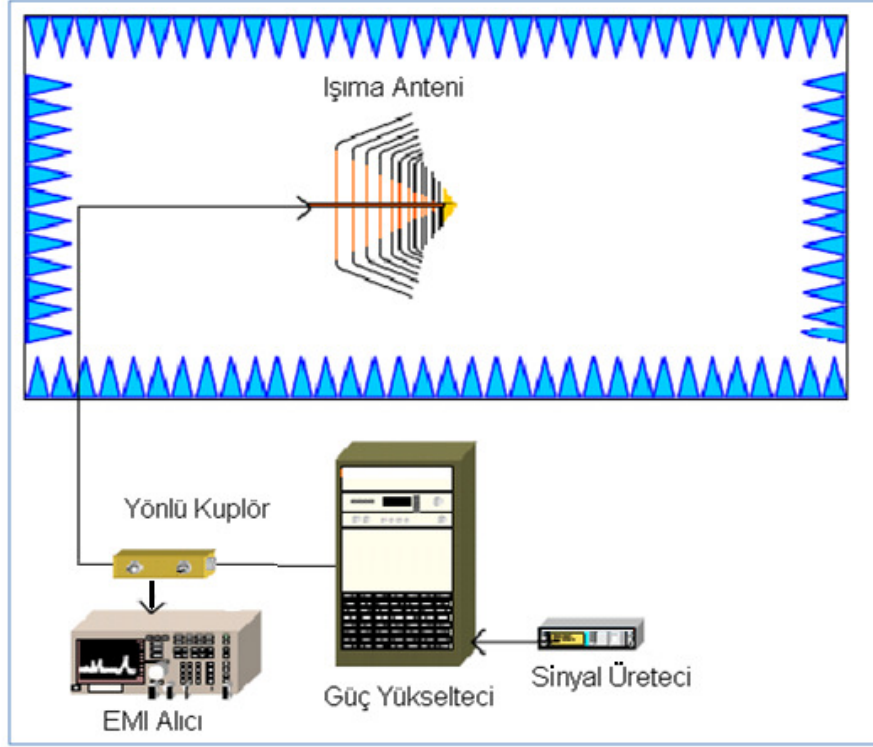


(1)

E: Elektrik Alan (V/m)

P: Güç Yükseltici çıkışında elde edilen güç (Watt)

$G_{isotropic}$ : İzotropik Anten kazancı (dBi)



Şekil - 5: Yönlü Kuplör Yöntemi, Test Düzeneği

Ölçüm Anteni Yönteminde kullanılan ve Tablo - 1, Tablo - 2, Tablo - 3'te gösterilen cihazlar, Yönlü Kuplör Yöntemi cihazlarını da kapsamaktadır. Tek fark kuplör yönteminde ölçüm anteni kullanılmamış bunun yerine güç yükseltici çıkışında bulunan kuplörün ileri yön çıkışı üzerinden ölçümler alınmıştır. Test Sistemi 1'de DC6380 (80 MHz – 1 GHz), Test Sistemi 2'de DC7154 (1 GHz – 4.2 GHz), Test Sistemi 3'te DC7257A (2.5 GHz – 7.5 GHz) yönlü kuplörleri aracılığıyla ölçümler alınmıştır.

#### 4. SONUÇ

Her iki yöntemin sonuçları Tablo - 4 ve Tablo - 5'te verilmiştir. Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde:

- Alıcı Anten Yönteminde test düzeneğini kurmak ve tekrarlanabilir ölçümler almak daha zordur. Çünkü ışımaya ve ölçüm antenlerinin hizalanmasında problem yaşanmaktadır. Gerek açısal gerekse mesafe parametrelerinde yapılacak hatalar ölçüm hassasiyetini ve sonuçlarını



etkilemektedir. Yönlü kuplör yönteminde ise ölçüm anteni kullanılmadığından daha kararlı sonuçlar elde edilebilmektedir.

- Alıcı Anten Yönteminde ölçüm antenin çalışma frekans aralığı, ışına yoluyla yayılım sisteminin frekansının 3 katı olmalıdır. Diğer bir ifadeyle sistem 80 MHz – 1 GHz aralığında çalışıyor ise alıcı anten 80 MHz – 3 GHz frekans bandında çalışmalıdır. Özellikle düşük frekanslarda geniş bant anten bulunmadığından tüm bantta tek anten ile ölçüm alınamamaktadır. İki farklı anten kullanımı ise ölçümlerin hassasiyetini etkilemektedir. Bu sebeple ölçümlerde anten değişikliğine gidilmemiş; Test Sistemi 1 için alınan 80 MHz – 100 MHz ölçümlerinde bikonik anten, 200 MHz – 3,5 GHz ölçümlerinde horn anten kullanılmıştır. Yönlü kuplör yönteminde ise cihazlar tüm frekans bandında çalıştığından herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Yönlü Kuplör Yönteminde ölçüm anteni kullanılmayıp sadece ışına anteninin kalibrasyon değerlerine güvenildiğinden anten – yarı yansız kabin etkileri gözlenememektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde Alıcı Anten Yönteminde 80 MHz'de anten - yarı yansız kabin etkileşimi sonucu 3000 W güç uygulanmış ve ancak 18 V/m elde edilebilmiştir. Daha sonra ışına anteni döner tablanın önünden yarı yansız kabinin ortasına alınmış ve 800 W civarında ilgili elektrik alan seviyesi yakalanmıştır. Bu dramatik farkın oda – anten etkileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bu etkiyi yenmek amacıyla 10 kHz – 225 MHz frekans bandında 16 kW'lık güç yükseltici ve ona uygun anten kullanılmakta ve 600 V/m'ye kadar elektrik alan oluşturulabilmektedir). Diğer bir ifadeyle Alıcı Anten Yöntemi, Yönlü Kuplör Yöntemine göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.
- 18 V/m elektrik alan değeri için her iki yöntemde de sistemin harmonik değerlerinin çok düşük çıktığı ve yöntemlerin birbirlerinden farklı değerler ölçtüğü belirlenmiş bunun nedeninin ilgili elektrik alan değerini oluşturmak için güç yükselteçlerinin gürültü tabanlarına yakın yerde çalışıldığı belirlenmiştir. Bu nedenle 3 metre uzaklıkta 50 V/m elektrik alan değeri için 1 GHz – 3,5 GHz aralığında iki yöntem kullanılarak sonuçlar tekrar alınmış ve Şekil - 7 'de sonuçlar gösterilmiştir. 3 metre uzaklıkta 50 V/m elektrik alan değerinde güç yükselteçlerinin gürültü tabanlarından uzaklaşmış böylece iki yöntemle harmonik değerlerin  $\pm 3$  dB içerisinde ölçüldüğü gözlenmiştir. 1 GHz 'in altındaki frekanslarda alıcı antenin 3 metre anten faktörü değerleri olmadığı için bu bölgelerde ölçüm alınamamıştır.
- 3 metre uzaklıkta 50 V/m elektrik alan değeri için alıcı anten yönteminin yönlü kuplör yöntemine göre bütün frekanslarda sistemin harmonik seviyesini yüksek ölçtüğü gözlenmiştir.
- Her iki yöntemde de ortak olarak gözlenen durum ise ışına yoluyla yayılım sisteminin çalışma frekansı dışında harmonik üretmediğidir. Bu yüzden 80 MHz – 1 GHz test sisteminin harmonik seviyesi 80 MHz – 500 MHz aralığında, 1 GHz – 4,2 GHz test sisteminin harmonik seviyesi 1 GHz – 2,1 GHz aralığında, 2,5 GHz – 7 GHz test sisteminin harmonik seviyesi ise 2,5 GHz – 3,5 GHz aralığında ölçülmüştür.
- Test Sistemi 3'te kullanılan TWT yapısındaki güç yükseltecinin harmonik bozulma seviyesi -3 dBC olmasına karşın bu değer üretici firma tarafından 1 dB bastırma noktasında (1 dB Compression Point) ölçülmektedir. Test sistemi minimum 200 V/m sağlayacak şekilde tasarlandığı için 18 V/m lineer bölgenin içinde kalmakta ve bu yüzden sistemin harmonik seviyesi -3 dBC' den çok daha iyi çıkmaktadır. 3 metre uzaklıkta 50 V/m değeri için ise güç yükseltici 1 dB bastırma noktasına yakın güçte çalışmış sistemin harmonik seviyesi 6 dBC' lik değerden yüksek çıkmıştır.
- Sonuç olarak Alıcı Anten Yönteminin daha gerçekçi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bu yüzden Şekil - 6 ve Şekil - 7 'de Alıcı Anten Yöntemi sonuçları  $\pm 3$  dB fark ile çizdirilmiş ve Yönlü Kuplör Yöntemi ile farkları incelenmiştir. Düşük frekanslardaki farkın rezonanstan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ışına antenlerinin kazanç kalibrasyonlarının kabaca yapılması ve güç yükseltici – anten arasındaki mesafenin fazla olması sebebiyle kablo kayıpları da etkili olmaktadır. Yüksek frekanslarda ise daha çok kablo kayıpları baskın olmaktadır. Her iki ölçüm yöntemi ile de sistem standartta belirtilen 18 V/m elektrik alan değeri için 6 dBC' lik seviyeyi sağlamak ve güvenilirliğini göstermektedir.



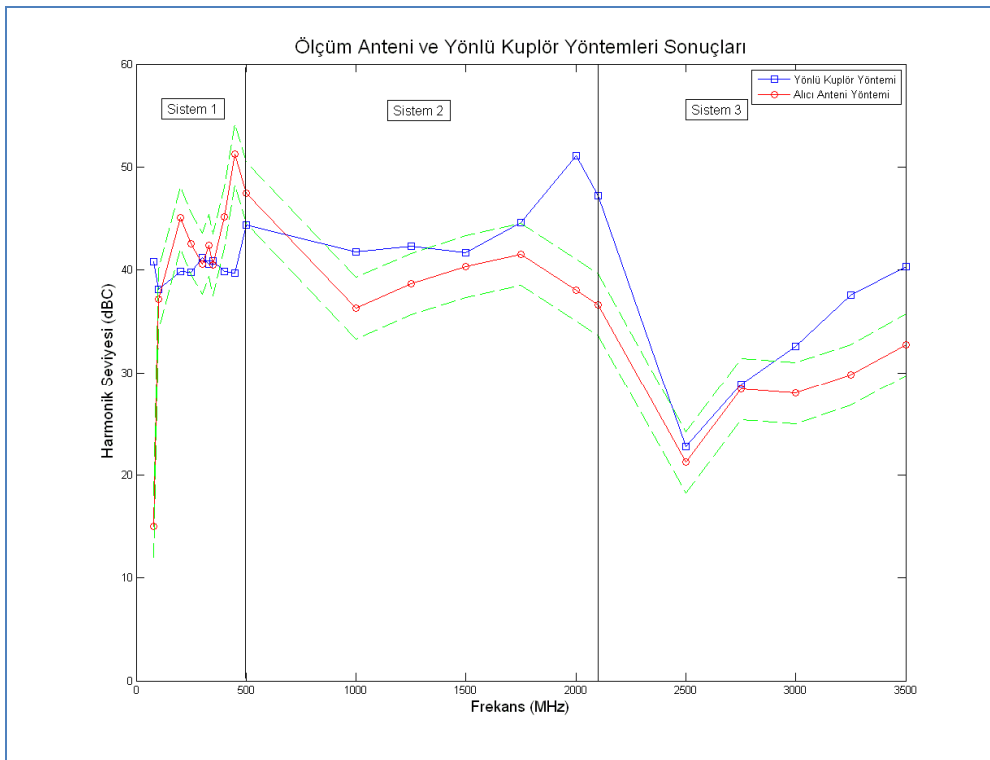
Tablo - 4 : Alıcı Anten Yöntemi Test Sonuçları, 18 V/m

Alıcı Anten Yöntemi					
Test Sistemi	Frekans (MHz)	Ana Frekans Seviyesi (dBuV)	İkinci Harmonik Seviyesi (dBuV)	Üçüncü Harmonik Seviyesi (dBuV)	Harmonik Seviyesi (dBC)
<b>Test Sistemi 1</b> <b>Güç Yükseltici</b> 80 MHz – 1000 MHz <b>Işıma Anteni</b> 80 MHz – 6000 MHz Log Periyodik <b>Ölçüm Anteni</b> 30 MHz – 300 MHz Bikonik 0,2 GHz – 2,5 GHz Horn	80	145,4	112,2	130,4	15,00
	100	145,23	108,1	101,4	37,13
	200	144,94	99,88	97,02	45,06
	250	145,05	102,52	91,59	42,53
	300	145,1	104,5	95,7	40,60
	330	145,31	102,91	96,9	42,40
	350	144,96	104,45	91,63	40,51
	400	145,02	99,9	91	45,12
	450	145,12	93,9	91,8	51,22
	500	145,12	97,63	89,91	47,49
<b>Test Sistemi 2</b> <b>Güç Yükseltici</b> 0,8 GHz – 4,2 GHz <b>Işıma Anteni</b> 0,8 GHz – 5 GHz <b>Ölçüm Anteni</b> 1 GHz – 18 GHz	1000	144,97	108,66	89,09	36,31
	1250	145,3	106,67	74,8	38,63
	1500	145,09	104,79	69,8	40,30
	1750	145,57	104,08	72,8	41,49
	2000	145,25	107,19	71,51	38,06
	2100	144,83	108,23	75,9	36,60
<b>Test Sistemi 3</b> <b>Güç Yükseltici</b> 2,5 GHz – 7,5 GHz <b>Işıma Anteni</b> 2,6 GHz – 7,8 GHz <b>Ölçüm Anteni</b> 1 GHz – 18 GHz	2500	145,02	123,8	95,5	21,22
	2750	145,38	117,01	85,8	28,37
	3000	145,19	117,21	83,47	27,98
	3250	144,97	115,2	76,9	29,77
	3500	144,1	111,36	75,8	32,74

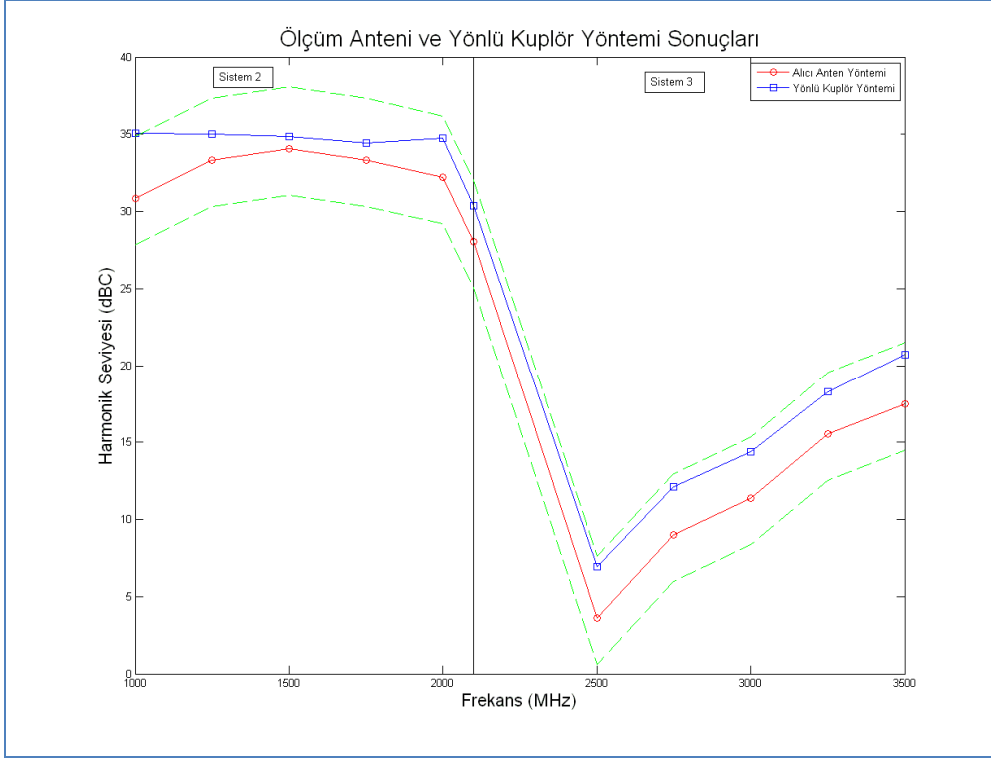
Tablo - 5 : Yönlü Kuplör Yöntemi Test Sonuçları, 18 V/m

Yönlü Kuplör Yöntemi					
Test Sistemi	Frekans (MHz)	Ana Frekans Seviyesi (dBuV)	İkinci Harmonik Seviyesi (dBuV)	Üçüncü Harmonik Seviyesi (dBuV)	Harmonik Seviyesi (dBC)
<b>Test Sistemi 1</b> <b>Güç Yükseltici</b> 80 MHz – 1000 MHz	80	141,32	100,54	93,86	40,78
	100	141,33	103,19	95,83	38,14
	200	141,3	101,47	96,9	39,83
	250	141,28	101,48	98	39,80
	300	141,31	100,10	98,57	41,21
	330	140,98	100,40	98,63	40,58
	350	141,33	100,42	0	40,91
	400	141,42	101,56	0	39,86
	450	141,66	101,93	0	39,73
	500	141,08	96,73	0	44,35
<b>Test Sistemi 2</b>	1000	134,8	93,02	72,2	41,78

<b>Güç Yükseltici</b> 0,8 GHz – 4,2 GHz	<b>1250</b>	133,2	90,87	57	42,33
	<b>1500</b>	131,93	90,27	56	41,66
	<b>1750</b>	131,27	86,70	58	44,57
	<b>2000</b>	130,27	79,20	60	51,07
	<b>2100</b>	130,27	83,05	60	47,22
<b>Test Sistemi 3</b> <b>Güç Yükseltici</b> 2,5 GHz – 7,5 GHz	<b>2500</b>	136,77	114,01	84,4	22,76
	<b>2750</b>	135,64	106,76	68,5	28,88
	<b>3000</b>	134,94	102,38	63,36	32,56
	<b>3250</b>	134,4	96,85	60	37,55
	<b>3500</b>	133,1	92,77	57	40,33



Şekil - 6 Ölçüm Anteni ve Yönlü Kupleör Yöntemleri Sonuçları, 18 V/m



Şekil - 7 Ölçüm Anteni ve Yönlü Kuplör Yöntemleri Sonuçları, 50 V/m

## 5. KAYNAKLAR

- [1] IEC 61000-4-3, Testing and Measurement Techniques – Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test, Edition 3.2, 2010
- [2] Orange Book of Knowledge 3, Amplifier Research, 2009
- [3] Orange Book of Knowledge 4, Amplifier Research, 2011

## 6. ÖZGEÇMİŞ

### **İlker GÜNAY**

1987 yılı Ankara doğumludur. 2004 yılında Beypazarı NKV Anadolu Lisesini bitirmiştir. 2009 yılında Hacettepe Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun olmuş, aynı üniversiteden 2013 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 2010 yılından beri Aselsan A.Ş.'de Elektromanyetik Uyumluluk Laboratuvarında test mühendisi olarak görev yapmaktadır.

### **Yasin ÖZKAN**

1986 yılı Ordu doğumludur. 2004 yılında Orhan Cemal Fersoy Lisesini bitirmiştir. 2009 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Gazi Üniversitesinde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. 2009 yılından beri Aselsan A.Ş.'de Elektromanyetik Uyumluluk Laboratuvarında test mühendisi olarak görev yapmaktadır.