

**DOĞRUSAL OLMAYAN KAVŞAK TESPİTİNDE İKİ TONLU UYARI
SİNYALİNİN TESPİT PERFORMANSINA ETKİSİ**

COŞKUN AYDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2015

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü Onayı

Prof. Dr. Osman EROĞUL

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Murat ALANYALI

Anabilim Dalı Başkanı

Coşkun AYDEMİR tarafından hazırlanan DOĞRUSAL OLMAYAN KAVŞAK TESPİTİNDE İKİ TONLU UYARI SİNYALİNİN TESPİT PERFORMANSINA ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İsrail BAHÇECİ

Üye : Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ

Üye : Doç. Dr. Behçet Uğur TÖREYİN

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Coşkun AYDEMİR

Üniversitesi	: TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü	: Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Tez Danışmanı	: Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans – Ağustos 2015

Coşkun AYDEMİR

DOĞRUSAL OLMAYAN KAVŞAK TESPİTİNDE İKİ TONLU UYARI SİNYALİNİN TESPİT PERFORMANSINA ETKİSİ

ÖZET

Doğrusal olmayan kavşak detektörleri, p-n kavşakların tehdit unsuru olarak kullanıldıkları alanlarda, bu kavşakların tespit edilmesi amacıyla geliştirilmişlerdir. Çalışma prensipleri harmonik radar mantığı ile tasarlanan bu detektörler, hedef kavşağın küçük olması durumunda ve birçok hedef dışı doğrusal olmayan kavşak yapılarında yanlış alarm verebilmektedir. Bu çalışmada, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin performansına etki eden faktörler irdelenmiş, bu faktörlere bağlı olarak farklı frekanslarda ve güçlerde çalışan detektörler karşılaştırılmıştır. Ayrıca, doğrusal olmayan kavşakların tespitinde, genellikle kullanılan tek tonlu uyarı sinyali yerine iki tonlu uyarı sinyali kullanımına dair benzetim yapılmış, oluşan harmonik sinyallerinin zirve genlik değerleri ve bu değerlerin oluşumunda etkili olan kavşak türlerinin karakteristik özellikleri incelenmiştir. Daha sonra, elektromanyetik gürültüden arındırılmış bir odada, farklı iki kavşak türü üzerine ışıtilan iki tonlu uyarı sinyallerinden, kavşak tarafından oluşturulan harmonik sinyaller ve iki tonun karışık harmonikleri incelenmiştir. Deneysel sonuçlar ışığında, tek tonlu uyarı sinyali kullanan klasik doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin kavşak tespit ve ayrıştırma performansının, iki tonlu uyarı sinyalleri kullanılarak oluşturulan karışık harmonikler ile yükseltilebileceği gözlemlenmiştir. Tez çalışması, p-n kavşak tespiti ve p-n kavşakların diğer doğrusal olmayan kavşak yapılarından ayırt edilmesi amacıyla iki tonlu sinyal kullanımı ve bunların karışık harmonikleri ile tespit ve sınıflandırma yapılmasını önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Harmonik Radar, p-n Kavşak, Doğrusal Olmayan Kavşak, İki Tonlu Sinyal

University : TOBB University of Economics and Technology
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Electrical and Electronics Engineering
Supervisor : Associate Professor Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ
Degree Awarded and Date : M.Sc. – August 2015

Coşkun AYDEMİR

**EFFECT OF TWO TONE TRANSMIT SIGNAL ON NONLINEAR
JUNCTION DETECTION PERFORMANCE**

ABSTRACT

Nonlinear junction detectors are developed to detect the nonlinear junctions which are used as security threats. Working principle of the detectors are based on harmonic radar but the detectors may sound the false alarm when the target junctions are too small or there are lots of nonlinear junctions which are not the security threats. In this study, the facts which effect the performance of nonlinear junction detectors are semtinized and depend on these facts, some of frequently used detectors that have different transmit signal frequencies and power options are compared. Additionally, two tone transmit signals simulated to detect the nonlinear junctions instead of single tone transmit signal which are generally used. Also, frequency domain max points of the signals reflected from the junctions and the characteristics of several junction types that effect the amplitude of the reflected signals are examined. Finally, an experimental set up prepared in an electromagnetically cleaned room and, the harmonic and mixed harmonic signals, which are created from the two tone transmit signals by the junction in the target area, are observed. In conclusion, it is seen that the detecting and distinguishing performance of classical detectors which use single tone transmit signal can be increased by the mixed harmonic signals which are generated from two tone transmit signals. The thesis propose to use mixed harmonic signals which are generated from the transmit signals to detect p-n type junctions and distinguish them from the other type of junctions.

Keywords: Harmonic Radar, p-n Junction, Nonlinear Junction, Two Tone Signal

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince tecrübelerini esirgemeyen ve beni doğruya yönlendiren tez danışmanım Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ'e,

Karşılaştığım sorunların ve cevaplandıramadığım soruların çözülmesinde yardımını esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. İsrail BAHÇECİ'ye,

Bugünlere gelmemde çok şey borçlu olduğum Kurumuma,

Kendilerinden çok şey öğrendiğim TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği öğretim üyelerine ve sağladığı Araştırma Bursu için üniversiteme,

Her zaman yanımda olduklarını hissettiğim anneme, babama, ablalarıma ve ağabeyime,

Varlıklarıyla hayatıma değer katan eşim ve oğluma,

en derin şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1.Doğrusal Olmayan Kavşaklar	1
1.2.Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörleri	2
1.3.Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Çalışma Prensipleri	5
1.4.Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörü Örnekleri	9
1.4.1. Orion NJE 4000	9
1.4.2. Hawk XTS-900	11
1.4.3. Hawk XTS-2500	13
1.4.4. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Karşılaştırılması	14
1.5.Doğrusal Olmayan Kavşakların Tespitindeki Etkenler	17
1.6.Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Performansını Etkileyen Faktörler	18
1.6.1. Uyarı Sinyali Frekansı	18

1.6.2. Uyarı Sinyali Çıkış Gücü	18
1.6.3. Hedef Bölgenin Yapısı	19
1.6.4. Hedef Bölgenin Derinliği	19
1.6.5. Doğrusal Olmayan Kavşağın Tipi	19
1.6.6. Doğrusal Olmayan Kavşaklarda Anten Görevi Yapan Parça	19
1.6.7. Alıcı Ünite Hassasiyeti	19
1.6.8. Harmonik Sinyallerin Oluştuğu Frekanslardaki Elektromanyetik Gürültü	20
2. DOĞRUSAL OLMAYAN KAVŞAK TESPİTİNDE YENİ BİR YÖNTEM	21
2.1. Tek Ton Uyarı Sinyali İle Doğrusal Olmayan Kavşak Tespiti	21
2.2. İki Tonlu Uyarı Sinyali İle Doğrusal Olmayan Kavşak Tespiti	22
3. İKİ TONLU UYARI SİNYALİ İLE KAVŞAK TESPİTİ SİMÜLASYONU	24
4. İKİ TONLU UYARI SİNYALİ DENEYSEL ÇALIŞMASI	30
5. SONUÇ	53
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	57

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Doğrusal olmayan kavşak detektörleri karşılaştırması	14
Çizelge 3.1. İki tonlu uyarı sinyalinden oluşan sinyallere ait frekans tablosu	25
Çizelge 4.1. Harmonik sinyaller zirve değer tablosu	46
Çizelge 4.2. Uyarı ve harmonik sinyalleri zirve değerleri	50
Çizelge 4.3. p-n kavşak tepkisi zirve değer farkları	51
Çizelge 4.4. m-m kavşak tepkisi zirve değer farkları	51

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 1.1.	Doğrusal olmayan kavşak örnekleri	1
Şekil 1.2.	Hayvan hareketlerinin takibinde kullanılan bir p-n kavşak	2
Şekil 1.3.	Doğrusal olmayan kavşak detektörünün kullanımı	2
Şekil 1.4.	Ayakkabı içerisine gizlenmiş bir verici	3
Şekil 1.5.	Patlayıcı tespitinde doğrusal olmayan kavşak detektörü kullanımı	3
Şekil 1.6.	Klasik bir doğrusal olmayan kavşak detektörü	4
Şekil 1.7.	Doğrusal olmayan kavşak detektörü kullanımına örnek bir uygulama	5
Şekil 1.8.	Doğrusal olmayan kavşak tepkisi	6
Şekil 1.9.	Doğrusal olmayan kavşak detektörü çalışma sistemi	6
Şekil 1.10.	Ana uyarıcı ve harmonik sinyaller	6
Şekil 1.11.	p-n kavşakların tek ton uyarı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi	7
Şekil 1.12.	m-m kavşakların tek ton uyarı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi	8
Şekil 1.13.	REI Orion NJE 4000 doğrusal olmayan kavşak detektörü	10
Şekil 1.14.	Orion NJE 4000 ekran görüntüsü	11
Şekil 1.15.	Winkelmann Hawk XTS-900 doğrusal olmayan kavşak detektörü	12
Şekil 1.16.	Hawk XTS-900 ekran görüntüsü	13
Şekil 1.17.	GSM 900 frekans aralığı ile Orion NJE 4000 ve Hawk XTS-900 detektörleri uyarı sinyalleri frekans aralıklarının çakışması	15
Şekil 1.18.	IEEE 802.11 Protokolü frekans aralığı ile Hawk XTS-2500 detektörü uyarı sinyali frekans aralığının çakışması	15
Şekil 3.1.	Doğrusal olmayan kavşakların iki tonlu uyarı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi	24
Şekil 3.2.	c_0 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	25
Şekil 3.3.	c_1 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	26
Şekil 3.4.	c_2 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	27
Şekil 3.5.	c_3 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	28
Şekil 3.6.	c_4 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	28
Şekil 3.7.	c_5 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri	29
Şekil 4.1.	İki tonlu uyarı sinyali ile kavşak tespiti deney düzeneği	30
Şekil 4.2.	p-n kavşaktan yansıyarak 1903.6 MHz'de oluşan f_1+f_2 sinyali ..	31
Şekil 4.3.	m-m kavşaktan yansıyarak 1903.6 MHz'de oluşan f_1+f_2 sinyali	31
Şekil 4.4.	p-n kavşaktan yansıyarak 935 MHz'de oluşan $2 \cdot f_1-f_2$ sinyali ...	32
Şekil 4.5.	m-m kavşaktan yansıyarak 935 MHz'de oluşan $2 \cdot f_1-f_2$ sinyali ..	32
Şekil 4.6.	p-n kavşaktan yansıyarak 2849.8 MHz'de oluşan $2 \cdot f_1+f_2$ sinyali	33

Şekil 4.7.	m-m kavşaktan yansıyarak 2849.8 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + f_2$ sinyali	33
Şekil 4.8.	p-n kavşaktan yansıyarak 968.6 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 - f_1$ sinyali	34
Şekil 4.9.	m-m kavşaktan yansıyarak 968.6 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 - f_1$ sinyali	34
Şekil 4.10.	p-n kavşaktan yansıyarak 2861 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 + f_1$ sinyali	35
Şekil 4.11.	m-m kavşaktan yansıyarak 2861 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 + f_1$ sinyali	35
Şekil 4.12.	p-n kavşaktan yansıyarak 3807.2 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali	36
Şekil 4.13.	m-m kavşaktan yansıyarak 3807.2 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali	36
Şekil 4.14.	p-n kavşaktan yansıyarak 1881.2 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - f_2$ sinyali	37
Şekil 4.15.	m-m kavşaktan yansıyarak 1881.2 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - f_2$ sinyali	37
Şekil 4.16.	p-n kavşaktan yansıyarak 3796 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + f_2$ sinyali	38
Şekil 4.17.	m-m kavşaktan yansıyarak 3796 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + f_2$ sinyali	38
Şekil 4.18.	p-n kavşaktan yansıyarak 923.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$ sinyali	39
Şekil 4.19.	m-m kavşaktan yansıyarak 923.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$ sinyali	39
Şekil 4.20.	p-n kavşaktan yansıyarak 4753.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali	40
Şekil 4.21.	m-m kavşaktan yansıyarak 4753.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali	40
Şekil 4.22.	p-n kavşaktan yansıyarak 1926 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - f_1$ sinyali	41
Şekil 4.23.	m-m kavşaktan yansıyarak 1926 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - f_1$ sinyali	41
Şekil 4.24.	p-n kavşaktan yansıyarak 3818.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + f_1$ sinyali	42
Şekil 4.25.	m-m kavşaktan yansıyarak 3818.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + f_1$ sinyali	42
Şekil 4.26.	p-n kavşaktan yansıyarak 979.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ sinyali	43
Şekil 4.27.	m-m kavşaktan yansıyarak 979.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ sinyali	43
Şekil 4.28.	p-n kavşaktan yansıyarak 4764.6 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ sinyali	44
Şekil 4.29.	m-m kavşaktan yansıyarak 4764.6 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ sinyali	44
Şekil 4.30.	p-n kavşaktan yansıyarak 5710.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ sinyali	45
Şekil 4.31.	m-m kavşaktan yansıyarak 5710.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ sinyali	45
Şekil 4.32.	p-n kavşaktan $2 \cdot f_1$ frekansında yansıyan sinyal	47
Şekil 4.33.	p-n kavşaktan $3 \cdot f_1$ frekansında yansıyan sinyal	47

Şekil 4.34.	p-n kavşak bulunan hedef bölgede iki tonlu uyarı sinyalinden oluşan yansıma sinyalleri	48
Şekil 4.35.	m-m kavşak bulunan hedef bölgede iki tonlu uyarı sinyalinden oluşan yansıma sinyalleri	49

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
f	Frekans
λ	Dalga boyu
c	Işık Hızı
ϕ	Faz
a_n	Yansıma sinyallerine ait genlik katsayıları
c_n	Genlik katsayıları matrisi

1. GİRİŞ

1.1. Doğrusal Olmayan Kavşaklar

Doğrusal olmayan kavşaklar, üzerlerine yansıtılan tek tonlu elektromanyetik dalga ile bu dalğanın frekansının katları olan harmonik frekans değerlerinde ve doğrusal olmayan genlik değerlerinde sinyaller oluştururlar. Geri yansıyan bu dalgalar, doğrusal olmayan kavşağın karakteristik özelliklerine göre farklı frekanslara ve farklı genlik katsayılarına sahiptirler. Yarı iletken madde içeren elektronik komponentler, bobinler, paslı metaller, gözle ayırt edilemeyecek kadar birbirine yakın mesafede bulunan metaller, yaylar doğrusal olmayan kavşaklara örneklerdir. Bu örneklere ait fotoğraflar Şekil1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Doğrusal olmayan kavşak örnekleri

Doğrusal olmayan kavşakların belli bir frekansta üzerlerine gönderilen elektromanyetik dalgayı, bu frekansın katlarında geri yansıtma özelliği, belirli bir alanda bulunması muhtemel doğrusal olmayan kavşakların, örneğin metal kontakların [1], yarı iletkenlerin [2], ferroelektriklerin [3] vb., tespitinde kullanılmaktadır. Ayrıca yarı iletken maddeler için; p-n kavşakların üzerlerine gönderilen uyarı sinyalinden oluşturarak geri yansıttıkları harmonik sinyallerin karakteristiği, bu kavşakların diğer kavşaklardan ayırt edilebilmesini sağlamak ve güvenlik açısından tehdit oluşturabilecek p-n kavşak içeren doğrusal olmayan kavşakların tespitine olanak sağlamaktadır. Şekil 1.2’de örneği sunulduğu gibi, p-n kavşakların bu özelliği arı, çekirge, kuş gibi canlı sürülerinin hareketlerinin takibinde de kullanılmaktadır [4-5].



Şekil 1.2. Hayvan hareketlerinin takibinde kullanılan bir p-n kavşak

1.2. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörleri

Doğrusal olmayan kavşak detektörleri, ortamda bulunması istenmeyen elektronik malzemelere karşı güvenlik önlemi almak amacıyla kullanılırlar. Bu cihazlar, mahkumların cep telefonu kullanmasının yasak olduğu hapisanelerde, gizlice içeri sokulmuş cep telefonlarını (Şekil 1.3) [6], çeşitli malzeme içerisine yerleştirilmiş bir vericileri (Şekil 1.4) [7] veya yarı iletken madde içeren patlayıcı düzeneklerini (Şekil 1.5) [8-9], tespit etmek amacıyla kullanılmaktadırlar.



Şekil 1.3. Doğrusal olmayan kavşak detektörünün kullanımı



Şekil 1.4. Ayakkabı içerisine gizlenmiş bir verici



Şekil 1.5. Patlayıcı tespitte doğrusal olmayan kavşak detektörü kullanımı

Ticari olarak geliştirilmiş doğrusal olmayan kavşak detektörleri genellikle, bir adet verici ve verici anteni, iki adet alıcı ve alıcı antenleri, anten uzatma modülü, uyarı ve kontrol ekranı ve batarya bloğundan oluşmaktadır. Ayrıca, kullanım kolaylığı sağlaması amacıyla, sesli uyarılar için kablosuz kulaklık, harici batarya vb. aksesuarlar da detektörler ile birlikte kullanılabilir. Verici ve alıcı antenleri genel olarak bir anten muhafazası içerisinde, dairesel polarizasyonlu [10] ve şerit antenler olarak tasarlanmakta, anten uzatma modülü, detektör ağırlığını düşük tutabilmek amacıyla karbon fiber malzemeden üretilmektedir. Klasik bir doğrusal olmayan kavşak detektörü Şekil 1.6'da sunulmuştur.



Şekil 1.6 Klasik bir doğrusal olmayan kavşak detektörü

Doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin tasarımında, kullanıcıya kolaylık sağlanabilmesi amacıyla, anten bloğu mümkün olduğunca hafif tutulur ve cihazın ağırlığının kullanıcıya yakın olan tarafa verilmesine önem gösterilir. Bu sebeple, detektörlerin anten bloğunun bulunduğu ucunda, genellikle, yalnızca antenler bulunurken, verici ve alıcı devreler uzatılabilir mekanizmaya sahip kablolar

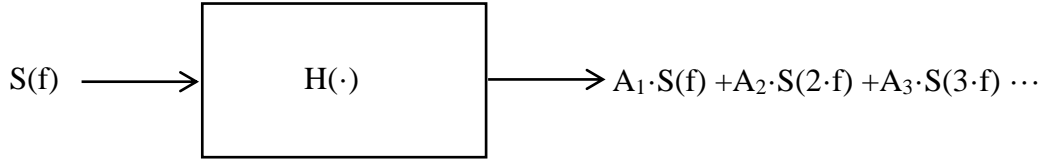
kullanılarak batarya bloğuna yakın bir noktaya konuşlandırılırlar. Bu sayede cihazların uzatılabilir tarafının ağırlığı düşük tutularak kullanıcıya uzun süreli uygulama imkanı tanınır. Örneğin, geniş ve yüksek alanlar içerisinde insan gücü ile gerçekleştirilen uzun süreli uygulamalarda, cihaz ağırlığının anten bloğunda olmaması, uygulamayı oldukça kolaylaştıracak ve uygulamadan alınacak verimi oldukça yükseltebilecektir. Ancak, böyle bir tasarımda, antenler ile vericiler arasında kullanılan kablolarda oluşabilecek kayıpların, detektörlerin başarı oranını düşürebileceği düşüncesiyle, tüm parçaların anten ucuna yerleştirildiği detektör tasarımları da mevcuttur. Doğrusal olmayan kavşak detektörü kullanımına örnek bir uygulama Şekil 1.7’de sunulmuştur.



Şekil 1.7. Doğrusal olmayan kavşak detektörü kullanımına örnek bir uygulama

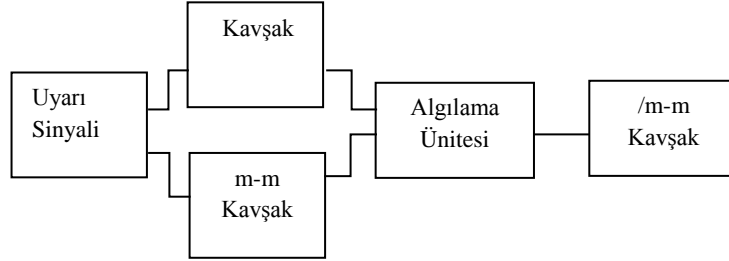
1.3. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Çalışma Prensibi

Doğrusal olmayan kavşak detektörleri, hedef bir bölgeye sabit bir frekansta radyo dalgaları göndermekte ve bu frekansın tam katlarında oluşan harmonik sinyallerini analiz ederek bahse konu bölgede herhangi bir doğrusal olmayan kavşağın varlığı ve çeşidi hakkında karar vermektedir[11-12]. Doğrusal olmayan kavşak tepkisini gösterir şema Şekil 1.8’de sunulmuştur.



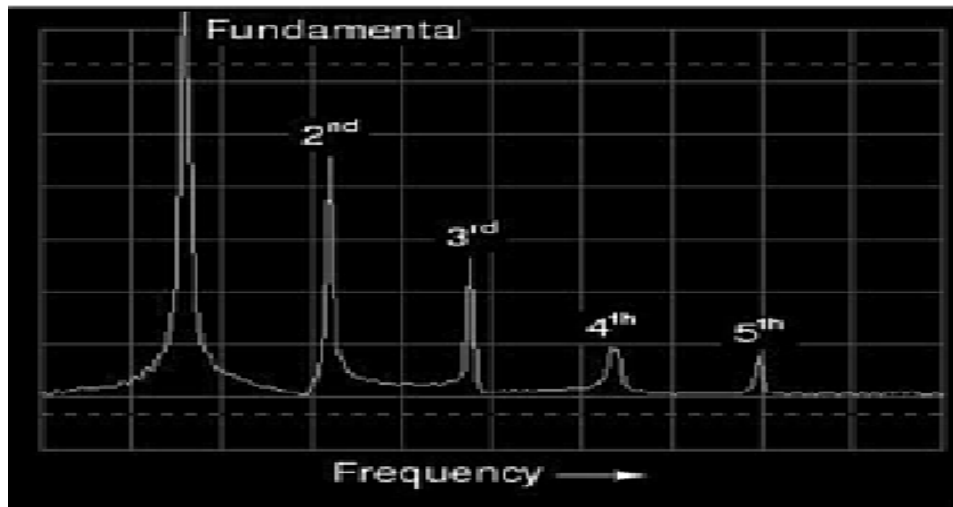
Şekil 1.8. Doğrusal olmayan kavşak tepkisi

Doğrusal olmayan kavşak detektörlerinde, ana olarak 1 adet verici devresi, 2 adet alıcı devresi, verici ve alıcı frekanslarına göre tasarlanmış 1 adet verici ve 2 adet alıcı anteni ve bir işlemciden oluşmaktadır. Detektörlerin çalışma sistemine dair şema Şekil 1.9’da sunulmuştur.



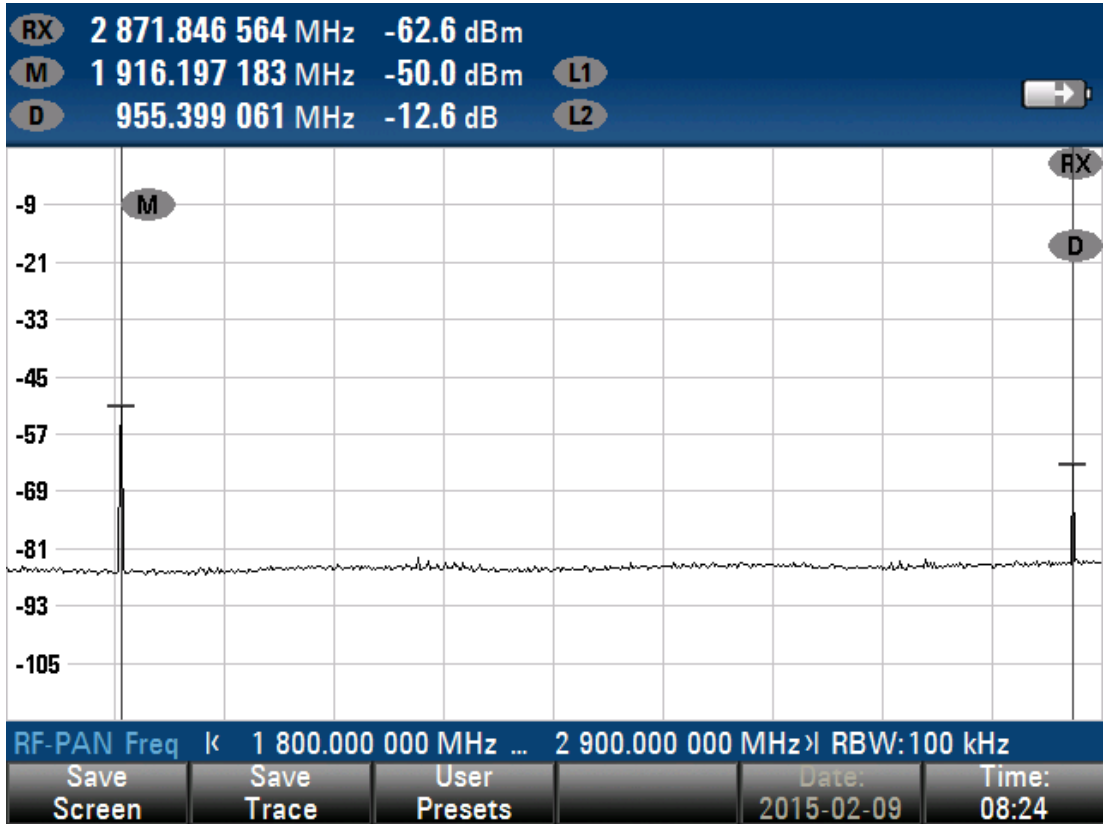
Şekil 1.9. Doğrusal olmayan kavşak detektörü çalışma sistemi

Ayrıca, harmonik sinyallerin genlik analizi ile de bu kavşakların, p-n kavşak olup olmadığını aydınlatılmaktadır. Ana ve harmonik sinyallere ait örnek fotoğraf Şekil 1.10’da sunulmuştur.



Şekil 1.10. Ana uyarı ve harmonik sinyaller

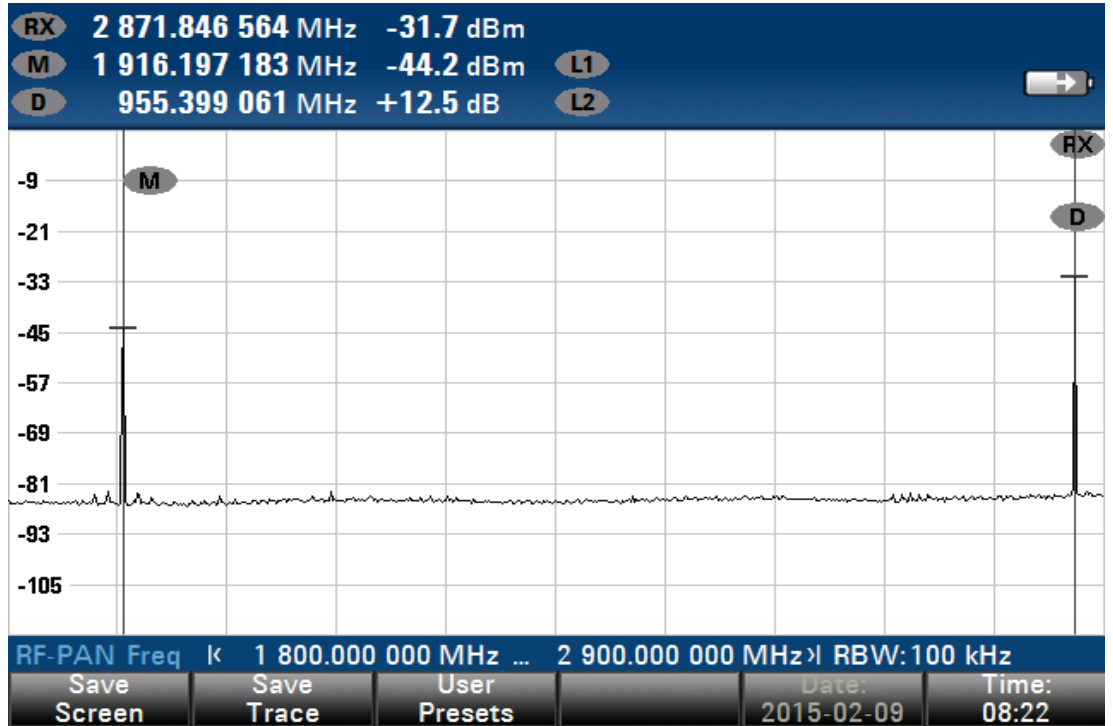
Doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin p-n kavşakları diğer kavşaklardan ayırıştırma özelliği, bu iki kavşak çeşidinin, harmonik sinyallerin genlik değerlerinde kendilerine özel karakteristiklerinin analizi ile sağlanmaktadır[13-14]. p-n kavşaklarda, üzerlerine gönderilen f frekansındaki sinyalin 2f, 4f, 6f gibi çift katsayılı harmoniklerinin genlikleri, 3f, 5f, 7f gibi, sırasıyla kendinden sonra gelen tek katsayılı harmoniklerinin genliklerinden büyük olmaktadır. Doğrusal olmayan, paslı metal, yay gibi diğer kavşaklarda ise, m-m kavşak olarak isimlendirilebilir, tersi bir durum görülmekte, tek katsayılı harmoniklerin genliklerinin, kendilerinden önce gelen çift katsayılı harmoniklerin genliklerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir[15]. Klasik doğrusal olmayan kavşak detektörleri genellikle ve sadece bu gözlem üzerine çalışmaktadır. p-n ve m-m kavşakların üzerlerine gönderilen uyarıcı sinyalin tepkilerinin frekans spektrum görüntüleri, spektrum analizör kullanılarak elde edilen deneysel ölçümlerde sırasıyla Şekil 1.11 ve 1.12'de sunulduğu gibi elde edilmiştir.



Şekil 1.11. p-n kavşakların tek ton uyarıcı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi

Şekil 1.11’de, p-n kavşak barındıran hedef bölgeye 957.4 MHz frekansında gönderilen tek tonlu bir uyarı sinyalinin, bölgeden yansıyan ikinci ve üçüncü harmonikleri görülmektedir. Yaklaşık olarak 1914.8 MHz frekansında oluşan ikinci harmonik sinyali -50 dBm genlik zirve değerine, 2872.2 MHz frekansında oluşan üçüncü harmonik sinyali ise -62.6 dBm genlik zirve değerine sahiptir. İkinci harmonik sinyali genlik zirve değerinin, üçüncü harmonik sinyali genlik zirve değerinden 12.6 dB büyük olması, ortamdaki kavşağın p-n türü olabileceği hakkında bir göstergedir.

Şekil 1.12’de ise, m-m kavşak barındıran hedef bölgeye yine 957.4 MHz frekansında gönderilen uyarı sinyalinin, bölgeden yansıyan ikinci ve üçüncü harmonikleri görülmektedir. Yaklaşık olarak 1914.8 MHz frekansında oluşan ikinci harmonik sinyali -44.2 dBm genlik zirve değerine, 2872.2 MHz frekansında oluşan üçüncü harmonik sinyali ise -31.7 dBm genlik zirve değerinde sahiptir. İkinci harmonik sinyali genlik zirve değerinin, üçüncü harmonik sinyali genlik zirve değerinden 12.5 dB küçük olması, ortamdaki kavşağın m-m türü olabileceği hakkında bir göstergedir.



Şekil1.12. m-m kavşakların tek ton uyarı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi

Ticari olarak satılan doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin uyarı sinyali frekansları genel olarak 800, 900, 2000, 2400 ve 2500 MHz etrafındadır ve sinyaller tek tonludur. Örneğin, 800 MHz frekansında uyarı sinyali gönderen cihaz, 1600 MHz'de oluşan 2. harmonik sinyali ile 2400 MHz'de oluşan 3. harmonik sinyalini almayı beklemektedir. Bu frekanslarda sinyal alınması durumunda, uyarı sinyalinin aydınlatıldığı fiziksel alanda doğrusal olmayan bir kavşak bulunduğu tespit edilmiş olmaktadır. Doğrusal olmayan kavşağın tespitinin ardından, 2. ve 3. harmonik sinyallerinin genliklerini karşılaştıran cihaz, 2. harmonik sinyalinin genliğinin 3. harmonik sinyalinin genliğinden büyük olması durumunda p-n kavşak, tersi durumda da m-m kavşak uyarısı vermekte, dolayısı ile hedef bölgede doğrusal olmayan bir kavşağın tespitinin ardından, kavşağın türünü de tespit etmektedir. Ancak klasik olarak kullanılan bu temel yöntem, doğrusal olmayan kavşakların bulunmadığı birçok durumda da benzer ölçümler oluşturabilmekte ve çokça yanlış alarm oluşmasına neden olmaktadır. Bu bakımdan, daha az yanlış alarm altında tespit ve sınıflandırma gerçekleştirebilecek yenilikçi doğrusal olmayan kavşak detektörlerine birçok önemli uygulamada ihtiyaç duyulmaktadır.

1.4. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörü Örnekleri

Doğrusal olmayan kavşakların tespitinde ve sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılan detektörlerden bazıları Orion NJE 4000, Hawk XTS-900 ve Hawk XTS-2500'dür. Bu kısımda, klasik olarak kullanılan bu ürünlerin özellikleri kısaca sunulmaktadır.

1.4.1. Orion NJE 4000

Amerika'da kurulu Research Electronics International firması tarafından üretilen Orion NJE 4000, firmanın, bu tez tarihi itibarıyla, son ürettiği doğrusal olmayan kavşak detektörlerinden biridir. Detektör, 880-1005 MHz aralığında 200 KHz aralıklarla 625 farklı frekans kanalında yayın yapabilen bir vericiye, oluşacak ikinci harmonik sinyalini alabilmek amacıyla 1760-2010 MHz frekans aralığına ayarlanmış ve üçüncü harmonik sinyalini alabilmek amacıyla 2640-3015 MHz frekans aralığında ayarlanmış ve hassasiyeti -133 dBm olan iki adet alıcıya sahiptir [16]. Verici gücü 14 mW-1.4 W aralığında, elle ve otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Ayrıca, kavşaktan yansıyan sinyal polarizasyonu sebebiyle oluşabilecek olası

uyuşmazlıkların engellenebilmesi amacıyla, dairesel polarizasyonlu alıcı antenleri kullanılmıştır. Tek batarya ile 3 saat aralıksız çalışabilen ve 1.7 kg ağırlığındaki detektöre ait fotoğraf Şekil 1.13'te sunulmuştur.



Şekil 1.13. REI Orion NJE 4000 doğrusal olmayan kavşak detektörü

Orion NJE 4000, doğrusal olmayan kavşağı tespit ettiğinde görsel ve işitsel uyarı ile kullanıcıyı uyarabilmektedir [17]. Görsel uyarı, anten bloğu üzerinde bulunan ekranda, işitsel uyarı ise kablosuz kulaklık aracılığı ile veya cihaz üzerindeki hoparlör ile gerçekleşmektedir. Orion NJE 4000 ekranına ait örnek bir görüntü şekil 1.14'te sunulmuştur.



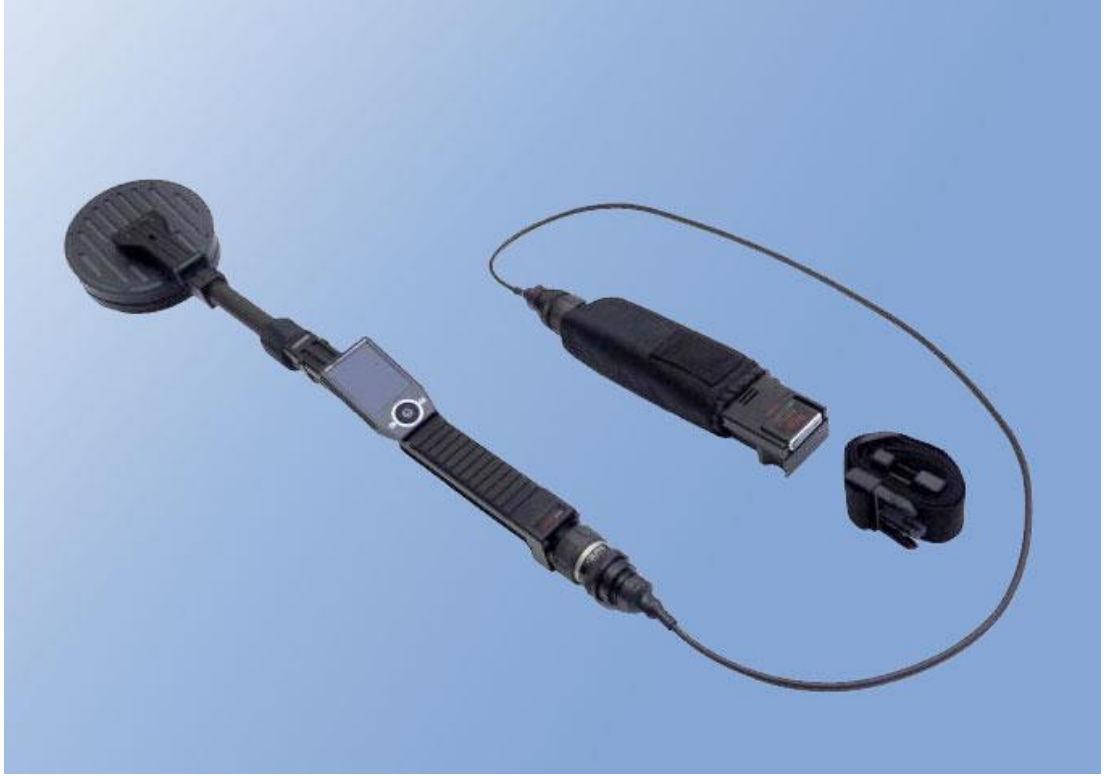
Şekil 1.14. Orion NJE 4000 ekran görüntüsü

Cihaz üzerindeki anten bloğu, tavan gibi yüksek yerlerde de arama faaliyetinin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi amacıyla uzatılabilir yapıda tasarlanmıştır. Ancak, uyarı ekranının uzatılabilir anten bloğu üzerine konuşlandırılması, anten bloğunun ağırlığını artırmasına sebep olmakta ve kullanıcının görsel uyarıyı takip etmesini zorlaştırmaktadır.

1.4.2. Hawk XTS-900

İlgilere'de kurulu Winkelmann firması tarafından üretilen Hawk XTS-900 detektörü, 860-920 MHz aralığında 10 farklı frekans kanalında yayın yapabilen bir vericiye, oluşacak ikinci harmonik sinyalini alabilmek amacıyla 1720-1840 MHz frekans aralığına ayarlanmış ve üçüncü harmonik sinyalini alabilmek amacıyla 2580-

2760 MHz frekans aralığında ayarlanmış ve hassasiyeti -133 dBm olan iki adet alıcıya sahiptir. Verici gücü 2 mW - 4 W aralığında, elle ve otomatik olarak ayarlanabilmektedir [18]. Ayrıca, kavşaktan yansıyan sinyallerin polarizasyonu sebebiyle oluşabilecek olası uyumsuzlukların engellenebilmesi amacıyla, dairesel polarizasyonlu alıcı antenleri kullanılmıştır. Tek batarya ile yaklaşık 3 saat aralıksız çalışabilen ve 1.85 kg. ağırlığındaki detektöre ait fotoğraf Şekil 1.15'te sunulmuştur.



Şekil 1.15. Winkelmann Hawk XTS-900 doğrusal olmayan kavşak detektörü

Hawk XTS-900, doğrusal olmayan kavşağı tespit ettiğinde görsel ve işitsel uyarı ile kullanıcıyı uyarabilmektedir. Görsel uyarı, batarya bloğunun hemen üzerinde bulunan ekranda, işitsel uyarı ise kablosuz kulaklık aracılığı veya cihaz üzerindeki hoparlör ile gerçekleşmektedir. Ekranın, Orion NJE 4000'de olduğu gibi anten üzerinde olmayıp, kullanıcıya yakın olan batarya bloğu üzerinde bulunması, kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Hawk XTS-900 ekranına ait örnek bir görüntü Şekil 1.16'da sunulmuştur.



Şekil 1.16. Hawk XTS-900 ekran görüntüsü

1.4.3. Hawk XTS-2500

Hawk XTS-2500, Winkelmann firmasının Hawk XTS-900 detektörünün fiziksel tasarımının üzerine, yalnızca uyarı sinyali frekansını 900 MHz civarından 2400 MHz civarına çıkarması ile oluşturduğu bir diğer modelidir. Uyarı sinyali frekansının 2400-2500 MHz aralığına çekilmesi ile birlikte, ikinci harmonik sinyali 4800-5000 MHz aralığında, üçüncü harmonik sinyali ise 7200-7500 MHz aralığında oluşmaktadır. Bu değişimlerin haricinde, alıcı hassasiyeti -133 dBm, verici gücü elle veya otomatik olarak ayarlanabilir olarak korunmuş ve 2 mW - 4 W aralığında değiştirilebilir ve dairesel polarizasyonlu şerit anten yapısı kullanılmıştır [19].

Yüksek frekansta uyarı sinyali kullanımı, küçük boyutlardaki p-n kavşakların ve bu kavşaklar üzerinde anten görevi gören küçük metallerin tespitinde daha etkili olmaktadır. p-n kavşakta, uyarı sinyali frekansının iki ve üç katı frekanslarında oluşan ikinci ve üçüncü harmonik sinyalleri, uyarı sinyallerinin kısa dalga boyları

sayesinde, küçük metallere daha iyi uyum sağlayabilmekte, dolayısı ile detektörler tarafından daha kolay algılanabilmektedir.

1.4.4. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Karşılaştırılması

Özelliklerinden kısaca bahsedilen Orion NJE 4000, Hawk XTS-900 ve Hawk XTS-2500 detektörlerine ait uyarı sinyali frekansı, uyarı sinyal gücü, ağırlık ve anten tasarımı konularındaki karşılaştırma tablosu Çizelge 1.1’de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Doğrusal olmayan kavşak detektörleri karşılaştırması

	Orion NJE 4000	Hawk XTS-900	Hawk XTS-2500
Frekans (MHz)	880 - 1005	860 - 920	2400 - 2500
Güç (Watt)	0.014 - 14	0.002 - 4	0.002 - 4
Ağırlık (Kg)	1.7	1.85	1.85
Anten Tasarımı	Dairesel Polarizasyonlu Şerit Anten	Dairesel Polarizasyonlu Şerit Anten	Dairesel Polarizasyonlu Şerit Anten

Detektörlerin kullandıkları uyarı sinyali frekans aralıkları incelendiğinde, Orion NJE 4000’ün 125 MHz bant genişliğinde bir verici frekansı aralığına ve 625 adet otomatik olarak seçilebilir uyarı sinyal kanalına, Hawk XTS-900’ün 60 MHz bant genişliğinde bir verici frekansı aralığına ve 10 adet otomatik olarak seçilebilir uyarı sinyal kanalına, Hawk XTS-2500 ise 100 MHz bant genişliğinde bir verici frekansı aralığına ve yine 10 adet otomatik olarak seçilebilir uyarı sinyal kanalına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, Orion NJE 4000 detektörünün, uyarı sinyali frekans aralığında, diğer detektörlere göre çok daha az gürültüye sahip bir frekans seçebileceğini, dolayısıyla hedef bölgede bulunması muhtemel kavşağın, uyarı sinyalini daha iyi alabileceğini göstermektedir. Ancak, Orion NJE 4000 detektörünün kullandığı frekans aralığının, 880-915 MHz arasının GSM uplink ve 925-960 MHz arasının GSM downlink frekansları ile çakışması nedeniyle, bu detektörün kullanabileceği en az gürültülü frekans boşlukları 915-925 MHz ve 960-1005 MHz olmak üzere, toplamda 55 MHz bant genişliği olarak görülmektedir. Hawk XTS-900

detektörünün kullandığı uyarı sinyali frekans aralığı ise, yine aynı frekans aralıkları ile çakışmakta, bu detektörün kullanabileceği en az gürültülü frekans boşlukları 860-880 MHz ve 915-920 MHz olmak üzere, toplamda 25 MHz bant genişliği olarak görülmektedir. Hawk XTS-2500 detektörünün kullandığı 2400-2500 MHz frekans aralığı ise, IEEE 802.11 protokollerinin kullandığı 2400-2484 MHz frekans aralığı ile çakışmaktadır. Ancak, doğrusal olmayan kavşak detektörünün kullanıldığı alanlarda IEEE 802.11 protokollerini kullanan cihazları kapatmanın mümkün olması ve bu protokollerde kullanılan cihazların düşük güçte yayın yapmasından kaynaklı fiziksel etki alanlarının küçük olması sebebiyle, Hawk XTS-2500 detektörünün kullanabileceği uyarı sinyali frekans aralığının, elektromanyetik gürültü kirliliği açısından, diğer detektörlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Detektörlerin uyarı sinyal frekans aralıklarının çakışmaları Şekil 1.17 ve Şekil 1.18’de sunulmuştur.



Şekil 1.17. GSM frekans aralığı ile Orion NJE 4000 ve Hawk XTS-900 detektörleri uyarı sinyalleri frekans aralıklarının çakışması



Şekil 1.18. IEEE 802.11 Protokolü frekans aralığı ile Hawk XTS-2500 detektörünün uyarı sinyali frekans aralığının çakışması

Ayrıca, kullanılan uyarı sinyali dalga boyu da, hedef bölgede bulunan p-n kavşağa bağlı anten görevi gören metalin uzunluğu dikkate alındığında önem kazanmaktadır. Örneğin, uzaktan kontrollü bir patlayıcı düzeneğinde kullanılması muhtemel ve 900 MHz frekansındaki uyarı sinyali için anten görevi ifa edebilecek 30 cm uzunluğundaki bir kablo, üzerinden yayılacak olan ikinci ve üçüncü harmonik

sinyallerini verimli yayımlayabilecekken, bir nesne içerisinde yerleştirilmiş ses kaydedici devre üzerindeki yarı iletken devre elemanının, üzerine yansıyan aynı frekanstaki uyarı sinyali için anten görevi ifa edebilecek 1 mm uzunluğundaki bacağı, üzerinden yayılacak olan harmonik sinyallerini daha az verimle yayımlayacaktır. Orion NJE 4000 ve Hawk XTS-900 detektörlerinin ortalama uyarı sinyali frekanslarını 900 MHz olarak kabul edersek, bu uyarı sinyallerinin λ ile ifade edilecek dalga boyları dalga boyları,

$$\lambda = c/f \quad (1.1)$$

formülü ile hesaplandığında, c ışık hızını ifade etmektedir, 0.3 mm iken, Hawk XTS-2500 detektörünün ortalama uyarı sinyali frekansı 2400 MHz olarak kabul ettiğimizde, bu detektöre ait uyarı sinyali yaklaşık dalga boyunun 0.125 mm olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, Hawk XTS-2500'ün küçük hedeflerin tespitinde daha etkili olduğu söylenebilecektir.

Uyarı sinyali çıkış gücü sabit tutularak frekans yükseltildiğinde, dalga boyu ve yol kaybına bağlı olarak uyarı sinyalinin hedef bölgeye işleme kabiliyeti düşecektir. Hedef kavşağın içerisinde bulunduğu nesnenin derinliği de göz önünde bulundurulduğunda, uyarı sinyalinin hedef kavşağa kadar sinyalini ulaştıramaması veya çok düşük güçte ulaştırması, harmonik sinyallerinin oluşmamasına veya oluşsa bile geri yansıyamamasına sebep olacaktır. Bu açıdan bakıldığında ise Orion NJE 4000 ve Hawk XTS-900 detektörleri daha avantajlı görülmektedir.

Detektörlerin kullandıkları uyarı sinyali çıkış güçleri incelendiğinde, Orion NJE 4000 detektörünün en fazla 1.4 Watt, Hawk XTS-900 ve Hawk XTS-2500 detektörlerinin ise 4 W ile yayın yapabildikleri görülmektedir. Ayarlanabilir olan bu çıkış güçleri, uyarı sinyallerinin hedef kavşakların içerisinde gizlendikleri nesnelere içine işleme kabiliyetlerini etkilemektedir. Dolayısı ile, nesne içerisinde derin bir noktada bulunan kavşağın tespitinde, uyarı sinyali çıkış gücü önem arz etmektedir. Bu noktadan hareketle, Hawk XTS-900 ve Hawk XTS-2500 detektörlerinin, uyarı sinyali çıkış gücü açısından Orion NJE 4000 detektöründen daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Detektörler, uzun süreli kullanım sırasında önem arz etmekte olan ağırlıkları açısından incelendiğinde, Orion NJE 4000'in 1.7 kg, Hawk XTS-900 ve Hawk XTS-2500 detektörlerinin ise 1.85 kg oldukları görülmektedir. Orion NJE 4000 detektörünün diğer detektörlerden hafif oluşu, ilk bakışta avantaj olarak görünse de, anten bloğuna konuşlandırılan uyarı ekranı, uzun süreli kullanımlarda bu detektörü daha dezavantajlı hale getirmektedir.

Uyarı sinyalinin, hedef bölgede bulunan kavşak üzerinden geri yansımalarıyla oluşan ikinci ve üçüncü harmonik sinyallerinin polarizasyonu tahmin edilememektedir. Polarizasyonları bilinmeyen harmonik sinyallerinin, eşit verimlilikle elde edilerek karşılaştırılmayacağından, doğrusal olmayan kavşak detektörleri antenleri dairesel polarizasyonda tasarlanmaktadır.

1.5. Doğrusal Olmayan Kavşakların Tespitindeki Etkenler

Doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin başarısı, yanlış alarm oranlarının düşük olması ile ölçülebilmektedir ve bu cihazların yanlış alarm oranları aşağıda belirtilen faktörler tarafından belirlenmektedir.

- 1- Uyarı sinyali frekansı
- 2- Uyarı sinyali çıkış gücü
- 3- Hedef bölgenin yapısı
- 4- Hedef bölgenin derinliği
- 5- Doğrusal olmayan kavşağın tipi
- 6- Doğrusal olmayan kavşakta anten görevi gören parçanın büyüklüğü
- 7- Alıcı ünite hassasiyeti
- 8- Harmonik sinyallerin oluştuğu frekanslardaki elektromanyetik gürültü

Örneğin, uyarı sinyalinin, elektromanyetik girişim kaynaklarından uzaklığı, çıkış gücünün hedef bölgeye nüfuz edebilme kabiliyeti, doğrusal olmayan kavşaktan yansıyan sinyallerin frekanslarının elektromanyetik gürültüden uzaklığı vb., doğrusal olmayan kavşakların tespitinde önem arz etmektedir. Örneğin, 2 cm kalınlığında bir ahşabın arkasında bulunan doğrusal olmayan kavşağın tespiti için gönderilen uyarı sinyalinin çıkış gücü ile betonarme bir duvar içerisinde 10 cm derinlikle bulunan

doğrusal olmayan bir kavşağın tespiti mümkün olmayacaktır. Ayrıca, 2. ve/veya 3. harmonik sinyallerinin oluşması beklenen frekanslarda, mevcut durumda zaten bir sinyalin var olması durumunda, hedef bölgede herhangi bir doğrusal olmayan kavşak bulunmasa bile, cihaz uyarı verecek, hedef bölgede doğrusal olmayan kavşağın bulunması durumunda ise, harmonik sinyaller arasındaki genlik karşılaştırmasında doğru sonuç alamayabilecek ve p-n kavşaklar için m-m kavşak uyarısı, m-m kavşaklar içinse p-n kavşak uyarısı verebilecektir.

1.6. Doğrusal Olmayan Kavşak Detektörlerinin Performansını Etkileyen Faktörler

1.6.1. Uyarı Sinyali Frekansı

Doğrusal olmayan kavşak detektörleri, genel olarak 800, 900, 2000, 2400 ve 2500 MHz frekanslarında vericiler kullanılmaktadır. Uyarı sinyalleri frekanslarının genel kabul gören sabit bir frekansta olmamasının nedenleri,

- 1- Doğrusal olmayan kavşak türlerinin, farklı frekanslarda üzerine gönderilen uyarı sinyallerinden oluşan harmonik sinyallere verdikleri tepkilerin farklı olması,
- 2- Kavşak üzerinde anten görevi görebilecek kısımların farklı frekans değerlerine farklı kazançlarla uyum sağlaması,
- 3- Düşük frekans değerlerindeki uyarı sinyallerinin, aydınlattıkları bölgelerde daha derine işleyebilmesi, ancak yüksek frekans değerlerindeki uyarı sinyallerinin de, kavşak üzerinde bulunan ve genellikle çok kısa olan anten görevi gören kavşak parçalarına daha iyi uyum sağlaması

olarak değerlendirilebilir.

1.6.2. Uyarı Sinyali Çıkış Gücü

Doğrusal olmayan kavşak detektörlerinde, çıkış güçleri ayarlanabilmekte ve 4 Watt'a kadar çıkabilmektedir. Hedef bölgenin derinliklerine işleyebilmek amacıyla uyarı sinyali çıkış gücü elle veya otomatik olarak artırılabilir, herhangi bir derinliğe sahip olmayan hedef bölgelerde ise çıkış gücü düşük tutulabilmektedir.

1.6.3. Hedef Bölgenin Yapısı

Uyarı sinyalinin, hedef bölgedeki kavşağa ulaşana kadar ve yansıyan harmonik sinyallerinin alıcı ünitelere ulaşana kadar zayıflama oranı, verici ve kavşak arasında bulunan maddenin cinsine göre (ahşap, beton, metal, plastik vs.) değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple, uyarı sinyalleri, sinyalleri fazla zayıflatan maddelerin bulunduğu hedef bölgelere yüksek güçte gönderilmektedirler.

1.6.4. Hedef Bölgenin Derinliği

Hedef bölgede derin bir noktada bulunan kavşağa ulaşmak için, uyarı sinyalinin yol kaybı dikkate alınarak yüksek güçte çıkış yapmak gerekmektedir. Aksi durumda, uyarı sinyali hedef kavşağa ulaşmamakta veya çok zayıflayarak ulaşmakta, dolayısıyla harmonik sinyaller hiç oluşmamakta veya çok zayıf oluşmakta ve detektör alıcılarına kadar ulaşmamaktadırlar.

1.6.5. Doğrusal Olmayan Kavşağın Tipi

Farklı maddelerden oluşan doğrusal olmayan kavşaklar, üzerlerine gönderilen uyarı sinyallerinden oluşan harmonik sinyallerini farklı genliklerde yansıtmaktadırlar. Her doğrusal olmayan kavşak türü, kendine özel harmonik genlik katsayısına sahiptirler.

1.6.6. Doğrusal Olmayan Kavşaklarda Anten Görevi Yapan Parça

Doğrusal olmayan kavşaklarda, uyarı sinyalinden oluşan harmonik sinyallerinin yayımlanabilmeleri, kavşakta bulunan ve anten görevi görebilecek maddelere bağlıdır. Örneğin, kavşak içeren bir diyotun bacakları bu görevi görmekte, kavşakta oluşan harmonik sinyaller bu bacaklar üzerinden yayımlanmaktadır. Bacakların veya bacakların bağlı olduğu devre yollarının uzun olması, harmonik sinyallerinin daha yüksek kazançta yayımlanmalarına olanak sağlamaktadır.

1.6.7. Alıcı Ünite Hassasiyeti

Harmonik sinyallerinin sinyal gürültü oranları çoğu zaman oldukça düşük olmakta, genlik zirve değerleri -100 dBm'in altına düşebilmektedir. Alıcı ünitelerin gürültü seviyelerinin hassas olmaması durumunda, harmonik sinyallerin zirve değerleri alıcı

ünitelerinin gürültü seviyelerinin altında kalmakta, dolayısı ile kavşak tespiti yapılamamakta veya kavşak sınıflandırması yanlış yapılabilmektedir.

1.6.8. Harmonik Sinyallerinin Oluştığı Frekanslardaki Elektromanyetik Gürültü

Harmonik sinyallerin olduğu frekanslarda elektromanyetik gürültü olması, sinyallerin işlenerek doğrusal olmayan kavşakların tespitinde ve p-n/m-m kavşakların ayırt edilmesinde sorun oluşturmaktadır.

2. DOĞRUSAL OLMAYAN KAVŞAK TESPİTİNDE YENİ BİR YÖNTEM

Doğrusal olmayan kavşak detektörleri, güvenlik uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, cezaevlerinde, içeri gizlice sokulmuş olan cep telefonlarının yerlerini tespit etmek amacıyla veya elektronik malzemenin arındırılmış olması gereken ortamların kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılan bu cihazlar, birçok sebepten ötürü yanlış alarm üretebilmekte ve kullanıcıyı yanıltabilmektedir. Alarm alınan bölgenin, sökülebilir bir nesne olması durumunda, içi açılarak kontrol edilebilmekte ancak duvar, ahşap lambiri gibi sökülemeyen, yalnızca kırılarak kontrol edilebilen bölgeler olması durumunda, bölgenin kontrol edilebilmesi oldukça zorlaşmakta, kontrol sonucunda alarmın yanlış olması da hayal kırıklığı oluşturmakta ve iş yükünü oldukça artırmaktadır. Böyle bir sonucun oluşmaması için, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin performansını etkileyen faktörler incelenmeli, olumsuz etki oluşturan faktörler ekarte edilmelidir.

Bu çalışmada, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin performansını olumsuz etkileyen faktörleri ekarte etmek, ayrıca doğrusal olmayan kavşak tespiti ve tespit edilen kavşağın p-n ve m-m ayırıştırma yönteminde yeni bir karar mekanizması oluşturabilmek amacıyla, hedef bölgeye yalnızca tek bir frekansta tek tonlu bir sinyal göndermek yerine, iki farklı frekansta sinyal göndererek, bu sinyallerden oluşan harmonik sinyallerin analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, farklı maddelerden oluşan doğrusal olmayan kavşakların, üzerlerine yansıtılan sinyale verdikleri tepkiler simüle edilmiştir.

2.1. Tek Ton Uyarı Sinyali ile Doğrusal Olmayan Kavşak Tespiti

Klasik doğrusal olmayan kavşak detektörlerinde kullanılan uyarı sinyali;

$$s(t) = \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \phi) \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilebilmekte, f_0 frekansı, ϕ ise sinyaldeki fazı simgelemektedir. Uygulamada faz dikkate alınmadığından, çalışmalar sırasında sıfır olarak kabul edilmiştir. Bu uyarı sinyaline doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin verdiği ve yansıma sinyali olarak adlandırılacak tepki;

$$S_{\text{yansima}}(t) = a_0 \cdot s(t) + a_1 \cdot s^2(t) + a_2 \cdot s^3(t) + a_3 \cdot s^4(t) + \dots \quad (2.2)$$

olarak ifade edilebilecektir. (2.2) ile gösterilen yansima sinyalinde, $s(t)$ değerleri açık olarak yazıldığında,

$$S_{\text{yansima}}(t) = a_0 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + a_1 \cdot \cos^2(2\pi \cdot f \cdot t) + a_2 \cdot \cos^3(2\pi \cdot f \cdot t) + \dots \quad (2.3)$$

elde edilmektedir. (2.3)'ün Taylor serisi olarak yazılmasıyla, yansima sinyallerine ait fonksiyon,

$$S_{\text{yansiyen}}(t) = \sum_{n=1}^{\infty} [a_{n-1} \cdot \cos^n(2\pi \cdot f \cdot t)] \quad (2.4)$$

olarak ifade edilebilecektir. Denklemden belirtilen a_n katsayıları, farklı doğrusal olmayan kavşakların, üzerlerine ısıtılan uyarı sinyalinden türettikleri harmonik sinyallerin genlik katsayılarıdır ve her bir doğrusal olmayan kavşak için değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada, farklı doğrusal olmayan kavşakların, aynı uyarı sinyallerine verdikleri tepkilerde a_n katsayılarının etkileri incelenecektir.

2.2. İki Tonlu Uyarı Sinyali ile Doğrusal Olmayan Kavşak Tespiti

Tek ton uyarı sinyali kullanan klasik doğrusal olmayan kavşak detektörleri, kavşaktan yansıyan ikinci ve üçüncü harmonik sinyallerinin genlik zirve değerlerini karşılaştırmaktadır. İkinci harmonik sinyalinin genlik zirve değerinin üçüncü harmonik sinyalinin genlik zirve değerinden büyük olması durumunda p-n kavşak uyarısı, tersi durumda ise m-m kavşak uyarısı elde edilmektedir. İkinci ve üçüncü harmonik sinyallerinin genlik zirve değerlerinin birbirine çok yakın olduğu durumlarda ise yanlış alarm ihtimali oldukça güçlenmektedir. Doğrusal olmayan kavşak tiplerinin doğru bir şekilde ayırt edilebilmesi amacıyla, iki tonlu uyarı sinyali kullanmak suretiyle, karar noktası olarak değerlendirilebilecek harmonik sinyallerinin sayılarının arttırılabileceği ve bu karışık harmonik sinyallerinden zirve değerleri arasındaki farkın en büyük olduğu harmonik sinyallerinin tespit edilebileceği değerlendirilmektedir [20]. Böyle bir yapıda uyarı sinyali;

$$S(t) = a_0 \cdot (\cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)) \quad (2.5)$$

olarak ifade edilebilir. Doğrusal olmayan kavşağın yansıtacağı harmonik sinyaller ise, tek ton uyarı sinyalinde olduğu gibi (2.2) ile ifade edilebileceğinden, iki tonlu uyarı sinyalinin bu denklemde açık olarak kullanılması ile,

$$\begin{aligned}
S_{\text{yansima}}(t) = & a_0 \cdot [\cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)] + \\
& a_1 \cdot [\cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)]^2 + \\
& a_2 \cdot [\cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)]^3 + \dots
\end{aligned} \tag{2.6}$$

denklemini elde edilecektir. (2.6)'dan hareketle iki tonlu uyarı sinyallerinin Taylor serisi ile gösterimi,

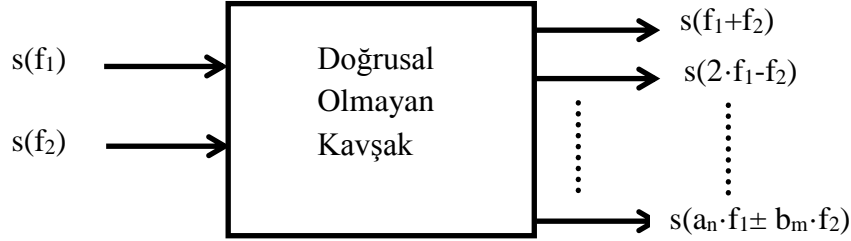
$$S_{\text{yansima}}(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_{n-1} \cdot [\cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)]^n \tag{2.7}$$

şeklinde ifade edilebilecektir. Denklemdaki a_n değerleri, genlik katsayılarını ifade etmektedir. Bu çalışma kapsamında, her iki uyarı sinyalinin frekanslarının 3 katına kadar olan karışık harmonik frekanslarında, yani $2 \cdot f_1$, $2 \cdot f_2$, $2 \cdot f_1 - f_2$, $2 \cdot f_1 + f_2$, $2 \cdot f_2 - f_1$, $2 \cdot f_2 + f_1$, $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$, $3 \cdot f_1 - f_2$, $3 \cdot f_1 + f_2$, $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$, $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$, $3 \cdot f_2 - f_1$, $3 \cdot f_2 + f_1$, $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$, $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ ve $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ frekanslarında oluşan sinyaller incelenmiştir.

Tek tonlu uyarı sinyallerinden oluşan harmonik sinyallerinin katsayılarında olduğu gibi, çift tonlu uyarı sinyallerinin harmoniklerinin ve bu harmonik sinyallerinin frekanslarının toplam ve farklarından oluşan sinyallerin genlik katsayıları, dolayısıyla genlik zirve değerleri de, doğrusal olmayan kavşağın karakteristiğinden kaynaklanan a_n katsayılarına göre değişkenlik göstermektedir. Kavşak karakteristiği ve özelliklerine göre değişen bu katsayılar, harmoniklerden oluşan sinyallerin genliklerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu noktadan hareketle, farklı katsayıların, iki tonlu uyarı sinyallerinin kavşak üzerinden yansıtılarak oluşturdukları sinyallerin genliklerinde meydana getirdikleri değişiklikler incelenerek, performansı tek tonlu uyarı sinyali ile kavşak tespitinden daha yüksek bir algoritmanın oluşturulabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, çalışma sırasında gerçekleştirilen benzetimde, katsayıların harmoniklerden oluşan sinyaller üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla, farklı katsayılarla sahip kavşaklar modellenmiş ve sinyal genlikleri gözlemlenmiştir.

3. İKİ TONLU UYARI SİNYALİ İLE KAVŞAK TESPİTİ SİMÜLASYONU

Çalışmada gerçekleştirilen simülasyonda, 6 farklı kavşak tipi modellenmiş olup, yansıyan sinyallerin 6. kuvvetine kadar olan a_n katsayılarının her birinin, kavşaktan yansıyan sinyallerin zirve değerlerinde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir.



Şekil 3.1. Doğrusal olmayan kavşakların iki tonlu uyarı sinyaline verdikleri frekans spektrum tepkisi

Uyarı sinyalleri,

$$s_1(t) = \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t) \text{ ve } s_2(t) = \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t) \quad (3.1), (3.2)$$

olmak üzere,

$$s(t) = s_1(t) + s_2(t) \quad (3.3)$$

olarak tanımlanabilirler. Gerçekleştirilen çalışmada doğrusal olmayan kavşaktan geri yansıyan sinyaller,

$$S_{yansısma}(t) = a_0 \cdot s(t) + a_1 \cdot s(t)^2 + a_2 \cdot s(t)^3 + a_3 \cdot s(t)^4 + a_4 \cdot s(t)^5 + a_5 \cdot s(t)^6 \quad (3.4)$$

olmak üzere, sinyallerin 6. kuvvetine kadar benzetimi yapılmış ve a_n katsayıları,

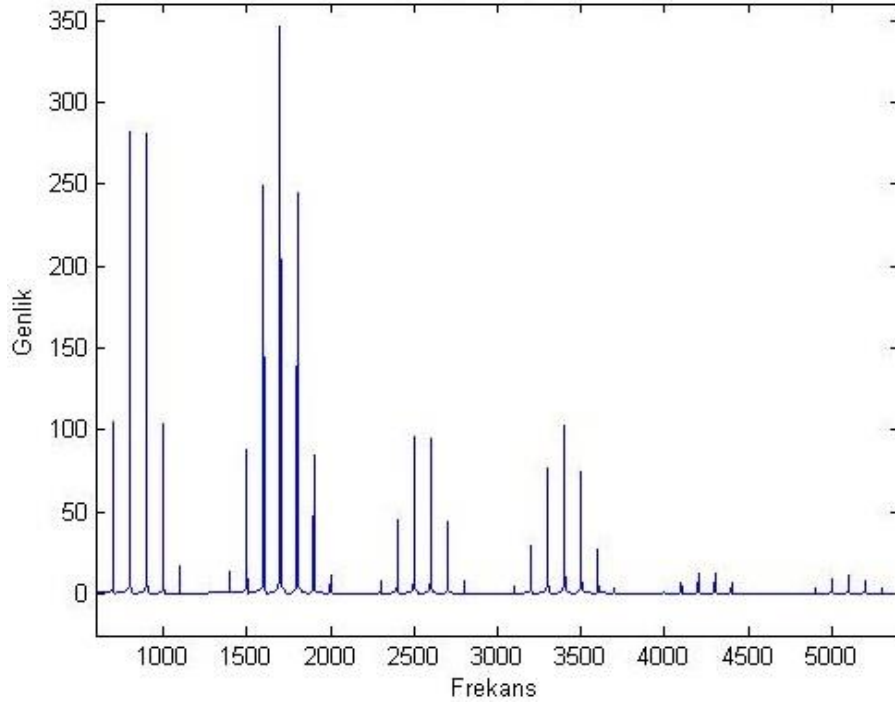
$$c_n = [a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5], \quad n=0,1,2,3,4,5 \quad (3.5)$$

olarak kullanılmıştır. Gerçekleştirilen tüm simülasyonlarda a_0 değeri, uyarı sinyali çıkış gücü olması sebebiyle 1 olarak kullanılmıştır. Ayrıca, f_1 frekansı 800, f_2 frekansı 900 olarak kullanılmıştır. Simülasyonda kullanılan frekans değerlerinde kullanılacak birim cinsleri, sonuca etki etmemeleri sebebiyle dikkate alınmamıştır. Bu uyarı sinyallerinden oluşan sinyaller Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. İki tonlu uyarı sinyalinin oluşturduğu frekans tablosu

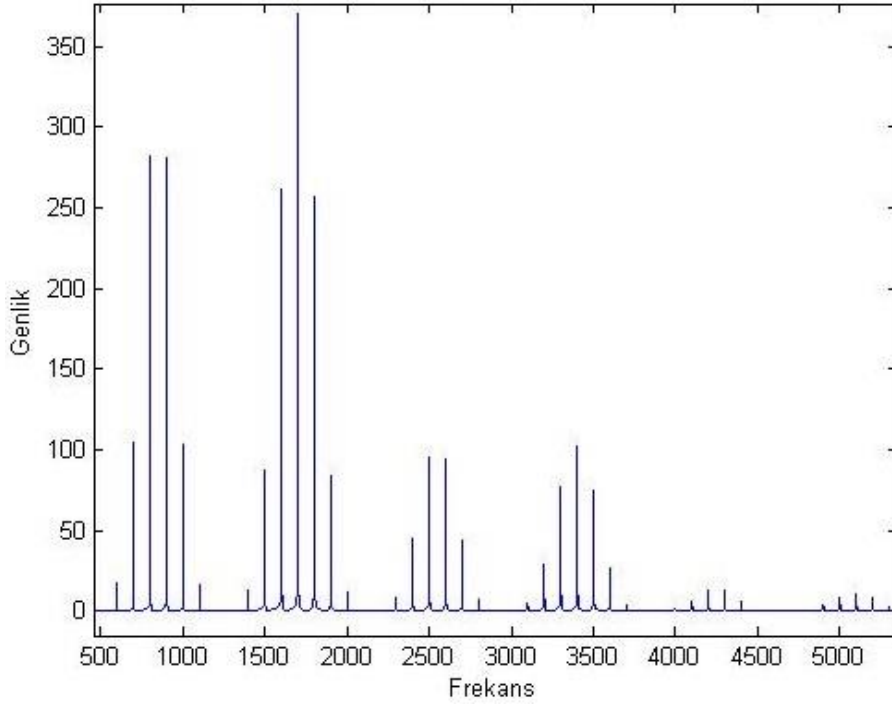
f_1	800	$2 \cdot f_2 - f_1$	1000	$3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$	600
f_2	900	$2 \cdot f_2 + f_1$	2600	$3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$	4200
$f_1 + f_2$	1700	$2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$	3400	$3 \cdot f_2 - f_1$	1900
$2 \cdot f_1$	1600	$3 \cdot f_1$	2400	$3 \cdot f_2 + f_1$	3500
$2 \cdot f_2$	1800	$3 \cdot f_2$	2700	$3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$	1100
$2 \cdot f_1 - f_2$	700	$3 \cdot f_1 - f_2$	1500	$3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$	4300
$2 \cdot f_1 + f_2$	2500	$3 \cdot f_1 + f_2$	3300	$3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$	5100

İlk simülasyonun katsayı değerleri, $c_0 = [1 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5]$ olarak kullanılmıştır. Bu katsayılarla oluşan yansıma sinyallerine ait frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.2’de sunulmuştur.



Şekil 3.2. c_0 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri

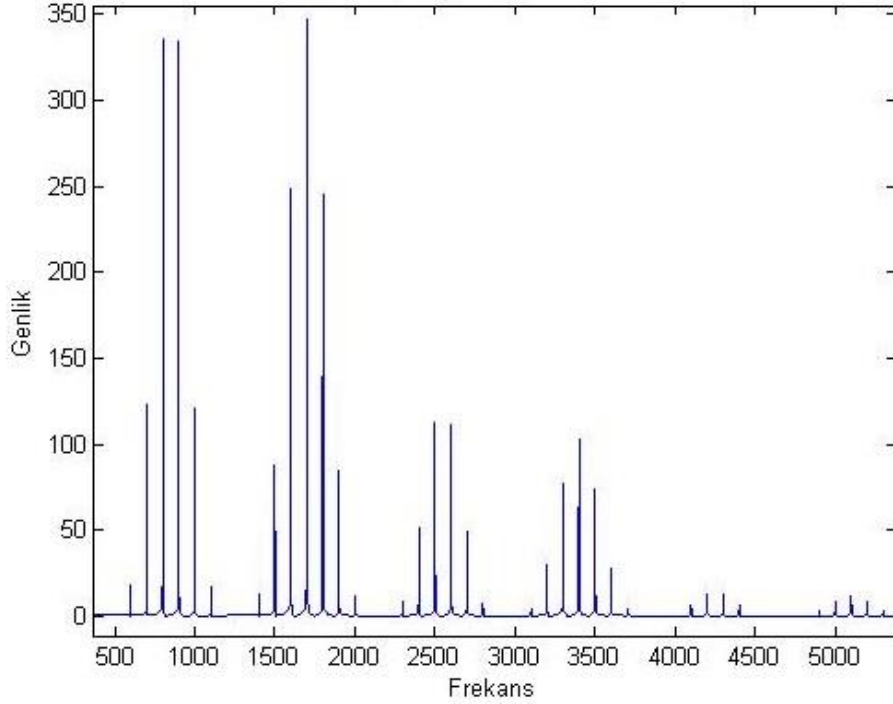
Daha sonraki simülasyonlarda a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 değerleri teker teker ve sırasıyla 0.95 olarak değiştirilmiş, her bir katsayıdaki değişikliğin yansıyan sinyallerin genlik değerlerine etkileri incelenmiştir. $c_1 = [1 \ 0.95 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5]$ katsayı değerleri için gerçekleştirilen simülasyonda elde edilen frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.3. c_1 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere, a_1 katsayısının 0.5'ten 0.95 değerine yükseltilmesiyle oluşan $c_1 = [1 \ 0.95 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5]$ katsayılar ile, $f_1 + f_2$ frekansında oluşan sinyalin 350'nin altında kalan genlik değerinin 350'nin üzerine çıktığı, diğer sinyallerde gözle görülür bir değişimin olmadığı gözlenmiştir.

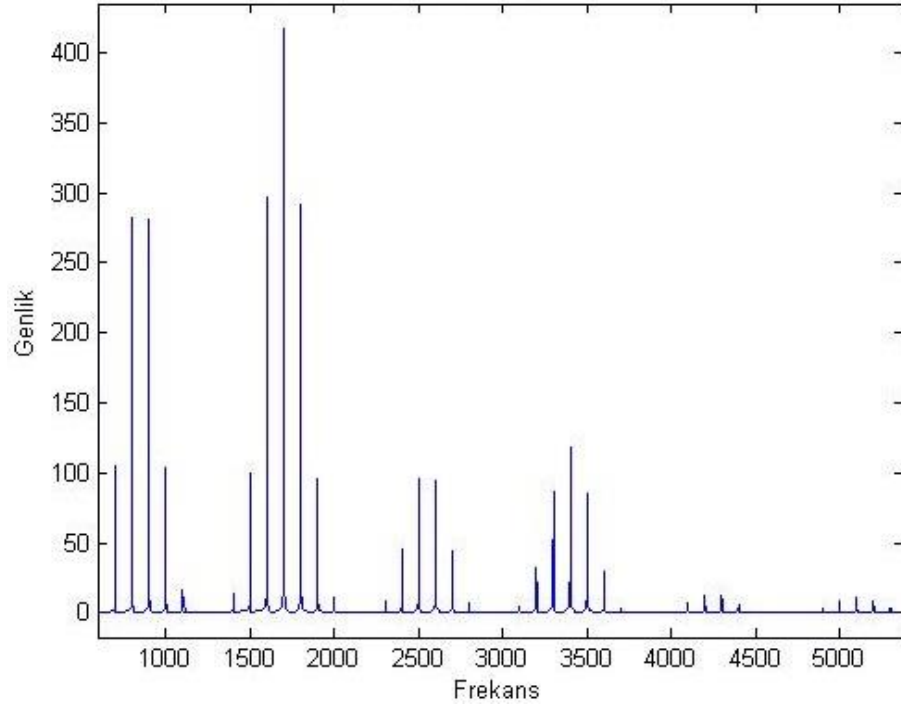
a_2 değerinin 0.5'ten 0.95'e yükseltilmesiyle oluşan $c_2 = [1 \ 0.5 \ 0.95 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5]$ katsayı değerleriyle oluşan yansıma sinyallerine ait frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.4'te sunulmuştur. a_2 değerindeki bu değişiklik ile, yaklaşık genlik değerleri 280 olan f_1 ve f_2 frekanslarındaki sinyallerin 340'a kadar yükseldiği, $2 \cdot f_1 - f_2$ ve $2 \cdot f_2 - f_1$ frekanslarındaki sinyallerin ise 100'den 120 değerine yükseldiği gözlenmiştir.



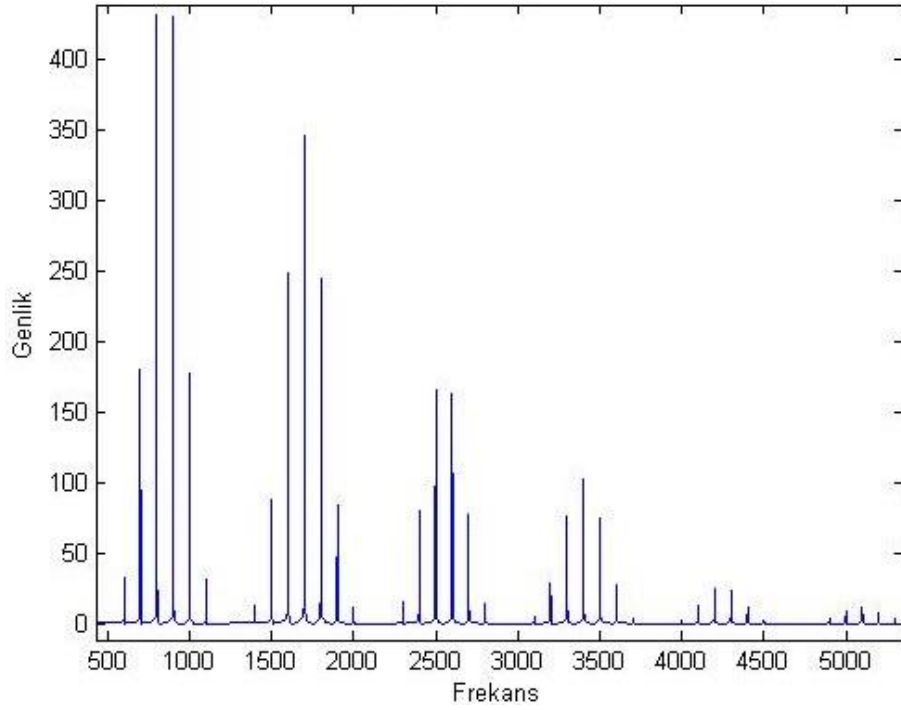
Şekil 3.4. c_2 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri

a_3 değerinin 0.5'ten 0.95'e yükseltilmesiyle oluşan $c_3 = [1 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.95 \ 0.5 \ 0.5]$ katsayı değerleriyle oluşan yansıma sinyallerine ait frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.5'te sunulmuştur. a_3 değerindeki bu değişiklikle, yaklaşık genlik değerleri 350 olan $f_1 + f_2$ frekansındaki sinyalin 400'ün üzerine çıktığı, $2 \cdot f_1$ ve $2 \cdot f_2$ frekanslarındaki sinyallerin yaklaşık 250'den 300 değerine kadar, $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ frekansındaki sinyalin ise 100'den 120 değerine yükseldiği gözlenmiştir.

a_4 değerinin 0.5'ten 0.95'e yükseltilmesiyle oluşan $c_4 = [1 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.95 \ 0.5]$ katsayı değerleriyle oluşan yansıma sinyallerine ait frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.6'da sunulmuştur. a_3 değerindeki bu değişiklikle, yaklaşık genlik değerleri 100 olan $2 \cdot f_1 - f_2$ ve $2 \cdot f_2 - f_1$ frekansındaki sinyallerin genlik değerlerinin yaklaşık 180'e, $3 \cdot f_1$ ve $3 \cdot f_2$ frekanslarındaki sinyallerin yaklaşık 50'den 90 değerine, $2 \cdot f_1 + f_2$ ve $2 \cdot f_1 + f_2$ frekanslarındaki sinyallerin ise yaklaşık 100'den 170 değerine yükseldiği gözlenmiştir.

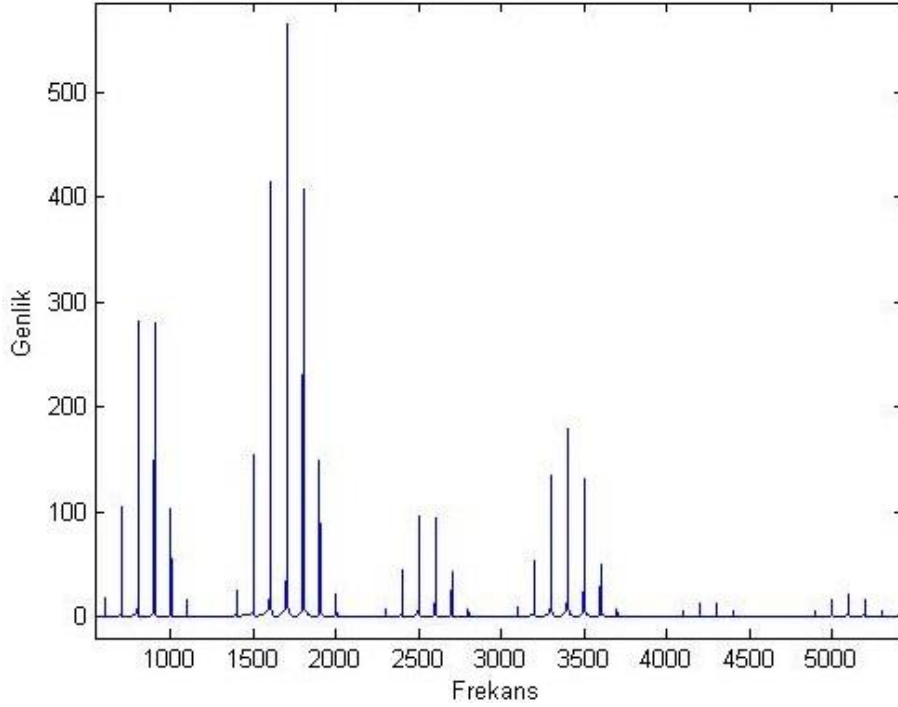


Şekil 3.5. c_3 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri



Şekil 3.6. c_4 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri

a_5 değerinin 0.5'ten 0.95'e yükseltilmesiyle oluşan $c_4 = [1 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.95]$ katsayı değerleriyle oluşan yansıma sinyallerine ait frekans spektrum görüntüsü Şekil 3.7'de sunulmuştur. a_5 değerindeki bu değişlikle, yaklaşık genlik değerleri 350 olan $3 \cdot f_1 - f_2$, yani 1500 frekansındaki sinyalin yaklaşık 100'den 150 değerine, $2 \cdot f_1$ ve $2 \cdot f_2$ frekanslarındaki sinyallerin yaklaşık 250'den 400 değerine, $f_1 + f_2$ frekansındaki sinyalin 350'den 680 değerine, $3 \cdot f_1 + f_2$ ve $3 \cdot f_2 + f_1$ frekanslarındaki sinyallerin ise yaklaşık 80'den 120 değerine ve $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ frekansındaki sinyalin yaklaşık 100'den 190 değerine yükseldiği gözlenmiştir.

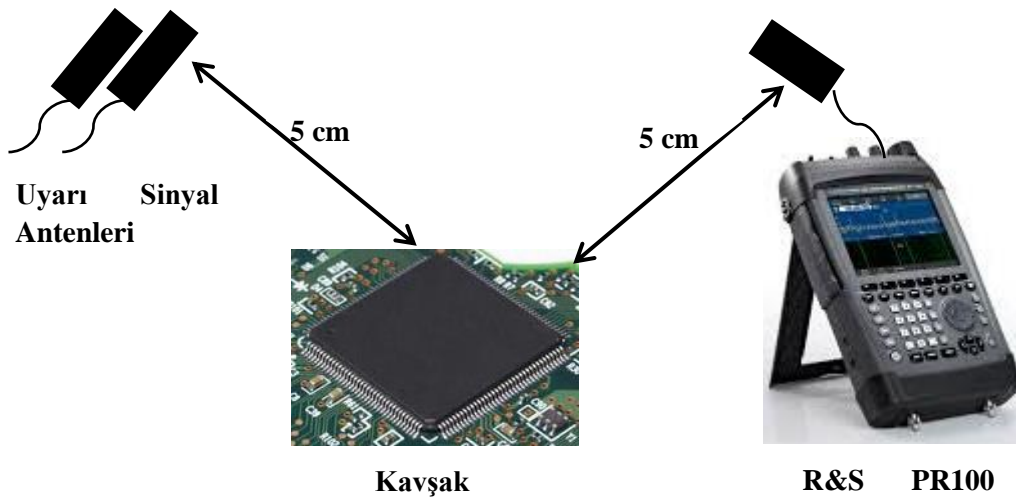


Şekil 3.7. c_5 katsayılarıyla oluşan yansıma sinyalleri

Gerçekleştirilen çalışmada, kullanılan tüm katsayı değerlerinden, yansıma sinyallerini en çok etkileyen katsayının a_5 olduğu gözlenmiştir. a_5 katsayısının en çok etkilediği harmonik sinyalleri ise, yaklaşık 2 kat genlik zirve değerine kadar çıkardığı $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$, $3 \cdot f_1 + f_2$ ve $3 \cdot f_2 + f_1$ frekansındaki sinyallerdir. Bu frekanslarda oluşan harmonik sinyallerin, gerçek hedeflerin tespit ve ayrıştırılmasında kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

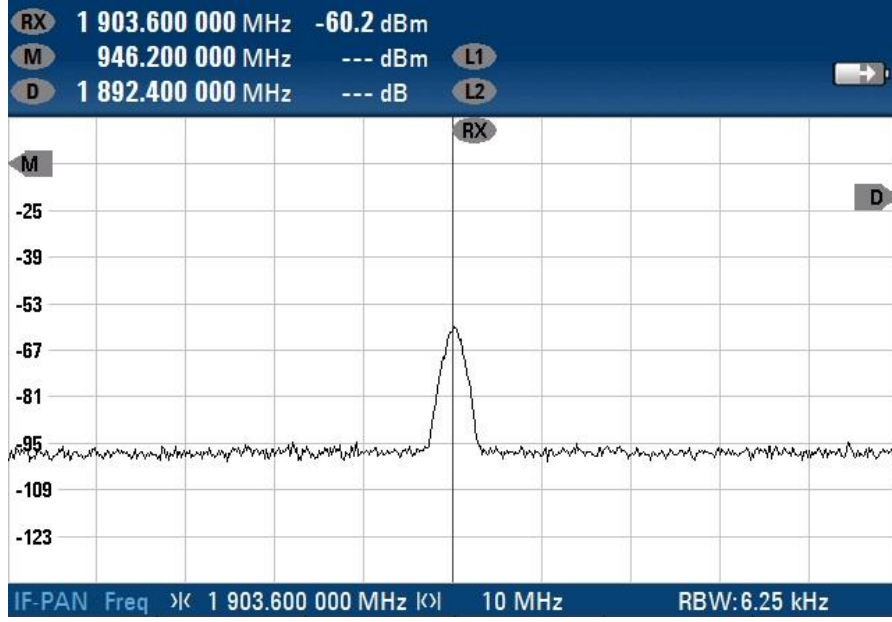
4. İKİ TONLU UYARI SİNYALİ DENEYSEL ÇALIŞMASI

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada, kavşak olarak üzerinde yükseltici bulunan bir devre, m-m kavşak olarak ise makaraya sarılmış bir tel kullanılmıştır. Verici tarafında f_1 frekansı 946.2 MHz, f_2 frekansı 957.4 MHz olarak kullanılmıştır. Her iki vericiden de 1 Watt sabit çıkış gücü ile yayın yapılmış, alıcı olarak Rohde&Schwarz PR100 Taşınabilir Alıcı kullanılmıştır. Verici-hedef ve alıcı-hedef arası mesafe 5 cm olarak sabitlenmiştir. Yapılan deneyde amacın yalnızca iki tonlu sinyallerin hedef bölgeye gönderilmesiyle oluşan harmonik sinyal kombinasyonlarının genlik zirve değerlerinin incelenmesi olması sebebiyle, verici-hedef ve alıcı-hedef arasında gerçek uygulamada olması beklenen maddeler (beton, ahşap, seramik vb.) kullanılmamıştır. Deneysel çalışma, p-n veya m-m kavşaklardan yansıyan sinyallerin, çevresel faktörler tarafından oluşturulan sinyallerden veya gürültüden etkilenmemeleri amaçlanarak, gürültüden arındırılmış bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada spektrum görüntüleri sunulan sinyallerin genlik zirve değerleri ortalama değerler olup, görüntüler üzerindeki genlik zirve değerleri ise anlıktır. Deneysel çalışmaya ait düzenek Şekil 4.1’de sunulmuştur.

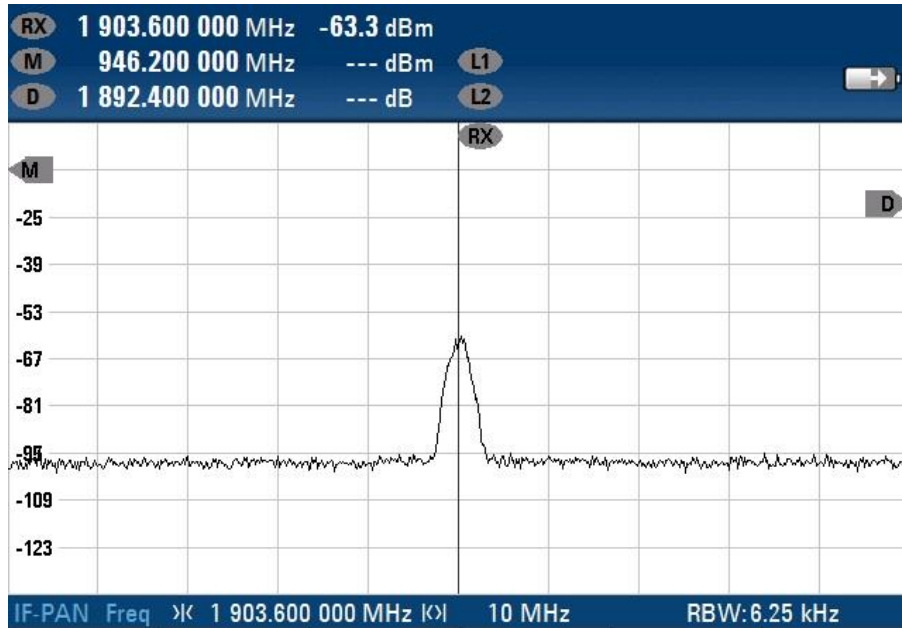


Şekil 4.1. İki tonlu uyarı sinyali ile kavşak tespiti deney düzeni

Çalışma sırasında 946.2 MHz ve 957.4 MHz frekanslarında gönderilen sırasıyla f_1 ve f_2 uyarı sinyallerinden, 1903.6 MHz’de oluşan f_1+f_2 sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunduğu, yaklaşık olarak -57 dBm, m-m kavşak bulunduğu ise -64 dBm olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlere ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te sunulmuştur.

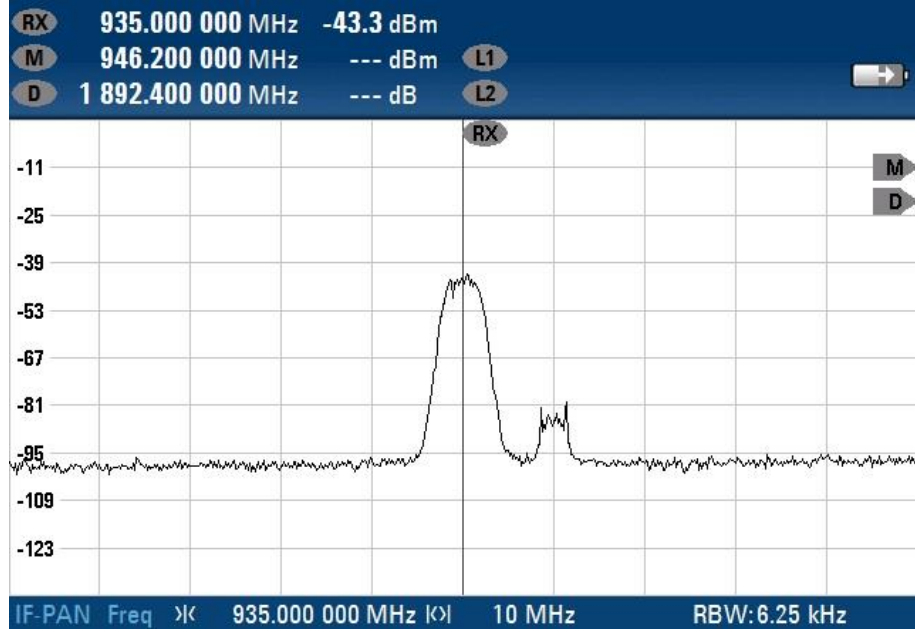


Şekil 4.2. p-n kavşaktan yansiyarak 1903.6 MHz’de oluşan f_1+f_2 sinyali

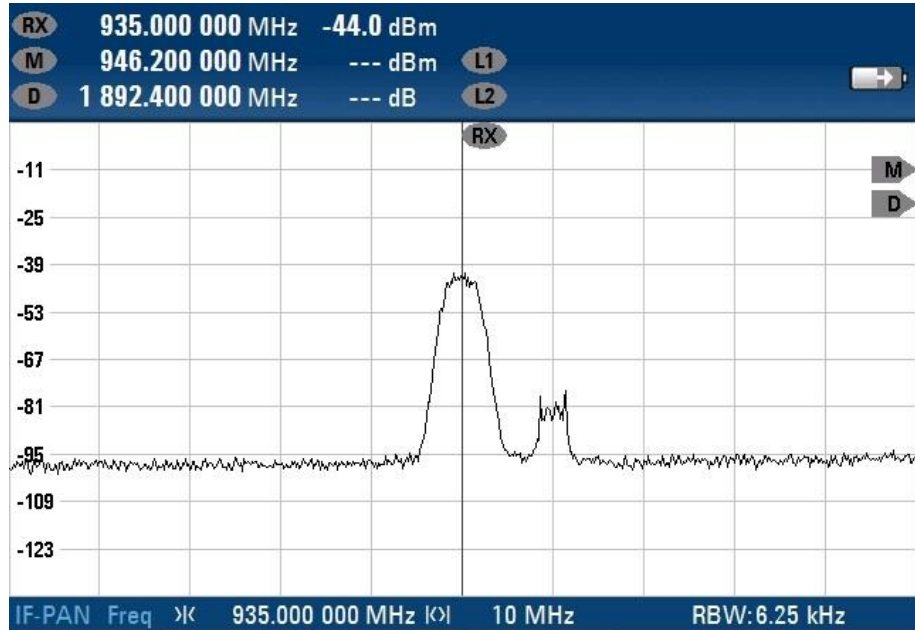


Şekil 4.3. m-m kavşaktan yansiyarak 1903.6 MHz’de oluşan f_1+f_2 sinyali

935 MHz frekansında oluşan $2 \cdot f_1 - f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -43 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda yine -43 dBm olarak ölçülmüştür. 935 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’te sunulmuştur.

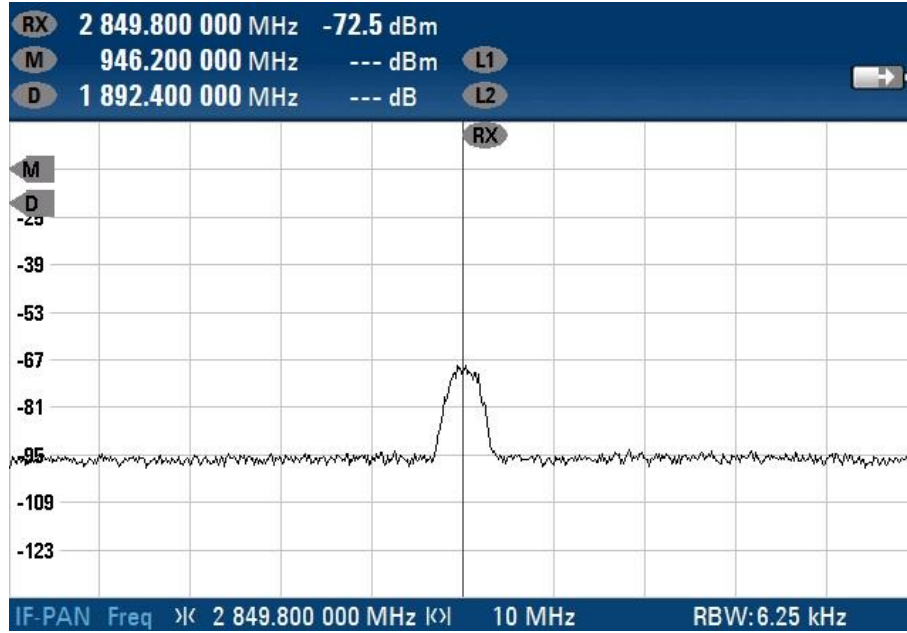


Şekil 4.4. p-n kavşaktan yansiyarak 935 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 - f_2$ sinyali

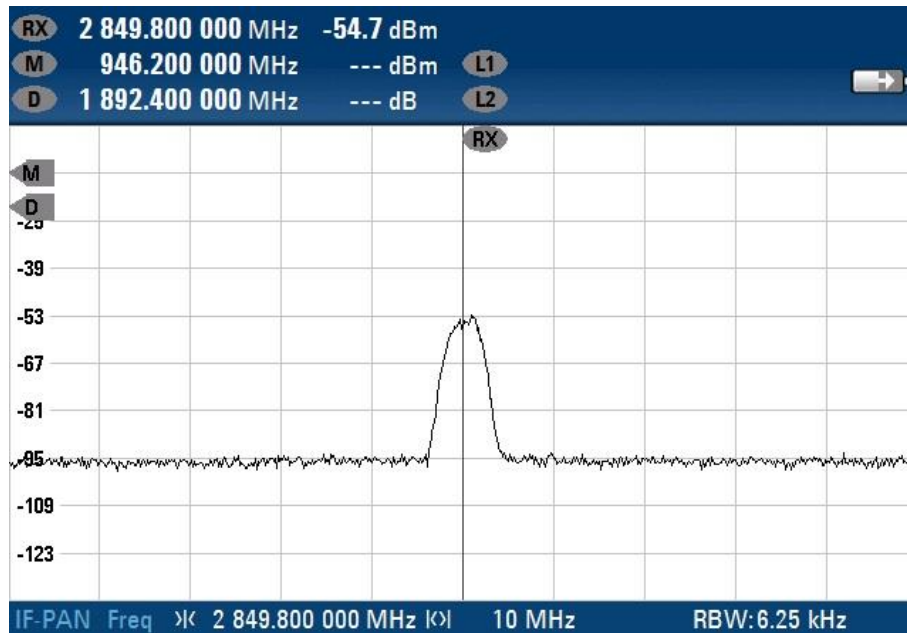


Şekil 4.5. m-m kavşaktan yansiyarak 935 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 - f_2$ sinyali

2849.8 MHz frekansında oluşan $2 \cdot f_1 + f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -72 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda -55 dBm olarak ölçülmüştür. 2849.8 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de sunulmuştur.

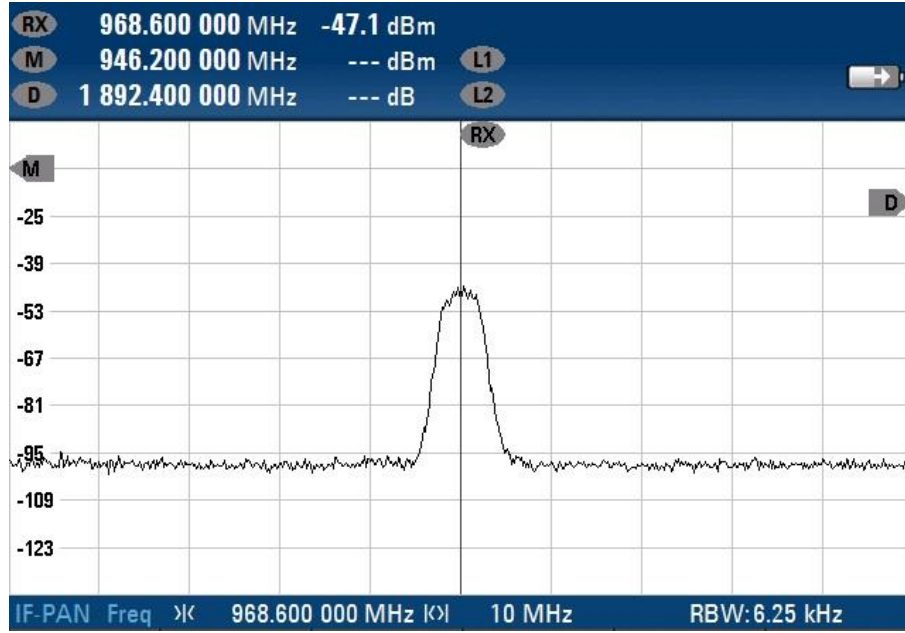


Şekil 4.6. p-n kavşaktan yansiyarak 2849.8 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + f_2$ sinyali

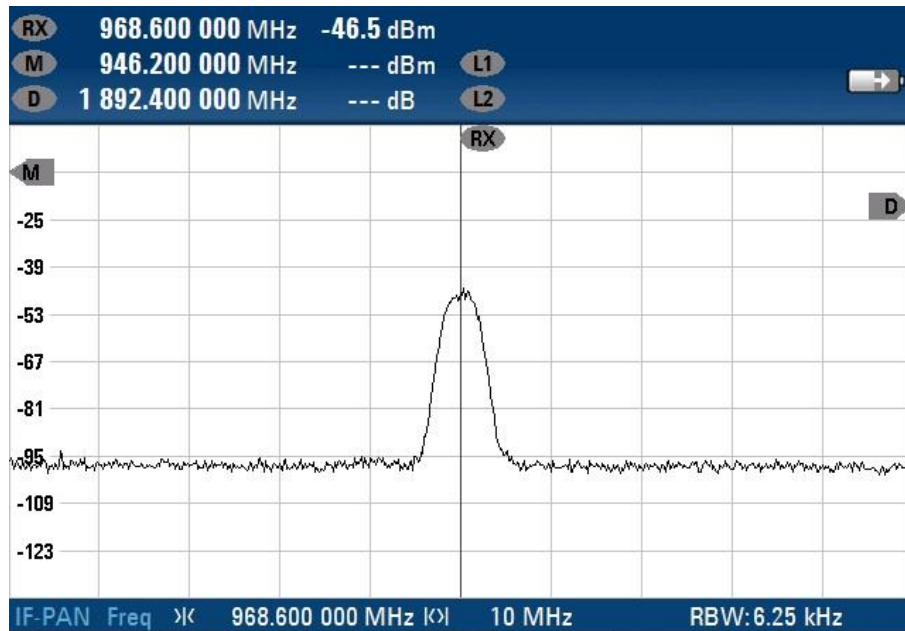


Şekil 4.7. m-m kavşaktan yansiyarak 2849.8 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + f_2$ sinyali

968.6 MHz frekansında oluşan $2 \cdot f_2 - f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -48 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda yine -48 dBm olarak ölçülmüştür. 968.6 MHz'de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da sunulmuştur.

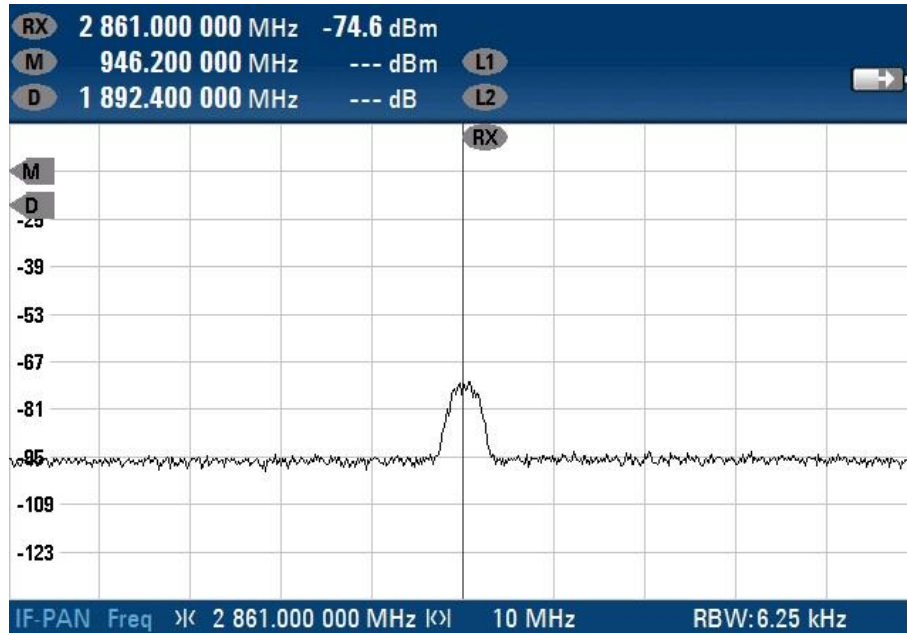


Şekil 4.8. p-n kavşaktan yansiyarak 968.6 MHz'de oluşan $2 \cdot f_2 - f_1$ sinyali

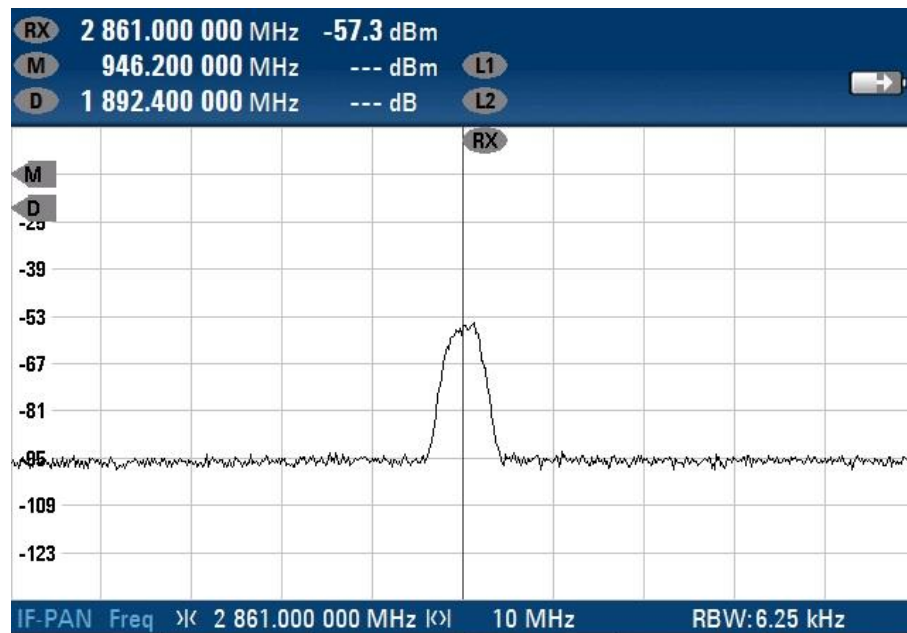


Şekil 4.9. m-m kavşaktan yansiyarak 968.6 MHz'de oluşan $2 \cdot f_2 - f_1$ sinyali

2861 MHz frekansında oluşan $2 \cdot f_2 + f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -76 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -56 dBm olarak ölçülmüştür. 2861 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de sunulmuştur.

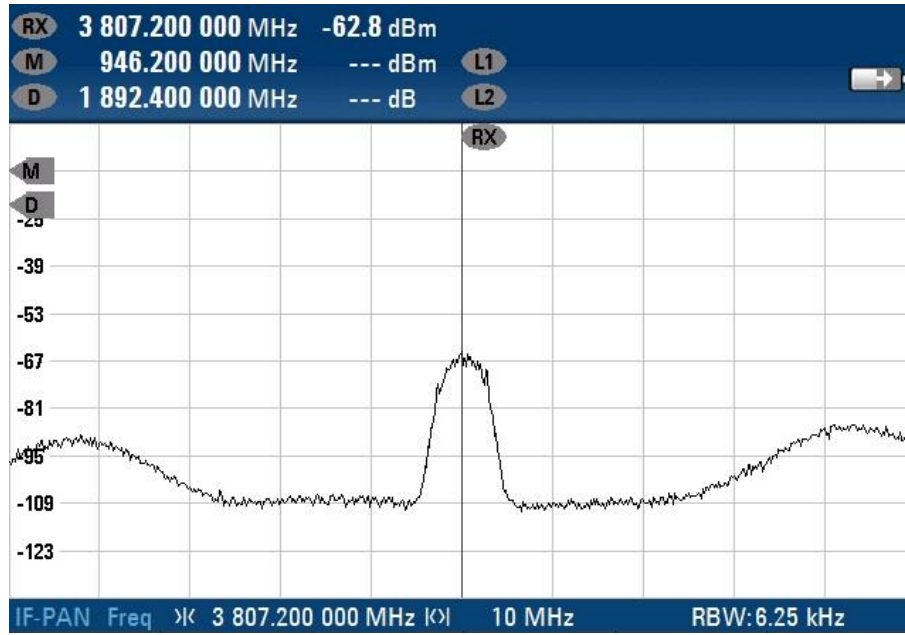


Şekil 4.10. p-n kavşaktan yansiyarak 2861 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 + f_1$ sinyali

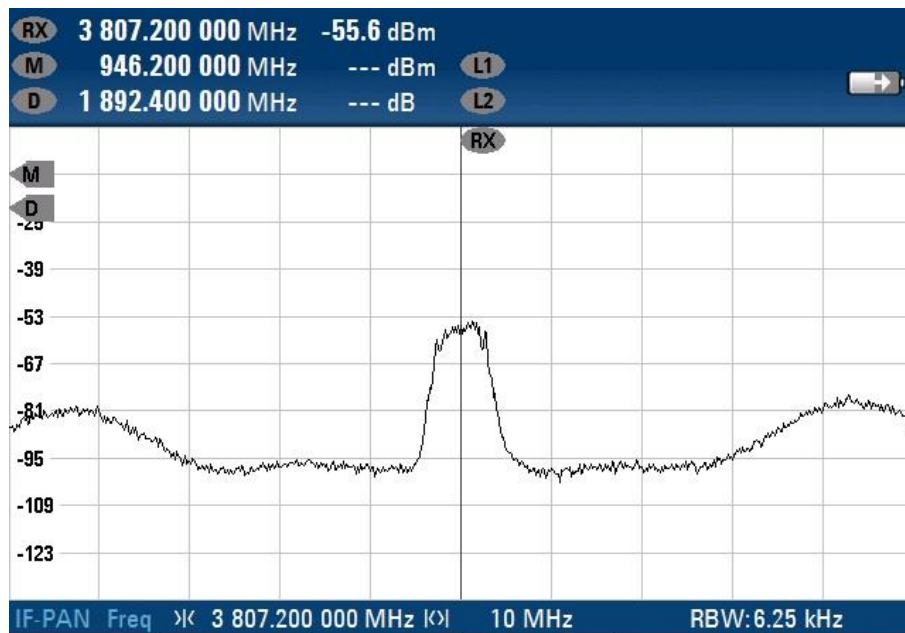


Şekil 4.11. m-m kavşaktan yansiyarak 2861 MHz’de oluşan $2 \cdot f_2 + f_1$ sinyali

3807.2 MHz frekansında oluşan $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -64 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -55 dBm olarak ölçülmüştür. 3807.2 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’te sunulmuştur.

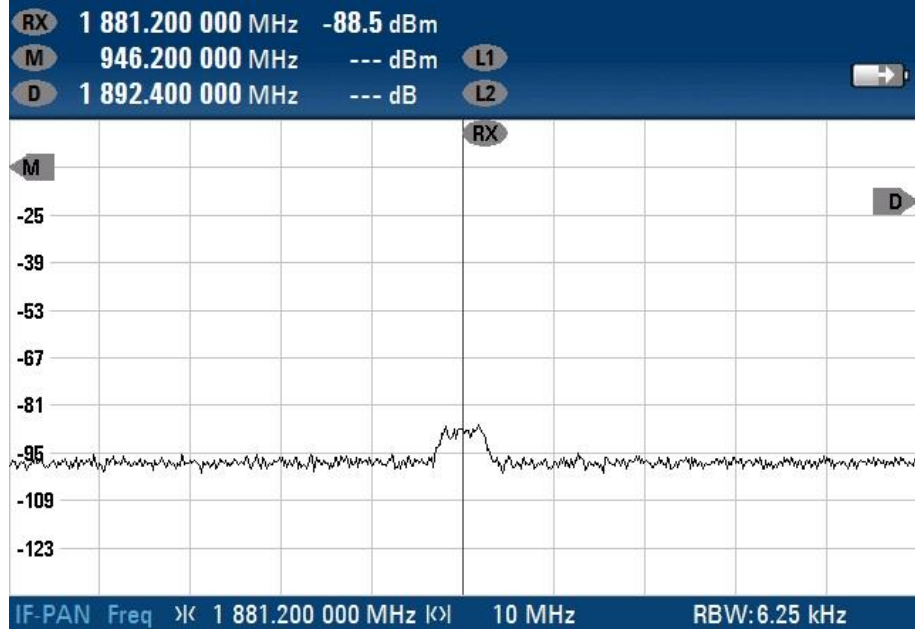


Şekil 4.12. p-n kavşaktan yansiyarak 3807.2 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali

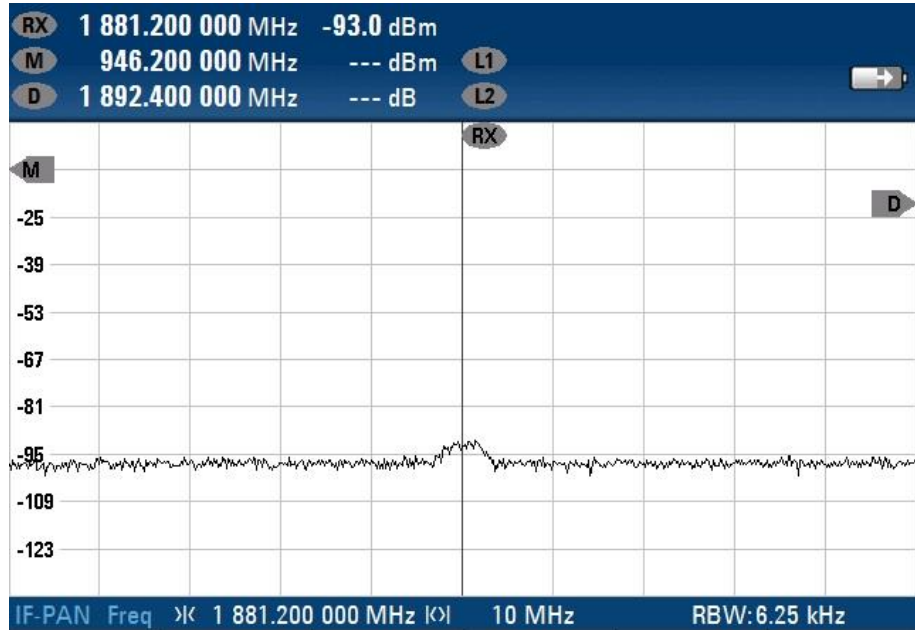


Şekil 4.13. m-m kavşaktan yansiyarak 3807.2 MHz’de oluşan $2 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali

1881.2 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_1 - f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -86 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -93 dBm olarak ölçülmüştür. 1881.2 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’te sunulmuştur.

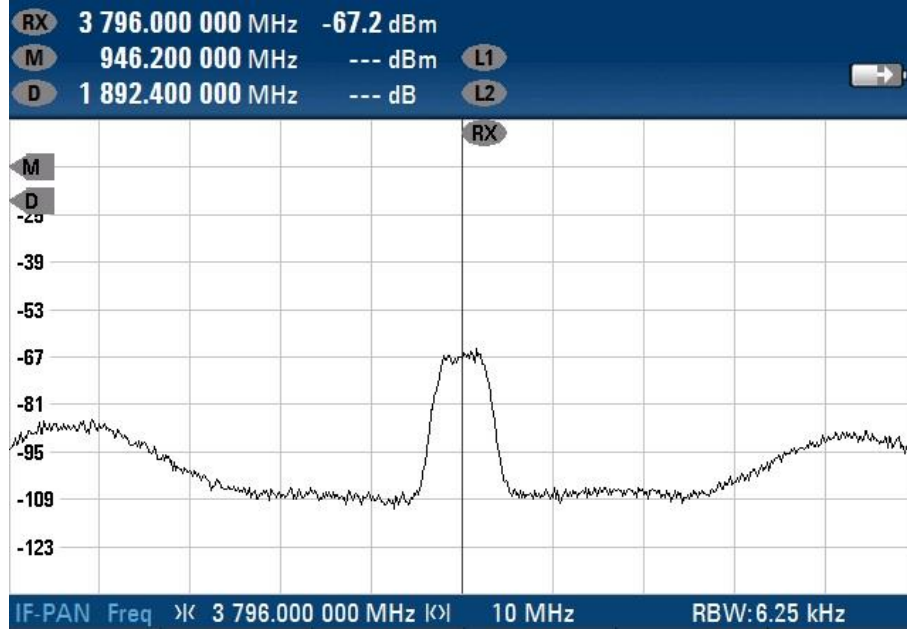


Şekil 4.14. p-n kavşaktan yansiyarak 1881.2 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - f_2$ sinyali

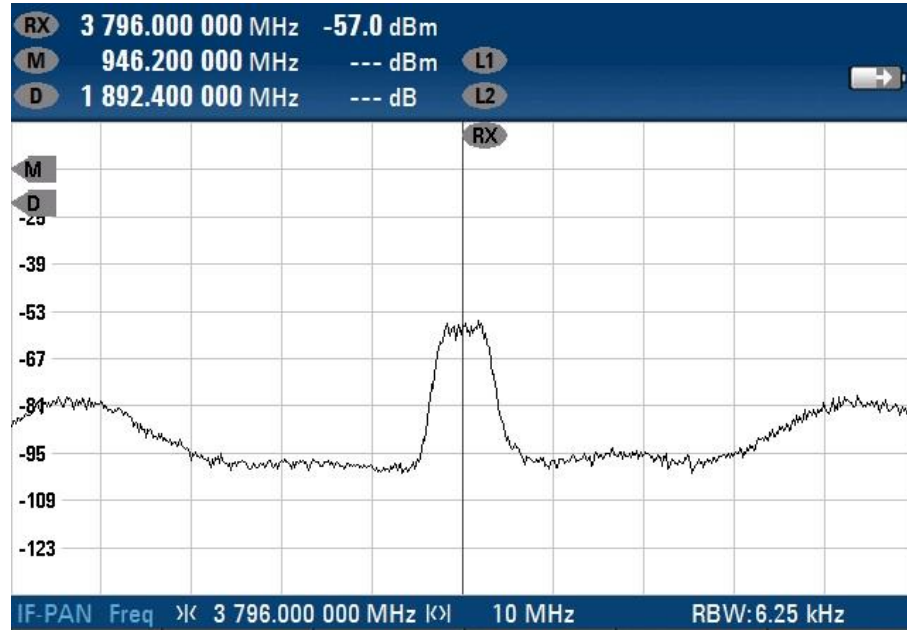


Şekil 4.15. m-m kavşaktan yansiyarak 1881.2 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - f_2$ sinyali

3796 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_1 + f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -69 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -57 dBm olarak ölçülmüştür. 3796 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de sunulmuştur.

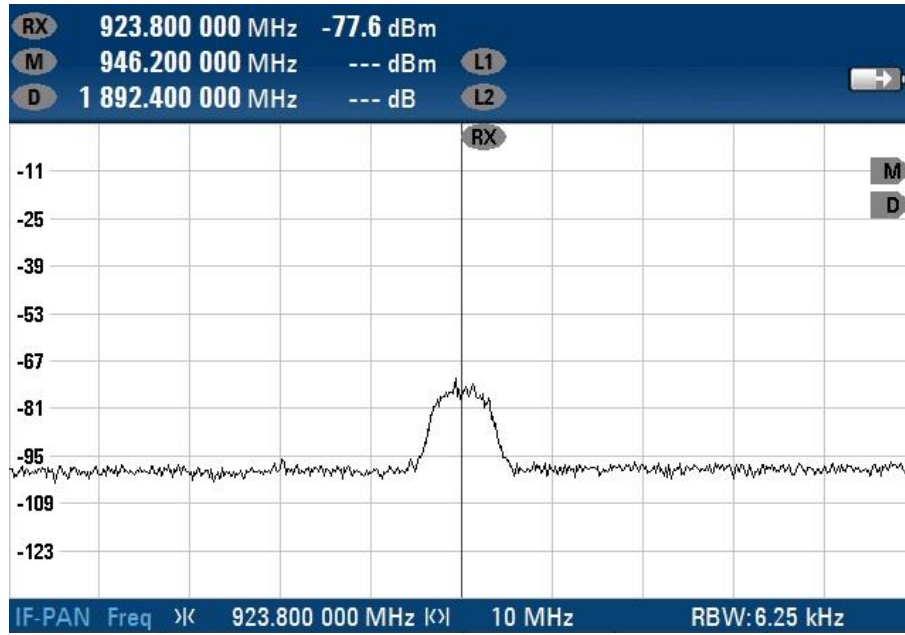


Şekil 4.16. p-n kavşaktan yansiyarak 3796 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + f_2$ sinyali

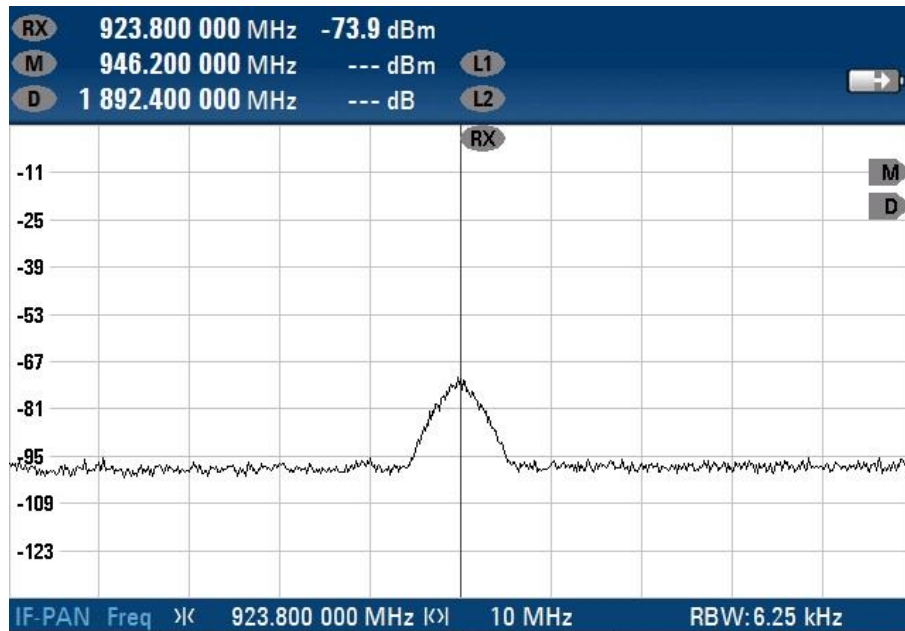


Şekil 4.17. m-m kavşaktan yansiyarak 3796 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + f_2$ sinyali

923.8 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -75 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda yine -75 dBm olarak ölçülmüştür. 923.8 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da sunulmuştur.

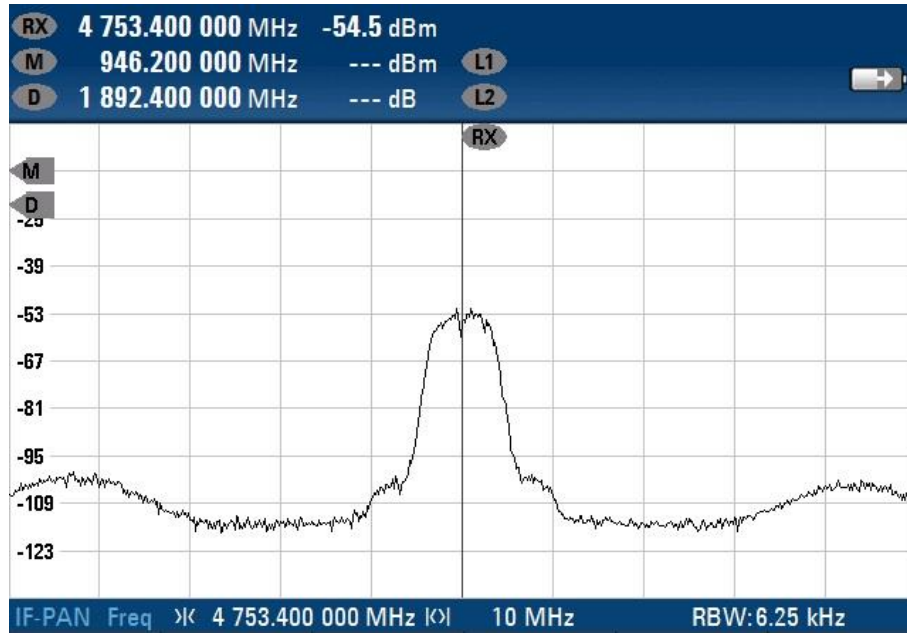


Şekil 4.18. p-n kavşaktan yansiyarak 923.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$ sinyali

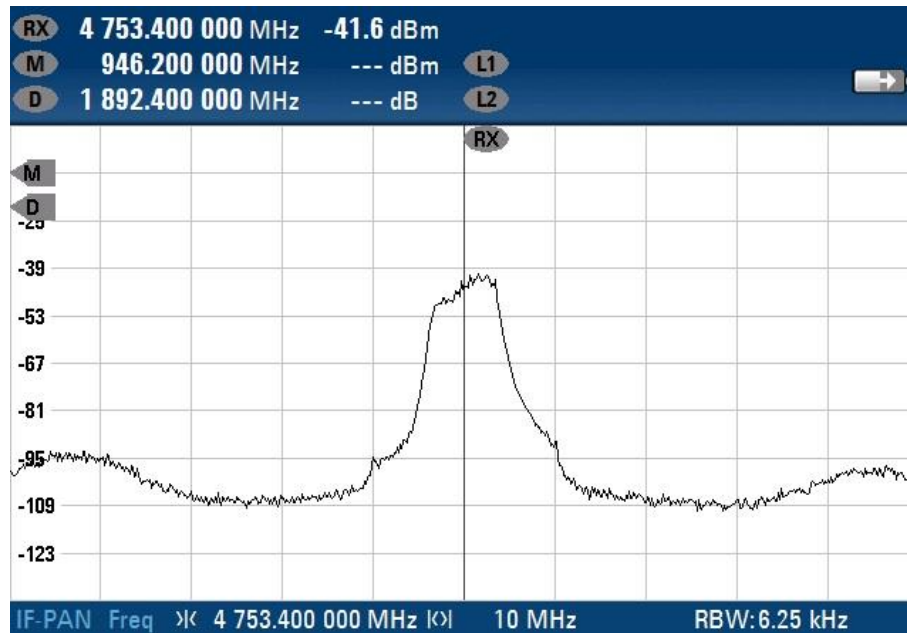


Şekil 4.19. m-m kavşaktan yansiyarak 923.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 - 2 \cdot f_2$ sinyali

4753.4 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -53 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -41 dBm olarak ölçülmüştür. 4753.4 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de sunulmuştur.

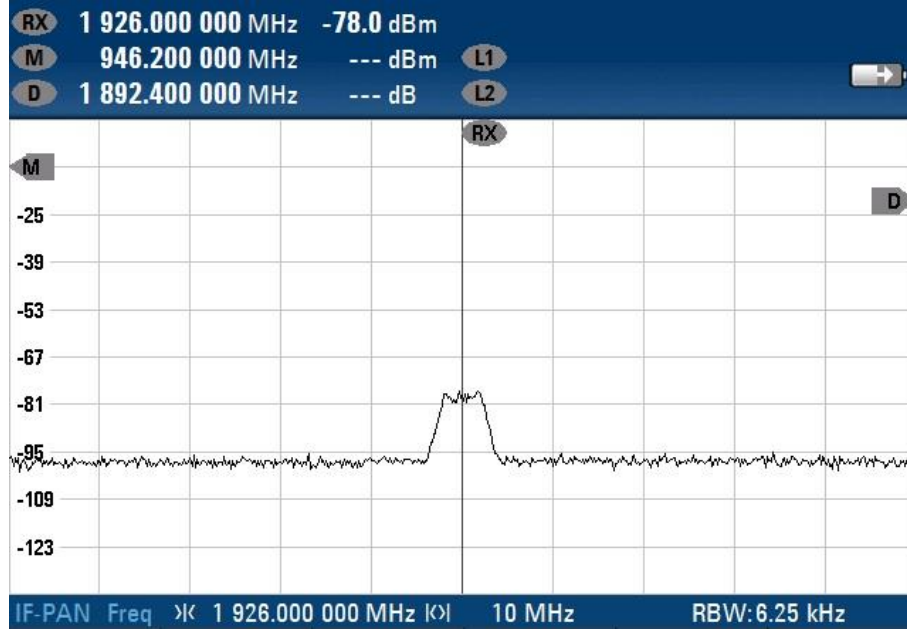


Şekil 4.20. p-n kavşaktan yansiyarak 4753.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali

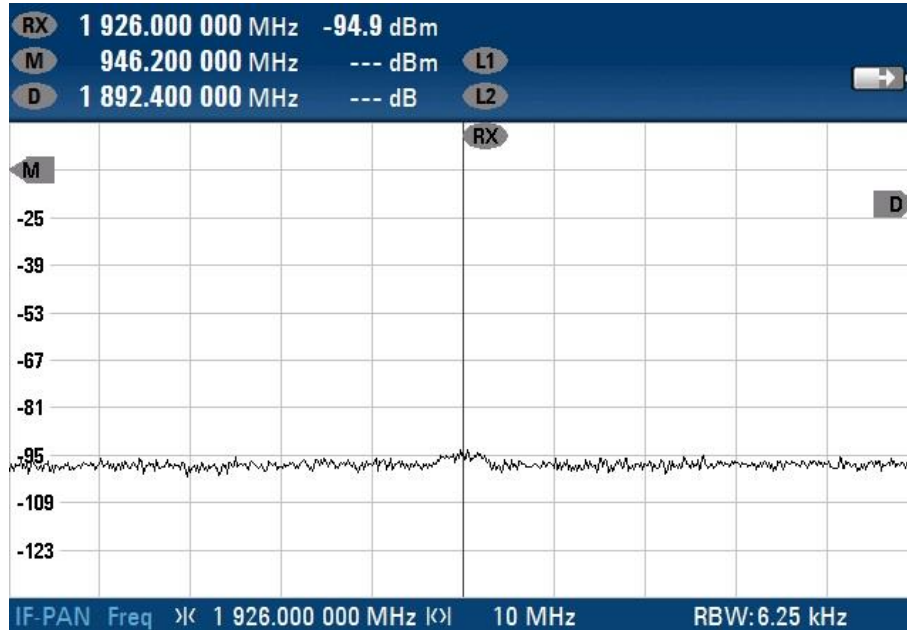


Şekil 4.21. m-m kavşaktan yansiyarak 4753.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 2 \cdot f_2$ sinyali

1926 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_2 - f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -77 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -95 dBm olarak ölçülmüştür. 1926 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’te sunulmuştur.

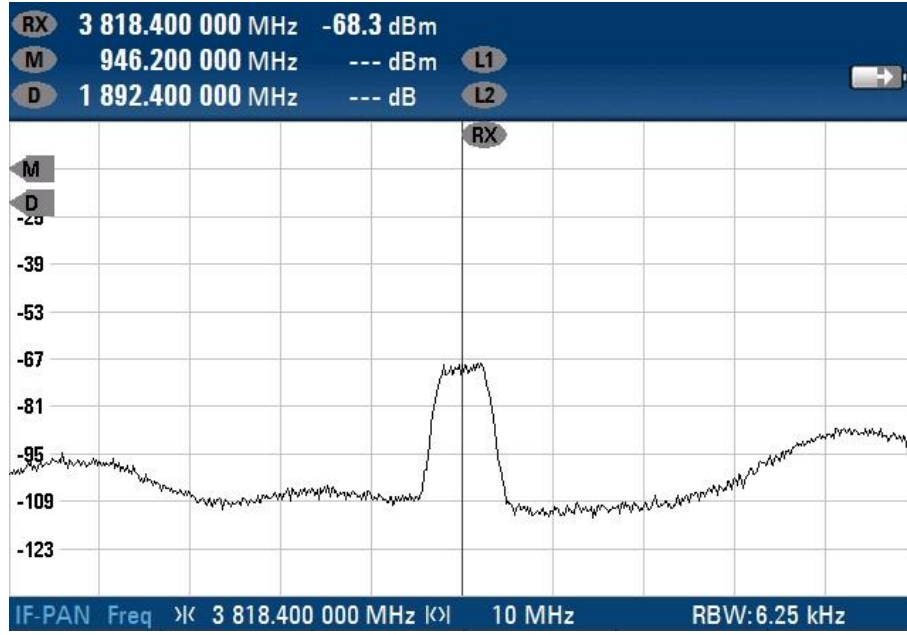


Şekil 4.22. p-n kavşaktan yansiyarak 1926 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - f_1$ sinyali

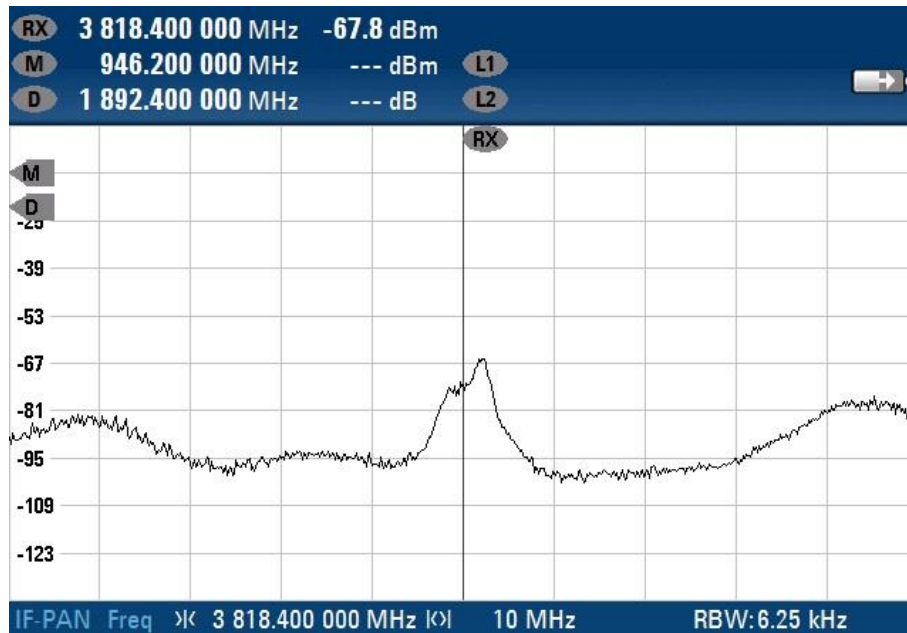


Şekil 4.23. m-m kavşaktan yansiyarak 1926 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - f_1$ sinyali

3818.4 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_2 + f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -70 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -68 dBm olarak ölçülmüştür. 3818.4 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te sunulmuştur.

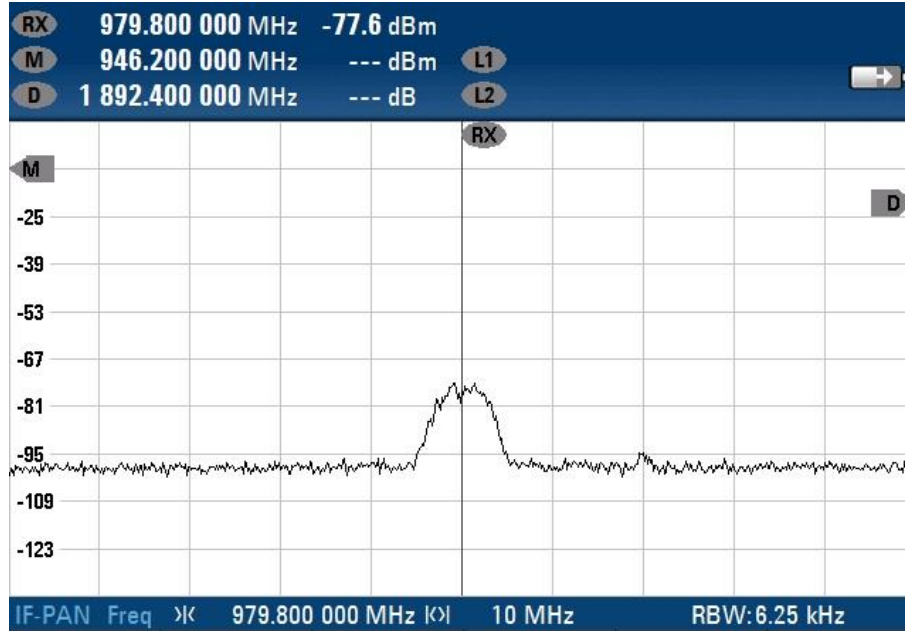


Şekil 4.24. p-n kavşaktan yansiyarak 3818.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + f_1$ sinyali

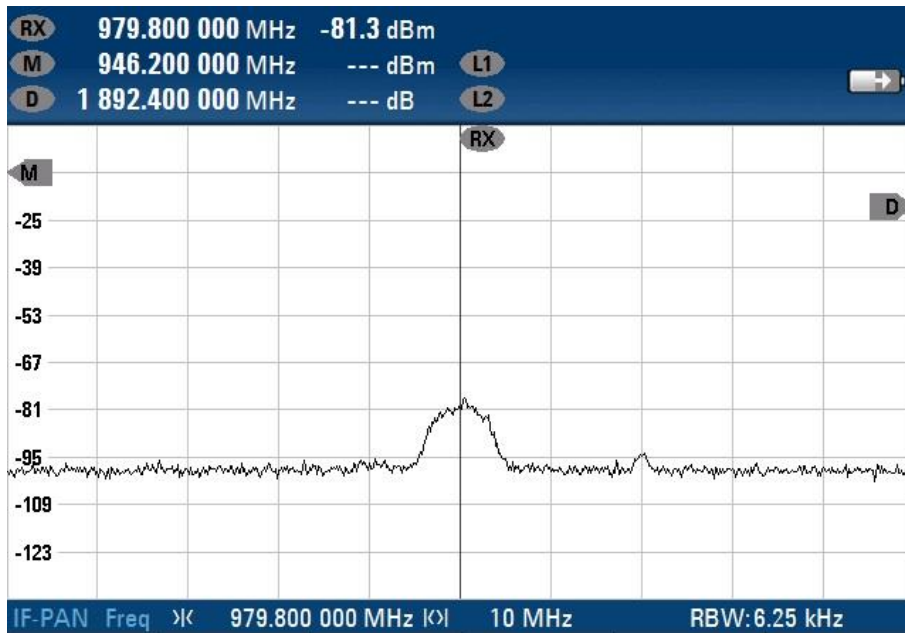


Şekil 4.25. m-m kavşaktan yansiyarak 3818.4 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + f_1$ sinyali

979.8 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -77 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -81 dBm olarak ölçülmüştür. 979.8 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de sunulmuştur.

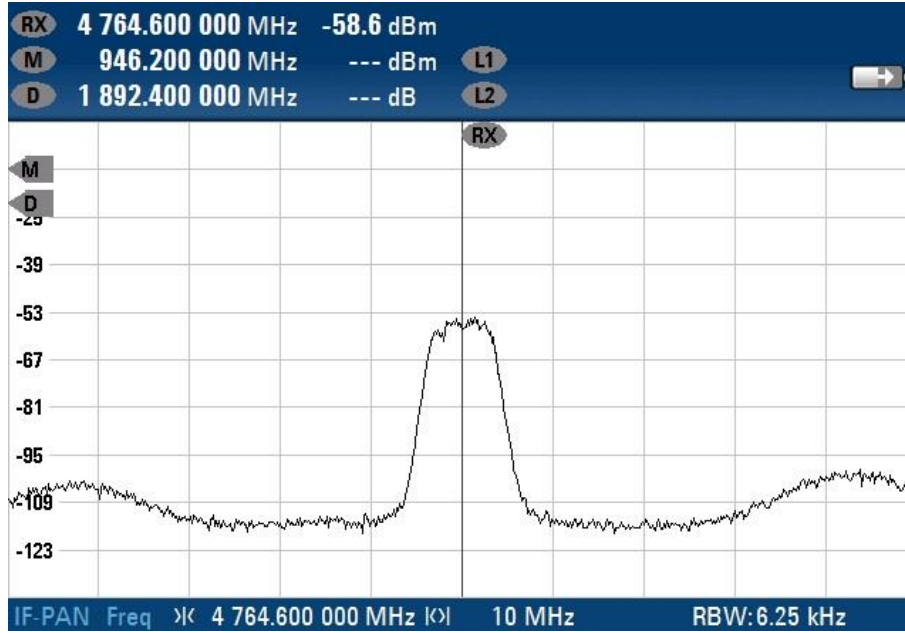


Şekil 4.26. p-n kavşaktan yansiyarak 979.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ sinyali

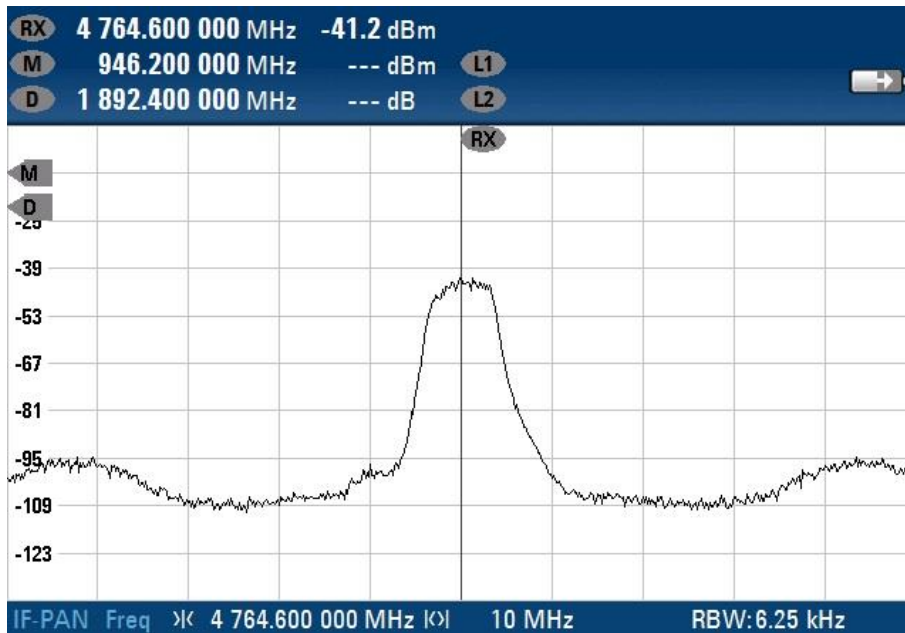


Şekil 4.27. m-m kavşaktan yansiyarak 979.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ sinyali

4764.6 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -56 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -42 dBm olarak ölçülmüştür. 4764.6 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da sunulmuştur.

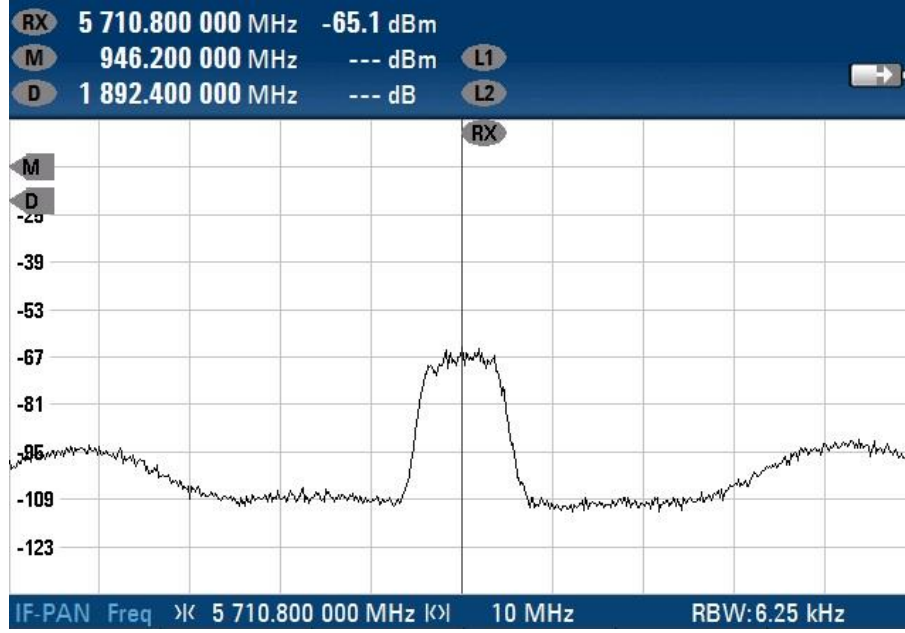


Şekil 4.28. p-n kavşaktan yansiyarak 4764.6 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ sinyali

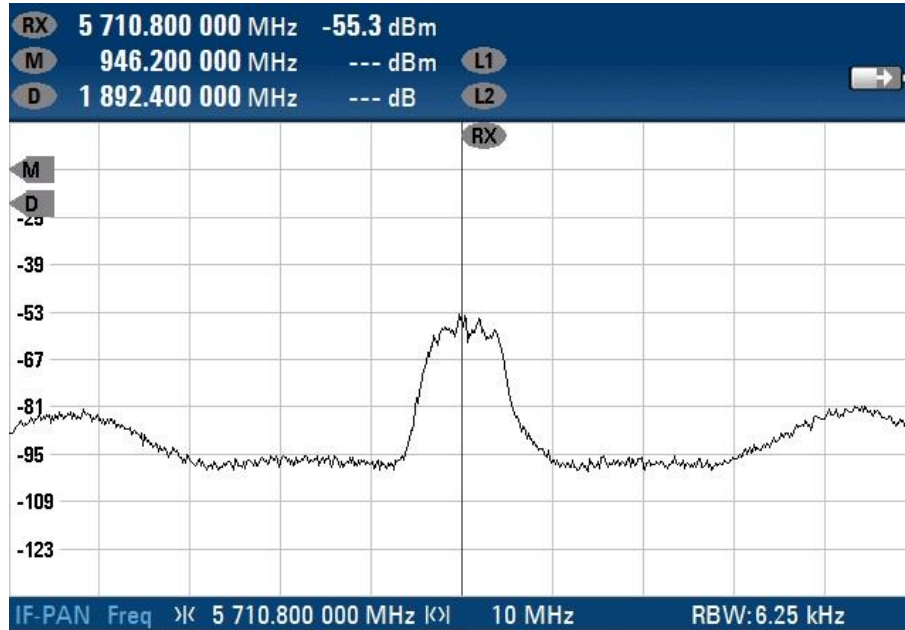


Şekil 4.29. m-m kavşaktan yansiyarak 4764.6 MHz’de oluşan $3 \cdot f_2 + 2 \cdot f_1$ sinyali

5710.8 MHz frekansında oluşan $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ sinyalinin genlik zirve değeri, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda -68 dBm, m-m kavşak bulunması durumunda ise -54 dBm olarak ölçülmüştür. 5710.8 MHz’de oluşan sinyale ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de sunulmuştur.



Şekil 4.30. p-n kavşaktan yansiyarak 5710.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ sinyali



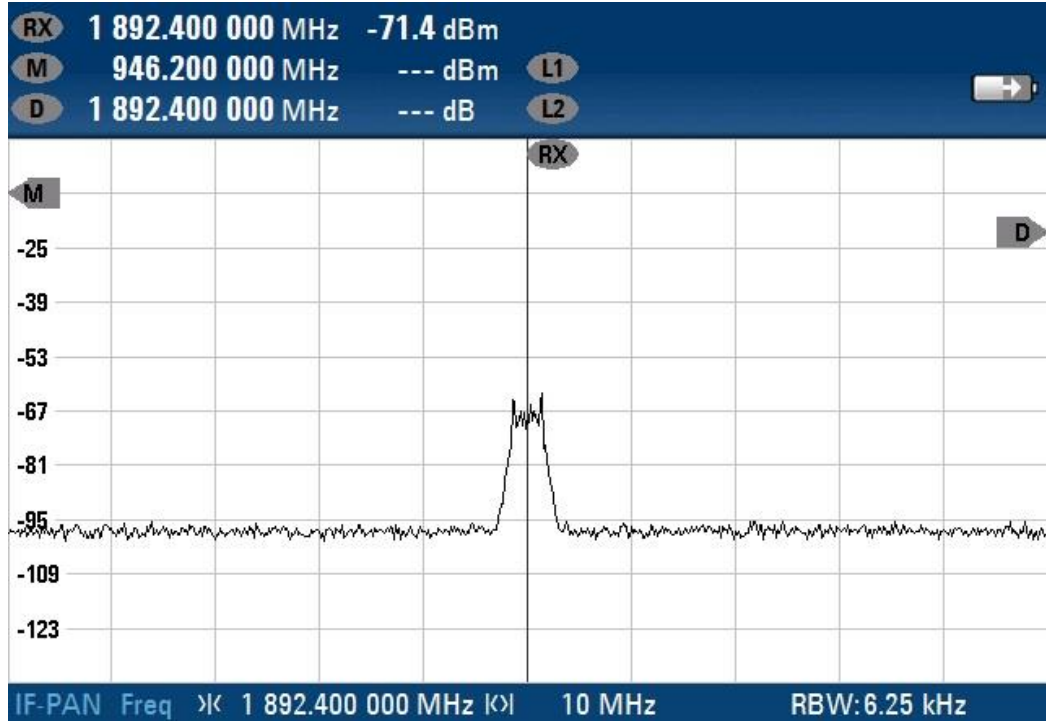
Şekil 4.31. m-m kavşaktan yansiyarak 5710.8 MHz’de oluşan $3 \cdot f_1 + 3 \cdot f_2$ sinyali

Çizelge 4.1’de, f_1 ve f_2 frekanslarındaki uyarı sinyallerinin, sırasıyla, hiçbir kavşak barındırmayan, p-n kavşak barındıran ve m-m kavşak barındıran hedef bölgelere gönderilmesiyle oluşan harmonik sinyallerin zirve değerleri verilmiştir.

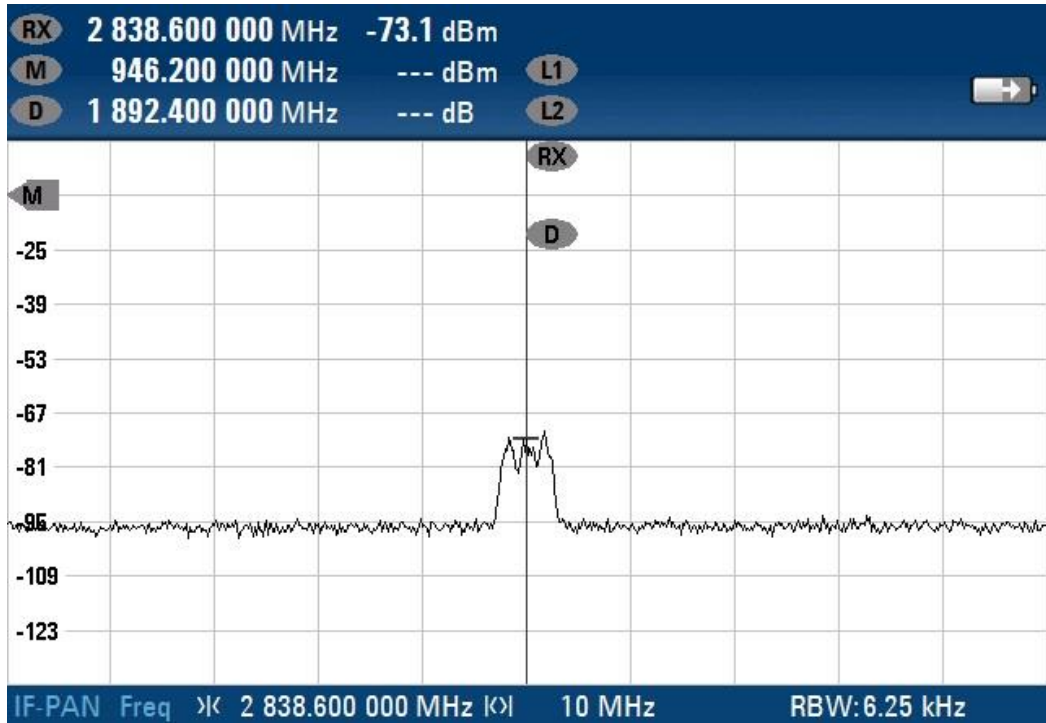
Çizelge4.1. Harmonik sinyaller zirve değer tablosu

Frekans	Frekans (MHz)	Hedef Yok (dBm)	p-n Kavşak (dBm)	m-m Kavşak (dBm)
f1	946.2	-6	-10	-10
f2	957.4	-9	-15	-11
f1+f2	1903.6	-58	-57	-64
2f1	1892.4	-64	-70	-62
2f2	1914.8	-71	-64	-74
2f1-f2	935	-31	-43	-43
2f1+f2	2849.8	-30	-72	-55
2f2-f1	968.6	-46	-48	-48
2f2+f1	2861	-31	-76	-56
2f1+2f2	3807.2	-42	-64	-55
3f1	2838.6	-34	-75	-56
3f2	2872.2	-36	-80	-61
3f1-f2	1881.2	-70	-86	-93
3f1+f2	3796	-46	-69	-57
3f1-2f2	923.8	-49	-75	-75
3f1+2f2	4753.4	-34	-53	-41
3f2-f1	1926	-75	-77	-95
3f2+f1	3818.4	-49	-70	-68
3f2-2f1	979.8	-49	-77	-81
3f2+2f1	4764.6	-34	-56	-42
3f1+3f2	5710.8	-51	-68	-54

Çizelge 4.1’deki veriler ışığında, klasik bir doğrusal olmayan kavşak detektörünün, hedef bölgede kavşak olması durumunda, f_1 frekansındaki uyarı sinyalinden oluşan $2 \cdot f_1$ frekansındaki harmonik sinyalinin genlik zirve değeri -70 dBm, $3 \cdot f_1$ frekansındaki harmonik sinyalinin genlik zirve değeri ise -75 dBm olarak ölçülmüştür. Bu ölçümde, iki harmonik sinyal arasındaki 5 dB’lik sinyal gürültü oranı farkı, klasik doğrusal olmayan kavşak detektörlerinde, kavşağın tespit edilerek p-n kavşak ile m-m kavşağın ayrıştırılmasında kullanılmaktadır. Bu ölçüm sırasında alınan $2 \cdot f_1$ ve $3 \cdot f_1$ harmonik sinyallerine ait frekans spektrum görüntüleri Şekil 4.32 ve Şekil 4.33’te sırasıyla sunulmuştur.



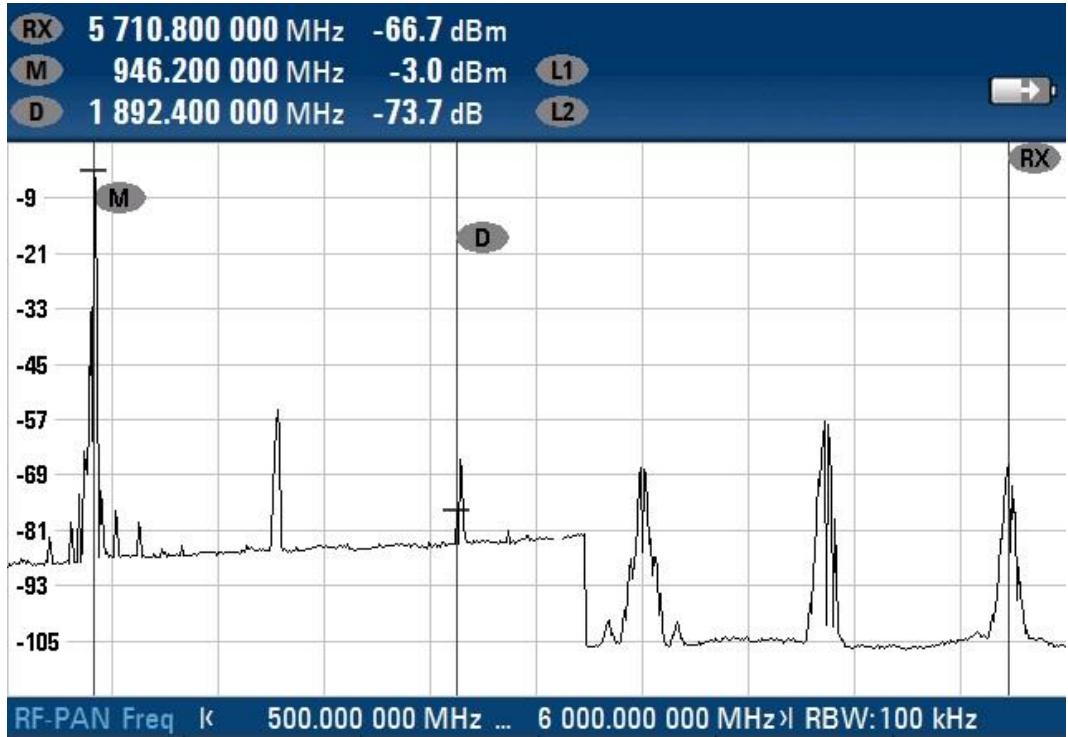
Şekil 4.32. p-n kavşaktan $2 \cdot f_1$ frekansında yansıyan sinyal



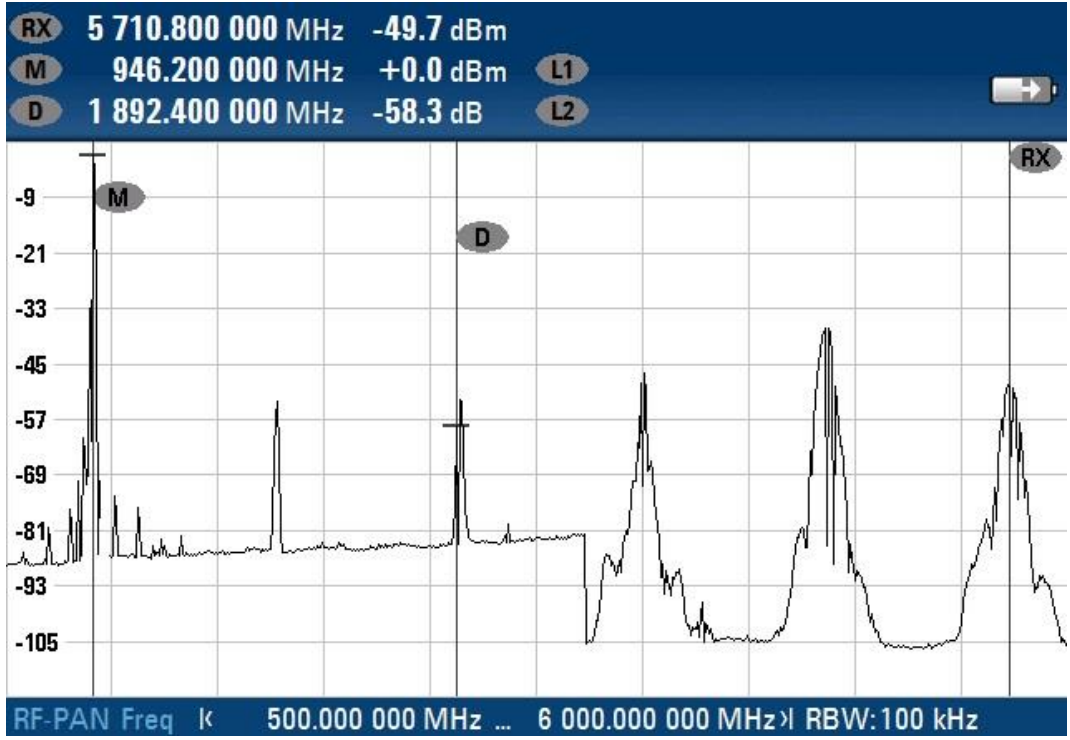
Şekil 4.33. p-n kavşaktan $3 \cdot f_1$ frekansında yansıyan sinyal

m-m kavşakların tespiti için de, yine f_1 frekansının hedef bölgeden yansıyan $2 \cdot f_1$ frekansındaki harmonik sinyalinin genlik zirve değeri -62 dBm, $3 \cdot f_1$ frekansındaki harmonik sinyalinin genlik zirve değeri ise -56 dBm olarak ölçülmüştür. Bu iki harmonik sinyalin genlik zirve değerleri arasındaki 6 dB'lik sinyal gürültü oranı farkı, m-m kavşakların kavşaklardan ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Çizelge 4.1 üzerinde f_2 frekansından oluşan $2 \cdot f_2$ ve $3 \cdot f_2$ harmonik sinyallerinin zirve değerleri ile de, f_1 uyarı sinyali ile elde edilen sonuçların benzeri elde edilmektedir.

p-n ve m-m kavşakların ayırt edilmesi amacıyla kullanılan iki tonlu uyarı sinyallerinden oluşan 1, 2 ve 3 katsayılı tüm yansıma sinyallerinin zirve değerleri incelendiğinde, yalnızca ikinci ve üçüncü harmonik sinyalleri arasında oluşan sinyal gürültü oranı farkından daha büyük farkların oluştuğu, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin performansını artırmak amacıyla bu farkların kullanılabileceği görülmüştür. İki tonlu uyarı sinyallerinden oluşan tüm sinyallere ait spektrum görüntüsü, hedef bölgede p-n kavşak ve m-m kavşak bulunması durumunda, sırasıyla Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'te sunulmuştur.



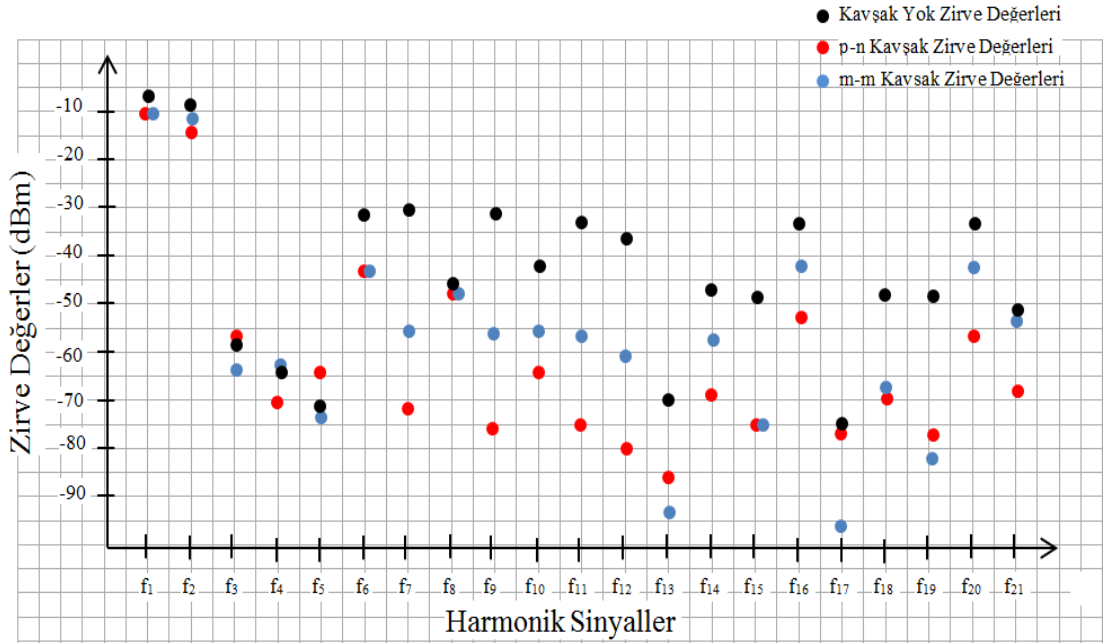
Şekil 4.34. p-n kavşak bulunan hedef bölgede iki tonlu uyarı sinyalinden oluşan yansıma sinyalleri



Şekil 4.35. m-m kavşak bulunan hedef bölgede iki tonlu uyarı sinyalinin yansıma sinyalleri

Çizelge 4.1’de belirtilen ölçüm değerleri incelendiğinde, $2 \cdot f_2 + f_1$ frekansında oluşan sinyalin genlik zirve değerinin, hedefin bulunmadığı bir alandan kavşak barındıran bir alana geçildiğinde yaklaşık -76 dBm, m-m kavşak barındıran bir alana geçildiğinde ise yaklaşık -56 dBm olduğu görülmektedir. $3 \cdot f_2 - f_1$ frekansında oluşan sinyalin ise, hedefin bulunmadığı alandan kavşak barındıran alana geçildiğinde yaklaşık -77 dBm, m-m kavşak barındıran bir alana geçildiğinde ise yaklaşık -95 dBm olduğu görülmektedir. Bu iki frekanstaki sinyallerin, farklı kavşak tiplerine verdiği zirve değer tepkilerinin çok belirgin olduğu, kavşak tiplerinin bu iki frekanstaki değişimlerin analizi sonucu daha verimli bir şekilde ayırt edilebileceği görülmektedir. Hedef bölgeye yöneltilen çift ton uyarı sinyalinin, bölgede kavşağın bulunmadığı, p-n kavşağın bulunduğu ve m-m kavşağın bulunduğu durumlarda oluşan harmonik sinyallerin genlik zirve değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Bu çizelgede görülen frekansların sıralaması, Çizelge 4.1’deki frekans sıralamasıyla aynıdır.

Çizelge 4.2. Uyarı ve harmonik sinyalleri zirve değerleri



Çizelge 4.2 incelendiğinde, hedef bölgede herhangi bir kavşağın olmadığı durumdan, ayrı ayrı p-n ve m-m kavşakların bulunduğu duruma geçildiğinde, en büyük farkların f_7 ile belirtilen $2 \cdot f_1 + f_2$, f_9 ile belirtilen $2 \cdot f_2 + f_1$, f_{11} ile belirtilen $3 \cdot f_1$ ve f_{12} ile belirtilen $3 \cdot f_2$ frekanslarında olduğu görülmektedir. Bu sinyaller içerisinde, hedef bölgede p-n kavşak bulunması durumunda en büyük genlik zirve değer değişiminin f_9 ile belirtilen $2 \cdot f_2 + f_1$ frekansında, 45 dB olarak görülmektedir. Hedef bölgede m-m kavşak bulunması durumunda ise, en büyük zirve genlik değişiminin f_{19} ile belirtilen $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ frekansında, 32 dB olarak görülmektedir. Bu noktadan hareketle, hedef bölgede p-n ve m-m kavşakların ayrı ayrı bulunması durumunda, bölgeye yansıtılan uyarı sinyallerinden oluşan karışık harmonik sinyallerden, $2 \cdot f_2 + f_1$ ve $3 \cdot f_2 - 2 \cdot f_1$ frekanslarında oluşanların, kavşak tespitinde ve ayrıştırılmasında kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Hedef bölgede p-n ve m-m kavşak olması durumunda, tüm harmonik sinyaller arasında oluşan zirve değer farkları sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge4.3. p-n kavşak tepkisi zirve değer farkları

2f1	13																			
2f2	7	-6																		
2f1-f2	-14	-27	-21																	
2f1+f2	15	2	8	19																
2f2-f1	-9	-22	-16	5	-24															
2f2+f1	19	6	12	33	4	28														
2f1+2f2	7	-6	0	21	-8	16	-12													
3f1	18	5	11	32	3	27	-1	11												
3f2	23	10	16	37	8	32	4	16	5											
3f1-f2	29	16	22	43	14	38	10	22	11	6										
3f1+f2	12	-1	5	26	-3	21	-7	5	-6	-11	-17									
3f1-2f2	18	5	11	32	3	27	-1	11	0	-5	-11	6								
3f1+2f2	-4	-17	-11	10	-19	5	-23	-11	-22	-27	-33	-16	-22							
3f2-f1	20	7	13	34	5	29	1	13	2	-3	-9	8	2	24						
3f2+f1	13	0	6	27	-2	22	-6	6	-5	-10	-16	1	-5	17	-7					
3f2-2f1	20	7	13	34	5	29	1	13	2	-3	-9	8	2	24	0	7				
3f2+2f1	-1	-14	-8	13	-16	8	-20	-8	-19	-24	-30	-13	-19	3	-21	-14	-21			
3f1+3f2	11	-2	4	25	-4	20	-8	4	-7	-12	-18	-1	-7	15	-9	-2	-9	12		
	f1+f2	2f1	2f2	2f1-f2	2f1+f2	2f2-f1	2f2+f1	2f1+2f2	3f1	3f2	3f1-f2	3f1+f2	3f1-2f2	3f1+2f2	3f2-f1	3f2+f1	3f2-2f1	3f2+2f1		

Çizelge4.4. m-m kavşak tepkisi zirve değer farkları

2f1	-2																			
2f2	10	12																		
2f1-f2	-21	-19	-31																	
2f1+f2	-9	-7	-19	12																
2f2-f1	-16	-14	-26	5	-7															
2f2+f1	-8	-6	-18	8	1	8														
2f1+2f2	-9	-7	-19	-1	0	-1	-1													
3f1	-8	-6	-18	0	1	0	0	1												
3f2	-3	-1	-13	5	6	5	5	6	5											
3f1-f2	29	31	19	37	38	37	37	38	37	32										
3f1+f2	-7	-5	-17	1	2	1	1	2	1	-4	-36									
3f1-2f2	11	13	1	19	20	19	19	20	19	14	-18	18								
3f1+2f2	-23	-21	-33	-15	-14	-15	-15	-14	-15	-20	-52	-16	-34							
3f2-f1	31	33	21	39	40	39	39	40	39	34	2	38	20	54						
3f2+f1	4	6	-6	12	13	12	12	13	12	7	-25	11	-7	27	-27					
3f2-2f1	17	19	7	25	26	25	25	26	25	20	-12	24	6	40	-14	13				
3f2+2f1	-22	-20	-32	-14	-13	-14	-14	-13	-14	-19	-51	-15	-33	1	-53	-26	-39			
3f1+3f2	-10	-8	-20	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-7	-39	-3	-21	13	-41	-14	-27	12		
	f1+f2	2f1	2f2	2f1-f2	2f1+f2	2f2-f1	2f2+f1	2f1+2f2	3f1	3f2	3f1-f2	3f1+f2	3f1-2f2	3f1+2f2	3f2-f1	3f2+f1	3f2-2f1	3f2+2f1		

Çizelge 4.3 ve 4.4'te, sırasıyla p-n ve m-m kavşaklardan yansıyan sinyallere ait genlik zirve değerleri arasındaki farklar sunulmuştur. Bu değerler dikkate alındığında, her iki kavşak türü için, tek ton uyarı sinyalinden oluşan ikinci ve üçüncü harmonik değerleri arasındaki farktan daha yüksek farka sahip ikili yansıma sinyali kombinasyonlarına ulaşmanın mümkün olduğu görülmektedir. p-n ve m-m kavşakların ayrıştırılabilmesi amacıyla Çizelge 4.3 ve 4.4'teki zirve değer farklarının pozitif ve negatif oluşları göz önünde bulundurularak, birbirlerine en uzak iki değer, p-n kavşakta 12 dB ve m-m kavşakta -18 dB olan $2 \cdot f_2$ ve $2 \cdot f_2 + f_1$

frekanslarında oluşan harmonik kombinasyonlarına ait olduğu gözlemlenmiştir. Bu iki değer arasındaki farkın 30 dB olduğu görülmekte, buna karşın aynı ölçüm değerlerindeki $2 \cdot f_1$ ile $3 \cdot f_1$ ve $2 \cdot f_2$ ve $3 \cdot f_2$ frekanslarındaki harmonik sinyallerin zirve değer farklarının arasındaki mesafenin sırasıyla 11 ve 29 dB olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, iki tonlu uyarı sinyalinin kullanılmasıyla oluşan karışık harmonik sinyallerinden, $2 \cdot f_2$ ve $2 \cdot f_2 + f_1$ frekanslarında oluşanların, doğrusal olmayan kavşak tespit performansını artıracığı gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, doğrusal olmayan kavşakların tespitine yönelik, klasik doğrusal olmayan kavşak detektörlerinde kullanılan yöntem alternatif olabilecek ve detektörlerin çalışma performansını arttıracak yeni bir yöntem önerilmiştir. Çalışma sırasında, doğrusal olmayan kavşakların oluşturduğu tehditler tanımlanmış ve bu tehditlere karşı en çok kullanılan klasik doğrusal olmayan kavşak detektörleri tanıtılmıştır. Daha sonra tanıtılan detektörler karşılaştırılmış, avantaj ve dezavantajları çıkarılmıştır. Ardından, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin çalışma prensibi izah edilmiş ve detektörlerin performansını etkileyen faktörler irdelenmiştir. Doğrusal olmayan kavşakların tespitini ve kavşak türlerini ayrıştırılmasını, tek tonlu uyarı sinyali kullanarak, kavşak üzerinden yansıyan harmonik sinyallerin genlik zirve değerlerini analiz etmek suretiyle gerçekleştiren klasik doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin yanlış alarm oranının düşürülerek çalışma performansının artırılması amacıyla, farklı frekansa sahip iki tonlu uyarı sinyali kullanarak kavşak üzerinden yansıyan çok sayıda harmonik sinyallerinin ve bu harmoniklerden oluşan diğer sinyallerin incelenmesi önerilmiştir.

İki tonlu uyarı sinyallerinin, kavşak üzerinden yansyarak oluşturdukları sinyaller simüle edilerek, kavşakların karakteristik özelliklerinden kaynaklanan ve sinyallerin genlik değerlerini etkileyen katsayılar irdelenmiştir.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada, elektromanyetik gürültüden arındırılmış bir odada, p-n ve m-m kavşaklar üzerine yansıtılan iki tonlu uyarı sinyalinin kavşak üzerinden yansıyan harmoniklerinden oluşan sinyallerin genlik zirve değerleri incelenmiştir. Bu incelemede, doğrusal olmayan kavşak detektörlerinin çalışma performansını arttırabilmek maksadıyla, genlik zirve değer farkları klasik detektörlerin kullandığı harmonik sinyallerden daha fazla olan sinyaller tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, iki tonlu uyarı sinyalinden oluşan $2 \cdot f_2$ ve $2 \cdot f_2 + f_1$ yansıma sinyallerinin kavşak tespit ve ayrıştırılmasında, detektör performansını arttırdığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Arazm, F., Benson, F.A., "Nonlinearities in Metal Contacts at Microwave Frequencies." IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, EMC-22, 3, 142-149, 1980
- [2] Ehlers, G.L., Charters, J.P., "Semiconductor Article Harmonic Identification." U.S. Patent 6,856,275, 2005
- [3] Bailey, G.C., Ehrlich, A.C., "A Study of RF Non-Linearities in Nickel." Journal of Applied Physics, 50, 1, 453-461, 1979
- [4] "What is animal tracking?" erişim adresi: <https://www.movebank.org/node/857>, erişim tarihi: Temmuz, 2015
- [5] Colpitts, B.G., Boiteau, G., "Harmonic Radar Transceiver Design: Miniature Tags for Insect Tracking." erişim adresi: www.reiusa.net/system/products/NJE-4000/NJLDTech.pdf, erişim tarihi: Temmuz, 2015
- [6] "Detect and Locate Hidden Cellular Phones In Prison Cells" erişim adresi: www.ntia.doc.gov/files/ntia/comments/100504212-0212-01/attachments/REI-ORION-NLJD-Detects_Cell_Phones_In_Prison.pdf, erişim tarihi: Temmuz, 2015
- [7] "Technical Specifications of Non-Linear Junction Detector (NLJD)" erişim adresi: <http://bcasindia.nic.in/news/nljd.pdf>, erişim tarihi: Nisan, 2015
- [8] Schubert, H., Kuznetsov, A., "Detection of Bulk Explosives Advanced Techniques Against Terrorism." NATO Science Series, Vol. 138 2004
- [9] Tkach, V.N., Shcherbakov, G.N., "Use of Non-Linear Junction Detectors to Ensure the Safety of IED Search." Detection and Disposal of Improvised Explosives, NATO Security Science Series pp 237-239
- [10] Jones, T.H., "Non-Linear Junction Detector." U.S. Patent No. 006057765A, 2000

- [11] Holmes, S.J., Stephen, A.B., “Non-Linear Junction Detector.” U.S. Patent No. 6897777, 2005
- [12] Aslam, F., “Wideband Harmonic Radar Detection.” PhD Thesis, Durham University, 2008
- [13] Mazzaro, G.J., Anthony, F.M., McNamara, D.M., “Detection of RF Electronics by Multitone Harmonic Radar.” Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on 50.1 (2014): 477-490
- [14] Martins, J.P., Carvalho, N.B., “Multitone Phase and Amplitude Measurement for Non-Linear Device Characterization.” Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on 53.6 (2005): 1982-1989
- [15] Ralph, D.T., “The Detection of Active and Non-Active Eavesdropping Devices Buried In Walls and Furniture.” erişim adresi: <http://pimall.com/nais/n.junction.html>, erişim tarihi: Aralık, 2014
- [16] “Orion NJE 4000” erişim adresi: <http://www.researchelectronics.com/cgi-bin/main.cgi?action=viewprod&ct=products&num=NJE-4000>, erişim tarihi: Temmuz, 2015
- [17] “Orion NJE 4000 User Manual” erişim adresi: http://www.reiusa.net/system/products/NJE-4000/ORION_Manual.pdf, erişim tarihi: Temmuz, 2015
- [18] “Hawk XTS-900” erişim adresi: http://www.winkelmann.co.uk/datasheets/HAWK_XTS-900_NLJD.pdf, erişim tarihi : Temmuz, 2015
- [19] “Hawk XTS-2500” erişim adresi: http://www.winkelmann.co.uk/datasheets/HAWK_XTS-2500_NLJD.pdf, erişim tarihi : Temmuz, 2015

- [20] Jablonski, D.G., "System and Method of Radar Detection of Non-Linear Interfaces." U.S. Patent No. 006765527B2, 2004

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYDEMİR, Coşkun

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 19.10.1985 Samsun

Medeni Hali : Evli

e-mail : caydemir@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2015

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-	Başbakanlık	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

- Aydemir, C., Gürbüz, A.C., Bahçeci, İ., “Non-Linear Junction Detectors: Experimental Performance Analysis.” Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015 23rd. IEEE, 2015