

doğrudan yayın uydularında kullanılabilecek 2,6 GHz bandı ile 12 GHz bandının karşılaştırılması

yazan: J.W. EDENS

çeviren: OĞUZ KIRIMKAN

UDK: 621.396.946:621.397.13

1. GİRİŞ

Doğrudan yayın uydularında kullanılabilecek sıklık bantları 1971 yılında Cenevre'de yapılan Dünya Uzay Uziletişim tdari Konferansında belirlenmiştir. Konferansta alınan karara göre doğrudan yayın uydularının kullanıldığı dizgelerde su bantlar öngörülmüştür:

620 - 790 MHz
2,5 - 2,69 GHz
11,7 - 12,5 GHz

Eindhoven'de bulunan NV Philips HF laboratuvarında çalışmalar, teknolojik nedenlerden ötürü önce-leri daha çok 860 MHz ve 2,6 GHz bantlarında sürdürülmüş, daha sonraları ise 12 GHz bandında araştırmalara başlanmıştır. Yukarda belirtilen bantlardan 620-790 MHz bandının doğrudan yayın uydula-

*J.H.Edens, NV Philips Gloeilawpenfabrieken
Eindhoven
Oğuz Kırımkan, PTT*

rınıla kul hım İması, aynı bandın yüksek güçlü (V S UHI*) vericilerde de kullanılması nedeniyle, olanaklı görülmemektedir. Bu nedenle yazıda yalnızca 2,6 GHz ve 12 GHz bantları üzerinde durulacaktır. 2,6 GHz ve 12 GHz bantlarının her ikisinde de televizyon alıcılarına bir parabolik anten, bir sıklık çevirici ve sıklık bindirmeli (SB) imleri genlik bindirmeli (GB) imlere dönüştürecek bir birim eklemek zorunlu olmaktadır. 2,6 GHz veya 12 GHz bantlarının seçiminde yalnızca alıcı ve verici antenlerin ışın demetleri, yayılım özellikleri belirleyici olmamaktadır. Bu özellikler yanında alıcılara eklenecek birimler de etkin olmaktadır.

2. GENEL

Uydular aracılığıyla iletişimde anten maliyeti alıcı donanımının tüm maliyetinin oldukça yüksek bir bölümünü oluşturur. Anten maliyeti ise anten kazancına, bu ise anten yansıtıcı çapına doğrudan bağlıdır. Çünkü alınan resim iminin niteliği taşıyıcı-gürültü oranı (C/N), alıcının beceri değeri (G_r/T_r) ile belirlenir, burada G_r antenin kazancı, T_r ise Kelvin olarak alıştıraki gürültü sıcaklığıdır.

Bir uydu alışı dizgesinde, anten tarafından alınan güç

$$\frac{P}{R} = \frac{E_s}{4\pi R^2} \times \frac{G_r}{4\pi} \times \frac{1}{k_B} \times L_p$$

eşitliği ile bulunur.

Burada;

- E_s : uydunun etkin izotropik yayılım gücü
- L_p : yol kaybı
- G_r : anten kazancı
- T_r : gürültü sıcaklığı
- B : alıcının AS (ara sıklık) bantgenişliği
- k : Boltzman sabiti = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K'dir.

Bu eşitlikte G_r yerine A_{etkin} yerine A_{etkin} konulduğunda ki burada;

- A_{etkin} : alışı anteninin etkin alanı
- $A_{izotropik}$: izotropik bir kaynağın etkin alanı
- R : uydu ile anten arasındaki uzaklık

olarak tanımlanmıştır; ve "taşıyıcı yoğunluğu"

$$\frac{P}{4\pi R^2}$$

olarak tanımlandığında taşıyıcı-gürültü oranını (C/N) şu şekilde yazmak olanaklıdır:

$$C/N = \frac{P}{4\pi R^2} \times \frac{A_{etkin}}{kTB}$$

Bu eşitlikte $A_{etkin} = nA$ konulacak olursa, burada n , alışı anteninin verimliliğidir, taşıyıcı-gürültü oranı

$$C/N = \frac{P}{4\pi R^2} \times \frac{nA}{kTB} \quad (1)$$

olur.

2,6 GHz ve 12 GHz bantlarında çalışan alıcılar arasında gürültü sıcaklıkları açısından büyük bir fark olmadığı varsayıldığında, C/N oranının kullanılan sıklık bandına bağlı olmadığı görülür. Yani bu durumda C/N oranı yalnızca taşıyıcı yoğunluğuna ve parabolik antenin çapına bağlı olmaktadır.

Buna karşılık alışı dizgesinin birçok özelliği kullanılan sıklık bandının işlevidir. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

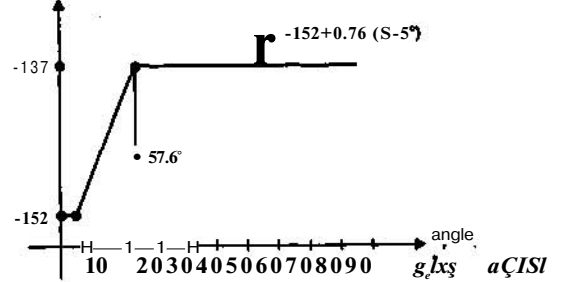
- o güç akı yoğunluğu
- o ışın demeti genişliği
- o parabolik antenin doğruluğu
- o yayılım özellikleri.

3. GÜÇ AKI YOĞUNLUĞU

Uluslararası Radyo Yönetmeliği yer dizgeleri (rad-yolink) ile uydu dizgeleri arasında ortaya çıkabilecek girişimi önlemek amacıyla 12 GHz bandı için bir güç sınırlaması getirmemiştir. Buna karşılık 2,6 GHz bandı için böyle bir sınırlama getirmiştir. Buna göre, 25°'den büyük yükseklik açılarında, bir uydunun dünyada yaratacağı güç akı yoğunluğunun -137 dBV/Hz'i aşmaması gerekmektedir. Bu ise, güney yarımküre üzerine yerleştirilmiş bir uydu için 57,6° enlemine karşılık gelmektedir (Şekil 1).

en büyüJo

güç yoğunluğu



Şekil 1. 2,6 GHz bandı için izin verilebilir güç akı yoğunluğu

Bu güç akı yoğunluğu sınırının herhangi bir 4kHz'lik bantta aşılması zorunludur. Eğer bu güç belirli bir bantta yayılacak olursa, şu şekilde tanımlanabilir:

$$\text{güç akı yoğunluğu} = \text{taşıyıcı yoğunluğu} - 10 \log \frac{\text{yayılma bandı}}{4 \text{ kHz}} \quad (2)$$

(2) eşitliğindeki taşıyıcı yoğunluğu (1)'de yerine konulacak olursa,

$$(C/N)_{d\sigma} = \frac{P}{4\pi R^2} \times \frac{nA}{kTB} + 10 \log \frac{\text{yayılma bandı}}{4 \text{ kHz}} + 10 \log nA - 10 \log kTB \quad (3)$$

bulunur.

Ancak enerji yayma işleminin hangi durumlarda uygulanması gerektiği yönetmeliklerde belirtilmemiştir. NASA tarafından hazırlanmış bir raporda gücün tüm SB'li resim bandına eşit olarak dağıtılması gerektiği belirtilmektedir. Öte yandan Siemens AG'ce hazırlanmış başka bir raporda ise resim imine bağlı olmaksızın 1,5 MHz'lik bir yayma iminin sürekli olarak kullanılması önerilmektedir. ATS-6 uydusu ile 2,6 GHz bandında yapılan deneylerde genellikle 1 MHz'lik güç yayma uygulanmıştır. Bu ise kullanılan anten çapının 3 m olmasını gerektirmiştir. Bu uygulamada yalnız "yapay" güç yayma gözönüne alınmıştır. Eşitlik 3'ten de görüldüğü gibi "yapay" güç yayma, gücün tüm sıklık sapmalı resim SB bandına (20 MHz) eşit olarak yayılması durumunda 37 dB'dir. Aynı şekilde bu değer gücün 1,5 MHz bandında yayılması durumunda 25,4 dB, 0,8 MHz bandı için ise 23 dB'dir. Yani taşıyıcı yalnız başına iken -hiçbir güç yayma imi uygulanmazken- taşıyıcının gücü p ise, 20 MHz bandında bir yayma imi uygulandığında taşıyıcının gücü p-37 dB; 1,5 MHz bandında bir yayma imi uygulandığında p-25,4 dB; 0,8 MHz için ise taşıyıcı gücü p-23 dB olmaktadır.

Şimdi, taşıyıcıya 10 MHz'lik bir sapma yaptıran bir resim imini alalım. Bu resim imine 0,8 MHz ve 1,5 MHz güç yayma uyguladığımızı, bu imi alacak olan alıcının gürültü katsayısının (noise figure) 4 dB, güç akı yoğunluğunun -137 dBW/m² ve alışı anteninin verimliliğinin % 50 olduğunu varsayalım. Bu değerleri eşitlik 3'te yerine koyarak Çizelge 1'deki sonuçları elde etmek olanaklıdır.

yayılan güç (MHz)	anten çapı (m)	bant ortasında C/N oranı (dB)	3 dB yakı zinde C/N oranı (dB)
0,8	1,2	11,8	8,8
	1,5	13,8	10,8
1,5	1,2	14,5	11,5
	1,5	16,5	13,5

çizelge 1. Değişik güç yayma ve anten boyutları için C/N oranı

Çizelgeden de görüldüğü gibi 1,2 m çaplı bir antende 0,8 MHz güç yayma uygulanması durumunda bile C/N oranı eşik değerinin hemen altındadır. Bütün bunlara ek olarak bindirilmiş imlerin neden olduğu "doğal" güç yayma olayı da, kötü koşullarda (beyaz resim) taşıyıcı gücünün 1,5 dB kadar düşmesine yol açar. Ayrıca bindirici gürültüsü ve ön vurgulamada birkaç dB'lik bir düşmeye yol açarak tüm gücün taşıyıcıda toplanmasını önlemeye yardımcı olur. Şimdiye değin yapılan çalışmalar gönderilen resim imine uygulanan 0,8 MHz'lik güç yayma iminin, 1,2-1,5 m çaplı antenler kullanılarak yönetmelikte öngörülen güç sınırı koşulunu sağlayacağını göstermektedir. 1,5 MHz'lik güç yayma ile daha rahat bir çalışma sağlanmaktadır, ancak bunun için televizyon alıcılarında 0,8 MHz'lik güç yayma için gerekenden daha pahalı ve kar-

masık yöntemler kullanmak zorunluluğu ortaya çıkacağından 0,8 MHz yeğlenmiştir.

4. IŞIN DEMETİ GENİŞLİĞİ

Diğer uydulardan alınan istenmeyen imlere karşı koruma, verici ve alıcı antenlerin seçiciliğine bağlıdır.

Bir yaklaşım olarak parabolik bir antenin yarı güç ışın demeti genişliği

$$\phi = \frac{70 \cdot X}{D}$$

eşitliği ile tanımlanabilir. Burada;

X : alınan imin dalga boyu

D : parabolik yansıtıcının çapıdır.

(X ve D'nin birimleri aynıdır).

2,6 GHz için, 3 ve 1,20 m çaplı antenlerde yarı güç ışın demeti genişliği sırasıyla 2,7° ve 7° dir.

Çok geniş ışın demetinin sakıncalarını şöyle sıralayabiliriz:

- Yer dizgelerinin (radyolink) girişime yol açma olasılığı yüksektir,
- Diğer uydulardan alınan istenmeyen inler, çapraz bindirime ve entermodülasyona veya eş kanal girişimine yol açabilmektedir.

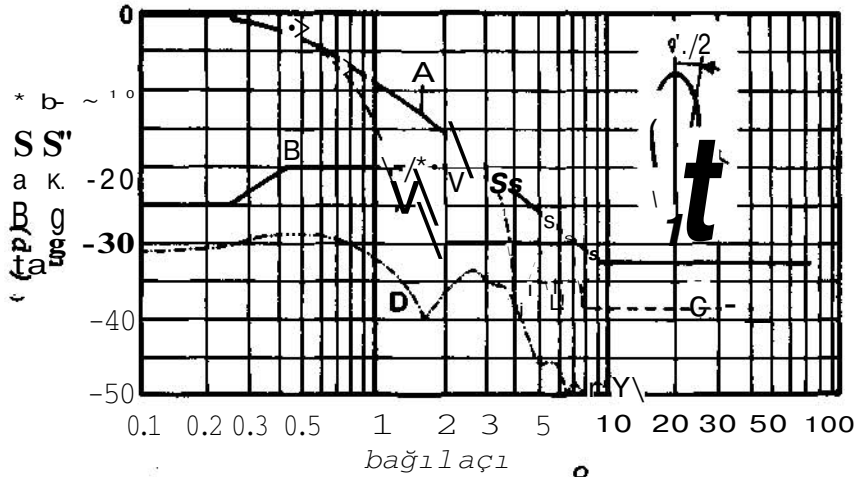
Genel olarak, çapraz bindirim ve entermodülasyon etkisi yayın uydularında, yerde kurulu vericiler tarafından yayımlanan normal genlik bindirimli ÇS ye AIS imlerin alınması sırasında görüldenden daha azdır. Bunun nedeni, uydudan alınan imlerin genliklerinin hemen hemen aynı olması ve SB-SB girişimin GB-GB girişime göre daha az rahatsız edici olmasıdır. SB'li imlerde, eş kanal girişim için 22 dB'lik girişim oranı izleyici tarafından ancak anlaşılabilir bir girişimi belirtir. Ancak bu değer tam sınır değer olduğundan hiçbir emniyet payı yoktur. Bu nedenle, belli bir emniyet payı bırakmak üzere bu değer genellikle 30 dB olarak seçilir. Daha önce belirtildiği gibi, koruma oranı girişime yol açan uydunun veriş anteninin özelliğine ve alışı kullanılan parabolik antenin seçiciliğine bağlıdır. Bu durum Şekil 2'de görülmektedir.

Eş kanal girişimi için gerekli 30 dB'lik koruma oranının yarısının alıcı anteninin seçiciliği ile sağlandığı varsayılacak olursa, $\langle D \rangle_0^2$ bulunur, tki anten örneği Çizelge 2'de görülmektedir.

sıklık (GHz)	D (m)	K (derece)	S(-15 dB) (derece)	G(ISO) (dB)
2,6	1,2	7	14	27
12	0,8	2,2	4,4	37

çizelge 2. İki antenin yönlendirilme özellikleri

Çizelgeden de görüldüğü gibi 12 GHz'de çalışmada sağlanan seçicilik özelliği, 2,6 GHz'de sağlanabilenden çok üstündür. Ancak, aynı kanaldan yayın yapan uyduların birbirlerine çok yakın



Şekil 2. CCIR 11/258 dokümanına göre uydudan doğrudan alıcılara gönderilen imleri alan antendeki eş kutuplu (A) ve çapraz kutuplu (B) bileşenler için dayanak örüntü. (C) ve (D) Şekil 6. 'da görülen 1,6 m çaplı antende yapılan ölçümler sonucu elde edilen eğrilerdir.

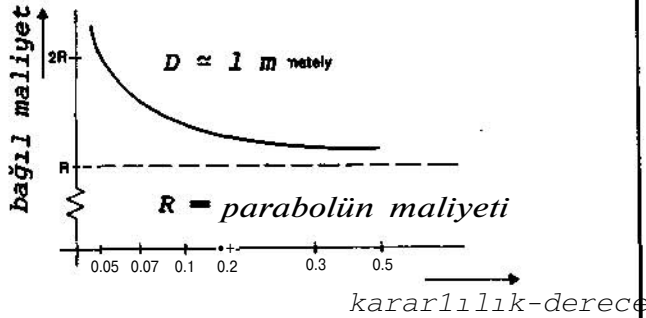
olmaları ($\Delta > 14^\circ$) ve uydunun verici anteninde ayrı bir girişim bastırma (-15 dB) sağlanması koşullarıyla 2,6 GHz bandında çalışma elverişli olabilmektedir.

5. PARABOLİK ANTENİN DOĞRULUĞU

Bir parabolik antenin doğruluğu

- Uyduyu sürekli ve kararlı bir biçimde izlemek açısından antenin yapısının ve parabolik yansıtıcının mekanik dayanıklılığına,
- Antenin yapımı sırasında kuramsal paraboloid şekilden sapmaya bağlıdır.

Antenin kararlılığında görülen bozulmaların en önemli nedenleri güçlü rüzgarlar ve sıcaklık değişiklikleridir. Bu etkenler, alınan imin şiddetinde oynamalara yol açar. Yaklaşık 1 m çapında parabolik bir antenin maliyetinin, anten kararlılığıyla değişimi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Kararlılığın işlevi olarak bağıl maliyet

12 GHz bandında çalışan bir dizgede, yüksek kararlılık (0,2) sağlamak için maliyette ortaya çıkacak artış çok büyük değildir. 2,6 GHz bandındaki bir dizgede kullanılan 1,2 m veya 1,5 m çaplı parabolik antenlerde ise yüksek kararlılık için karşılaşılabilecek maliyet artışı çok küçüktür.

Kuramsal paraboloid'ten sapma (Şekil 4)

Kuramsal parabol ($y^2 = 2px$)'den sapmaları iki bileşene ayırarak incelemekte yarar vardır:

- 1) Kuramsal parabolden sapma sonucu ortaya çı-

kan kuadratik olmayan eğriye en yalçın yeni bir parabol çizilir. Çizilen bu yeni kuadratik parabol için yeni bir odak noktası saptanır ($1/2 p'$). Bundan sonra ışıtıf yayıcı aygıt bu yeni odağa kaydırılır.

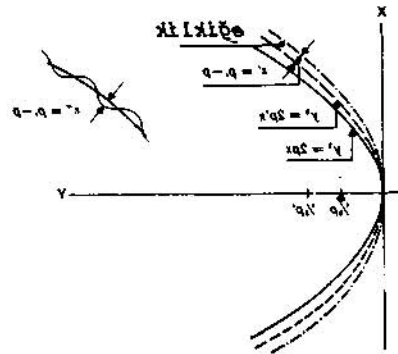
Antende yapılan bu düzeltme, kazancı olumsuz yönde etkiler. Kuadratik parabol ile kuadratik olmayan eğri arasındaki farkın (e') neden olduğu sapma anten kayıplarının artmasına yol açar.

- 2) Bunun dışındaki sapmalar ise yüzey düzensizlikleri olarak nitelendirilir.

(p-p) parabolik yüzeye dik olarak ölçülmüş yüzey düzensizlikleri ise, r.m.s. sapma

$$e''_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - p)^2}{n-1}}$$

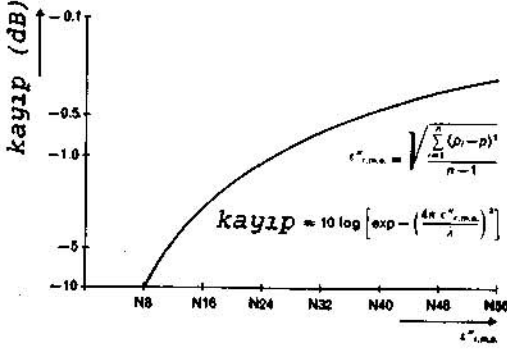
eşitliğinden bulunur.



Şekil 4. Kuramsal parabolden sapma

Bulduğumuz bu E'_{rms} değeri

$$\eta_{yüzey} = \exp \left[- \left(\frac{4Tr e''_{rms}}{\lambda} \right)^2 \right]$$



Şekil 5. Kuzey düzensizliklerinin neden olduğu kayıplar

eşitliğinde yerine konularak, yüzey düzensizliklerinin yol açtığı kayıpları hesaplamak olanaklıdır. Herhangi bir dizgede bu nedenle ortaya çıkacak kayıpların 1 dB'i aşmaması öngörüldüğü takdirde, eğrinin r.m.s. sapmasının A/26 olması yeterlidir, yani, 12GHz'lik bir anten için 1 mm, 2,6 GHz'lik bir anten için ise bu sapma 4,5 mm olabilir.

Bu değerler 12 GHz'te çalışan 0,8m-1,2 m çaplı antenlerle gerçekleştirilebilir. Ancak bunun için antenin yapımı sırasında birtakım özel işlemlere gerek bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çaptaki antenlerde maliyet çalışma sıklığı ile doğrudan ilişkilidir, yani, çalışma sıklığı yükseldikçe maliyet de artar. Ancak bu ilişki sürekli üretilen 2-3 m. çaplı antenler için geçerli değildir. Yukarıda sözünü ettiğimiz özel işlemlere 12 GHz'te çalışacak antenlerde gerek duyulurken, 2,6 GHz'te çalışacak antenlerde buna gerek yoktur. Örneğin 2,6 GHz için 9 mm'lik tel kafes antenler kullanılabilirken, 12 GHz'te kapalı parabolik antenler kullanmak zorunlu olmaktadır. Bu tür antenlerde kullanılan malzeme ve aygıtların maliyeti diğer antenlere göre daha azdır ancak bu antenlerde işçilik fazla olduğundan bunların üretimi genellikle işçi ücretlerinin düşük olduğu ülkelerde yapılır. 12 GHz ve 2,6 GHz sıklık bantlarında çalışan antenleri karşılaştırmak için, Şekil 6'da iki örnek görülmektedir.

6. YAYILIM ÖZELLİKLERİ

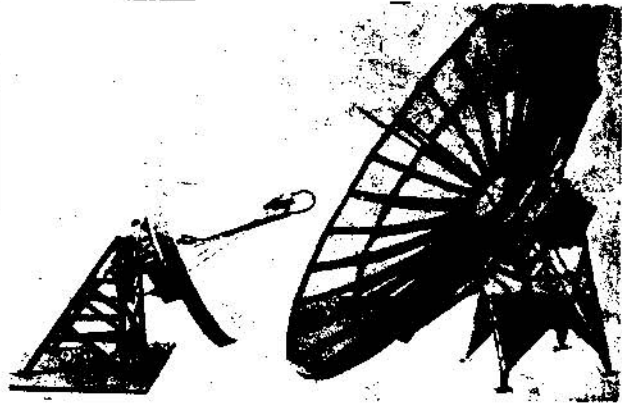
2,6 GHz sıklık bandı

Bu sıklık bandında iyonosfer ve sintilasyon etkileri yok denecek kadar azdır. Aynı şekilde buz kristallerinin, dolunun ve karın bu sıklıktaki yayılıma etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Yağmurun neden olduğu zayıflama ise 0,1-0,2 dB kadardır.

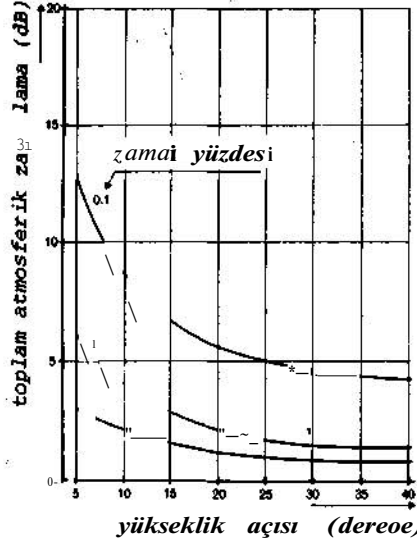
12 GHz sıklık bandı

Bu bantta da 2,6 GHz bandında olduğu gibi iyonosfer etkisi yoktur. Fakat, troposferik etkiler, özellikle yoğun tropikal yağmurların neden olduğu etkiler oldukça fazladır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yapılan araştırma ve hesaplar; ılıman iklimli bölgelerde yağışların neden olduğu zayıflamanın yılın % 0,1'i kadar bir süre için 5,7 dB'i bulabileceğini göstermiştir (Şekil 7).

Günümüzde, teknik dokümanlarda yağışlardan ötürü ortaya çıkan toplam zayıflamanın 2 ila 10 dB ol-



Şekil 6. 12 GHz; 1,6 m parabolik anten (solda) ve 2,6 GHz; 3,05 m/9 nrritel kafes anten (sağda) gösterilmektedir. 10 dB zayıflamaya özellikle tropikal bölgelerde rastlanmaktadır. ATS-6 uydusu ile yapılan deneyler sırasında yapılacak ölçümlerin daha kesin sonuçlar vermesi beklenmektedir. Ancak, bugün kesin olarak yağışların neden olduğu zayıflama açısından özellikle tropikal bölgelerde 2,6 GHz'in 12 GHz'e göre daha üstün olduğunu söylemek olanaklıdır.



Şekil 7. 11,5 GHz'teki toplam atmosferik zayıflama

7. ALICILARA EKLENECEK BİRİMLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMA

Daha öncede belirtildiği gibi doğrudan yayın uydularından yapılan televizyon yayınlarını günümüzde kullanılan alıcılarda alabilmek olanaksızdır. Bunu sağlayabilmek için alıcılara yeni birimlerin eklenmesi zorunludur. Eklenmesi gereken bu birimlerden biri de 12 GHz veya 2,6 GHz bandında uydudan gönderilen imleri televizyon alıcısının girişine uygun bir banda getirmeye yarayan sıklık çevirici birimidir. Parabolik antenin hemen yanına yerleştirilecek olan sıklık çevirici biriminin yapısı aşağıdaki nedenlerden ötürü imin sıklığına bağlıdır:

- a) seçilecek ara sıklık (AS)
- b) kullanılacak devre ve yarıiletkenler
- c) uygulanacak teknoloji

AS'nin seçimi

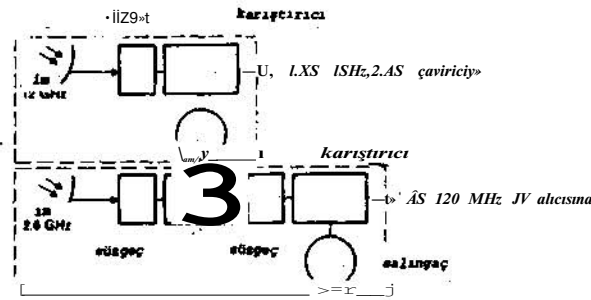
Uydudan 2,6 GHz bandında gönderilen imleri alabilmek için kullanılacak sıklık çevirici biriminin 2,6 GHz bandını doğrudan 120 MHz AS'ye çevirmesi olanaklıdır. 12 GHz bandında ise bunu tek bir çevirme ile sağlamak olanaksızdır, bu nedenle 12 GHz için iki çevirme işlemine gerek vardır. Bu iki ara sıklığın doğru seçilmesiyle, örneğin 12 GHz bandındaki imleri önce, yaklaşık, 1 GHz birinci ara sıklığa çevirmek, daha sonra 1 GHz'teki imleri 120 MHz ikinci ara sıklığa çevirmekle, tek bir ara sıklığın kullanıldığı dizgelere göre şu üstünlükler sağlanabilir:

- ikinci salınç, gereğinde, kanal seçme işlemi için kullanılabilir;
- ikinci salınç devresi üzerine uygulanabilmesi nedeniyle otomatik sıklık denetimi kullanımını daha kolaydır;
- birinci ara sıklığın yüksek seçilmesi, salınçın yol açtığı istenmeyen yayılımı önlemeye ve gürültünün düşük tutulmasında kolaylık sağlar.

Öte yandan, çift sıklık çevirme işleminin yapılabilmesi için daha fazla elemana gereksinim vardır, bu ise maliyetin, diğer çeviriciye (tek sıklık çevirmeli) göre yüksek olmasına neden olur.

Devre ve yarıiletkenler

Günümüz teknolojisinde, düşük maliyetli radyo sıklık (RS) yükselteç yarıiletkenleri yalnızca 2,6 GHz için bulunmaktadır. Soğutmasız parametrik yükselteçler ve Ga-As MOVAET (metal oksit yarı iletken alan etkili tranzistor) günümüzde maliyetleri nedeniyle uygun olmamaktadır. Bu nedenlerden ötürü her iki dizge değişik devre yapısı gerektirmektedir (Şekil 8)

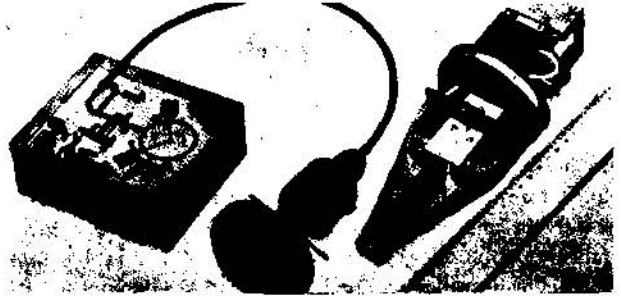


Şekil 8. İz ve 2,6 GHz çeviricilerin öbek çizimi, ~2. Bölümde de belirtildiği gibi, yukarıda sözünü ettiğimiz iki dizge arasında taşıyıcı-gürültü oranı (C/N) açısından çok az bir fark vardır. Uygulamada bu, günümüzde kullanılan elemanlarla, alıcı dizgelerde 2,6 GHz sıklığında çalışmakla elde edilebilen gürültü katsayısının, 12 GHz sıklığındaki gürültü katsayısına göre 2 dB daha iyi olması demektir.

Teknoloji

Genel olarak, bu sıklıklarda çalışacak elemanların sürekli üretimine olanak vermek amacıyla, bu elemanlar için mikrodalga tümleşik devre tekniği kullanılacaktır. Mikrodalga tümleşik devre tekniğinde alttaş (substrate) kullanmak zorunlu olacağından, alttaşın yol açacağı kayıplar ise sıklık arttıkça artacağından, 2,6 GHz sıklığı i-

çin kullanılacak alttaşın (birinci sınıf plastik) maliyeti 12 GHz için kullanılabilecek (kayıpları düşük tutmak amacıyla alüminyum oksit veya kuartz) göre daha düşük olacaktır. Bunun dışında, 12GHz için kullanılacak malzemenin ve devrelerin toleransları diğerine göre çok daha küçük tutulmak zorundadır. Uygulanan tekniklerin karşılaştırılması Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. 2,6 GHz çevirici çapraz kutuplanmış dipol (solda) ve 12 GHz çevirici boynuz anten

Yukarıda verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi 2,6 GHz için, 12 GHz göre, daha az karmaşık teknikler kullanılabilir. Bu durum özellikle üçüncü dünya ülkeleri için 2,6 GHz bandının daha uygun olacağı anlamına gelir. Bir diğer önemli nokta da, 12 GHz yerel salınç için kaliteli bir oyuk (cavity) kullanmak gerekirken, 2,6 GHz için daha basit ve daha ucuz bir kutu tasarımı yapılabilir. Sonuç olarak, uydudan gönderilen 12 veya 2,6 GHz bandındaki imleri bugün kullanılan alıcılara alabilmek için alıcılara eklenecek olan ve 12 veya 2,6 GHz bandını alıcı girişine uygun bir banda getirecek olan sıklık çeviricilerin maliyetleri karşılaştırıldığında, 2,6 GHz bandı için kullanılacak çeviricinin maliyetinin, 12 GHz için kullanılacak olana göre yaklaşık 1,5 kat daha ucuz olacağını söyleyebiliriz.

8. SONUÇ

2,6 GHz, kullanılabilir bant genişliğinin daha dar olması nedeniyle kanal yerleşim planlamasına daha az olanak vermesine rağmen birçok üstün yanları vardır. Güç akı yoğunluğu kısıtlamasına rağmen, 2,6 GHz bandında küçük çaplı -örneğin 1,2-1,5m- antenler kullanmak olanaklıdır. Ayrıca 2,6 GHz bandında, özellikle tropikal bölgelerde uydudan yere doğru olan yayınlarda önemli bir etken olan yağmur zayıflaması sorun olmaktan çıkmaktadır. Kullanılacak teknik 2,6 GHz için 12 GHz'e göre daha basit olduğundan, 2,6 GHz daha ucuz malolacaktır. Sıklığın 12 GHz'e göre düşük olması, 2,6 GHz için kullanılacak parabolik antenlerde yapım sırasındaki toleransların daha geniş tutulabilmesine olanak verecektir. Örneğin 9 mm'lik tel kafes 2,6 GHz için kullanılabilir. Öte yandan, yağmur zayıflamasının daha önemsiz olduğu ılıman iklim bölgelerinde bulunan ve yoğun iletişim trafiği olan ülkeler için, örneğin Batı Avrupa ve A.B.D., kullanılabilir bant genişliğinin (800 ve 500 MHz) fazla olması nedeniyle 2,6 GHz'e göre daha fazla kanal kullanımına olanak verdiği için 12 GHz'in daha uygun olacağı öne sürülebilir. 2,6 GHz'te kullanılabilir bant genişliği yalnızca 190 MHz'dir.