

# televizyon yayınlarının uydular aracılıyla iletiminde genlik bindirme ile sıklık bindirmenin karşılaştırılması

yazan : j-W.edens

çeviren: oğuz kırımkan

UDK: 621.397.13: 621.371.36: 621.376.2: 621.376.3

## ÖZET

Günümüzde televizyon yayınlarının uluslararası iletimi uydular üzerinden de yapılmaktadır. Ancak bu yayınların uydulardan doğrudan yayını üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Bu yazıda uydular aracılığıyla televizyon yayınlarında kullanılacak bindirme türü tartışılmakta ve bu konuda yapılan deneyler özetlenmektedir.

## SUMMARY

Today the international transmission of television programs between the national TV centers are also achieved via satellites. But the studies on the direct transmission of these programs from the satellites to the receivers are going on. In this paper the modulation methods to be used in the TV transmission are discussed and experiments performed on this subject are summarized.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, TV yayınlarının uydular aracılığı ile iletimi konusunda yoğun çalışmalar başladı, özellikle klasik haberleşme dizgelerine bile sahip olmayan birçok ülkede, uydunun doğrudan yayın yoluyla eğitim amacıyla kullanılması planlanmaktadır. Bu ülkelerden çoğu Güney Amerika ve Afrika ülkeleri. Hindistan da bu konuyla yakından ilgilenen bir ülkedir.

Dizge	Milyon tik yatırım	Dolar Yıllık bakını
A. Yerden mikrodalga ile bağlantılı yayın istasyonları	393,60	26,28
B. Yalnızca uyduya dayanan yayın dizgesi	225,05	9,50
C. Uydular ile bağlantılı oluşan istasyonlar	325,15	21,78
D. 5 yayın istasyonundan oluşan karma dizge	224,04	9,78

Çizelge 1. Hindistan projesinin maliyeti.

J.f. Edens, NV Philips Gloeilampenfabrieken,  
Eindhoven.

Oğuz Kırımkan, PTT.

Yukarıda sözü edilen ülkelerin ortak özelliği, büyük şehirlerin sayısının az olması buna karşılık küçük yerleşme merkezlerinin sayısının çok yüksek olmasıdır. Örneğin, Hindistan'da bugün nüfusun az bir kısmı Delhi, Kalküta, Bombay, Madras gibi büyük merkezlerde toplanmışken nüfusun büyük bir kısmı yaklaşık 560 000 köyde yaşamaktadır. Böyle bir nüfus dağılımına sahip bir ülkede yerleşim merkezlerine yer dizgeleriyle ulaşmak hem zor hem de pahalı olmaktadır. Bu durumda, başlangıçta büyük yatırım gerektirmesine rağmen uydularla yayın en uygun çözüm olmaktadır.

Hindistan'da bu soruna çözüm getirmek için uydu ile yer dizgelerinin oluşturduğu bir dizge planlanmakta, buna göre programlar,

- yerel televizyon ve radyo vericileri ile büyük nüfusa sahip merkezlere,
- nüfusun yaklaşık % 80'inin yaşadığı 560 000 köye ise uydu ile doğrudan ulaştırılacaktır.

Çizelge 1'den de görüldüğü gibi uygulanacak bu dizge Hindistan için en ekonomik çözüm olacaktır. İlerde bu ülkede bir resim kanalı yanında 14 değişik dilden yayın yapan 14 ses kanalının kullanılması da planlanmaktadır.

Bugün Hindistan'da uydu ile 860 MHz sıklığında deneyler sürdürülmektedir.

Çizelge 1'de görülen D dizgesinin maliyet dağılımı şöyledir; uydu yer istasyonları % 1; yörüngedeki uydu % 5; ÇYS (çok yüksek sıklık) vericileri % 3; uydudan doğrudan yayın alacak TV alıcıları % 91.

Yazının bundan sonraki bölümünde uydu aracılığı ile yayın yapacak bir dizgede bulunması gerekli özellikler incelenecek; bu arada im-gürültü ve koruma oranları üzerinde durulacaktır. Daha sonra Sıklık Bindirmeli (SB) ve Genlik Bindirmeli (GB) dizgelerin tartışıldığı bir örnek ile, 12 GHz'de çalışan sıklık değiştiricilerine ilişkin iki örnek verilecektir.

## 2. İM - GÜRÜLTÜ ORANI

### 2.1. Tanım

Bugün esas olarak biri CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Kurulu) diğeri de TASSO (Televizyon Kullanımı Çalışma Kurulu) tarafından kullanılan iki tanım vardır. Bu tanımlardan biri resim imine diğeri ise radyo sıklık imine ilişkindir. Aşağıda im-gürültü oranı, eğer güç oranları olarak belirtiliyorsa "i/g"; desibel olarak belirtiliyorsa "1/G" olarak gösterilecektir.

### A. CCIR tanımı

CCIR'in im-gürültü oranı resim imini esas alır ve

$$(i/g)_{\text{resim}} = \frac{\text{resim karartma gerilimi/beyaz}^2}{\text{resim gürültüsü etkin gerilimi}^2} = \left( \frac{\text{resim karartma gerilimi/beyaz}}{\int_0^{f_{\text{max}}} p(f) df} \right)^2$$

Burada  $f_{max}$  en yüksek resim sıklığını,  $p(f)$  ise resim bantındaki gürültünün güç tayfını gösterir. Gürültünün etkisini azaltmak amacıyla, normal bir izleyicinin gözünün algılama eğrisine dayanarak CCIR bir bant geçiren süzgeç geliştirmiştir. Buna göre im-gürültü oranının yükselmesini sağlayan ağırlık katsayısı (*weighting factor*) şöyle tanımlanabilir:

$$W = 10 \log_{10} \frac{\int_0^{f_{max}} p(f) df}{\int_0^{f_{max}} p(f)w(f)df}$$

burada  $w(f)$  algılama süzgecinin güç türünden geçiş işlevidir.

Buna göre im-gürültü oranını, desibel olarak CCIR şöyle tanımlamaktadır:

$$(t/g)_{resim,w} = (I/G)_{resim} + W \quad \text{dB}$$

## B. TASO tanımı

TASO'nun tanımına göre ise im-gürültü oranı kapalı devre televizyon yayını normal alıcılarda izleyen gözlemcilerin öznel gözlemlerine dayanmaktadır. Bu gözlemler sırasında radyo sıklığı gürültüsü ime alıcı girişinde ayrıca eklenmektedir. "Taşıyıcı" olarak eşzamanlama vuruşlarındaki radyo sıklık iminin etkin geriliminin, gürültü olarak ise 6 MHz bant genişliğindeki etkin gürültünün alındığı taşıyıcı-gürültü oranı  $(t/g)$  alıcının girişinde tanımlanır.

Resmin niteliği konusunda izleyiciler değişik değerlendirme yapabilmektedirler. Bu konuda GB-AYB (genlik binjirrelili artık yan bant) 525-çizgi dizgesinde yapılmış olan deneyin sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'nin 5. sütununda yerilen delerler gerçek yayın için eşdeğer CCIR delerleridir. Bu sonuçların elde edilmesinde aşağıdaki noktalar gözönüne alınmıştır:

a) CCIR ve TASO tanımları arasında aşağıdaki bağıntı vardır:

$$(t/g)_{resim,w} = (T/G)_{TASO} + 0,9 \quad \text{dB} \quad (D)$$

Nitelik derecesi	»»»rl.-Hrm.	Anlam	T/G (TASO) (dB)	(T/G)resi... (CCIR) (dB)
1	Çok iyi	Nitelimi çok iyi.	46*	49,0
2	İyi	Zevkle izlenebilir, kansna algılanabiliyor.	38	40,3
3	Orta	Kabul edilebilir nitelikte; karşım rahatsız edici değil.	31	32,2
4	Fena sayılmaz	Niteliği iyi değil, düzeltilmesi gerekir; karşım hafif rahatsız edici.	25	25,9
5	Kötü	Nitelimi kötü f... izlenebilir; karşım rahatsız edici.	19	19,9
6	Çok kötü	izlenemeyecek kadar kötü		

\* İzleyicilerin % 65'i için geçerli. Diğer değerler izleyicilerin % 75'ine.

Çizelge 2. TASO gürültü değerlerinin CCIR değerlendirmiş gürültü ile karşılaştırılması.

bu bağıntıda TASO değerine fazladan bir gürültünün (kamera gürültüsü gibi) eklenmediği kabul edilmiştir.

(625-çizgi dizgesinde CCIR ve TASO im-gürültü oranları arasındaki farkın 1 dB olduğu kanıtlanmıştır.)

b) Çizelge 2'deki TASO değerlerini değerlendirilmiş im-gürültü oranına çevirebilmek için, tablonun birinci satırında TASO gözlemleri için verilmiş olan değerlerin bir uçan nokta tarayıcısı

(*flying spot scanner*) [ $(I/G)_{eşim,w} = 48 \text{ dB}$ ] ile gerçek yayın değişimi için ise ağırlıklı (*weighted*) im-gürültü oranının [ $(I/G)_{resim,w} = 46 \text{ dB}$ ] olan bir vidikon ile alındığını bilmek gerekmektedir.

Yine TASO'ya göre, uçan nokta tarayıcısı ve ağırlıklı im-gürültü oranı için normal bir kamera [ $(t/g)_{resim,w} = 43 \text{ dB}$ ] kullanılmıştır.

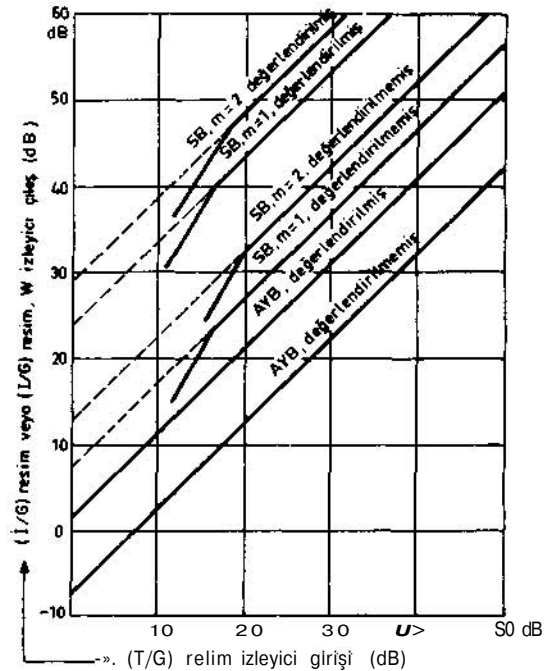
(1)'de verilen bağıntı ve yukarıda belirtilen koşullar Çizelgenin 5. sütunundaki değerlerin nasıl elde edildiğini açıklamaktadır.

## 2.2. İm-Gürültü Oranı Açısından Sıklık Bindirme ile Genlik Bindirmenin Karşılaştırılması

Sıklık bindirmedeki im-gürültü oranı genlik bindirmedeki im-gürültü oranı ile karşılaştırıldığında aşağıdaki bağıntı bulunur:

$$(t/g)_{en} = \frac{W}{T_i} \cdot \gamma \quad (2)$$

burada;



Şekil 1. GB ve SB için, 15 MHz bant genişliğinde izleyici girişindeki im-gürültü oranının izleyici çıkışındaki im-gürültü oranına göre karşılaştırılması.

$\Delta F_{pe}$  en büyük sıklık sapması,  
 $f_{max}^{te} y^{aksek}$  resim sıklığı,  
 Y ise önvurgulama (*pre-emphasis*) katkısıdır.

Bu bağıntıyı desibel olarak yazarsak,

$$(1/G)_{Bü,W} - (1/G)_{GB,W} = 10 \log_{10} 24 + 10 \log_{10} m^2 - W_{GB} + W_{SB} + Y$$

burada bindirme endeksi

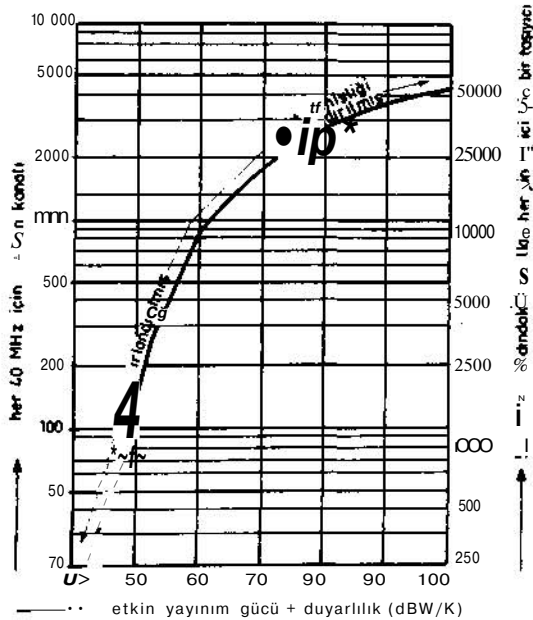
$$m = AF_{tepe} \cdot t_{max} \text{ dir.}$$

Bant genişliği 5 MHz olan siyah-beyaz G25-çizgi dizgesinde  $m=2$ ,  $W_{GB} = 8,5$  dB,  $W_{SB} = 16,3$  dB olarak im-gürültü oranları arasındaki farkı hesaplayacak olursak;

$$(1/G)_{SB,W} - (1/G)_{GB,W} = 13,8 + 6 - 8,5 + 16,3 + 0,4 \text{ dB} = 27,6 + 0,4 = 28 \text{ dB}$$

bulunur.

Im-gürültü oranındaki 27,6 dB'lik artışın nedeni sıklık bindirme sezicisidir (*FM detector*). Sezicinin yol açtığı bu artış Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi SB ve GB imlerinin im-gürültü oranlarının eşit olduğunu varsaydığımızda, SB için gerekli taşıyıcı-gürültü oranının GB için gerekli taşıyıcı-gürültü oranından daha düşük olduğunu görürüz. Bu ise SB'de gerekli çıkış gücünün GB'ye göre düşük olduğunu gösterir, yani SB güç açısından daha ekonomiktir. Ancak güçteki bu kazanç karşılığında SB'de resmin taşınması için gerekli bant genişliği GB'ye göre çok fazladır. Örneğin GB'li bir resim bilgisinin bant genişliği 5 MHz iken,



Şekil 2. A2ICI duyarlılığı ile uydunun etkin yayını gücü toplamına karşı telefon kanal sayısı.

aynı bilginin SB'li olarak taşınması durumunda bant genişliği yaklaşık 30 kHz olmaktadır.

### 3. KORUMA ORANI AÇISINDAN SB ile GB'nİN KARSILAŞTIRILMASI

Uydu dizgelerinin planlanmasında bir bindirme türünün diğer bindirme türüne göre koruma oranı (*protection ratio*) çok önemlidir, önemli bazı durumlar için bu oran aşağıda verilmiştir:

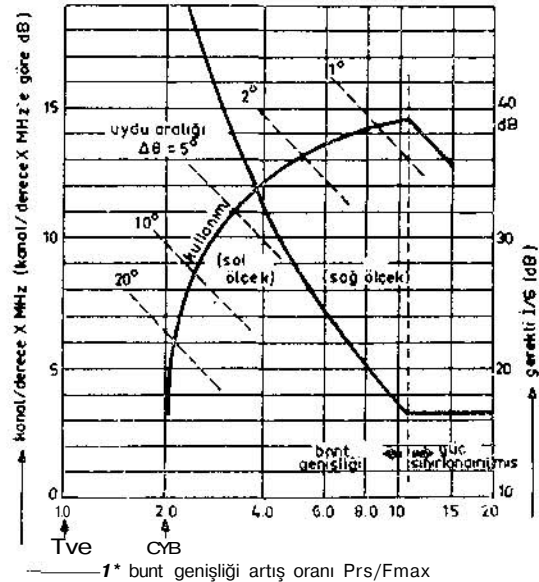
- eğer genlik bindirme genlik bindirmeye karşısa = 60 dB
- eğer sıklık bindirme sıklık bindirmeye karşısa = 22 dB
- eğer sıklık bindirme genlik bindirmeye karşısa = 45 dB
- eğer genlik bindimle sıklık bindirmeye karşısa = 21 dB

Karşıma olayı yalnız taşıyıcının çevresinde ise koruma oranları yalnızca resimdeki algılanabilir bozulmalar için geçerlidir. SB için bindirme kat sayısının  $m=2$  olarak alınmasına karşılık GB için böyle bir sınırlama getirilmemiştir.

Özetleyecek olursak, uydudan alınan yayında genlik bindirmeli dizgeler sıklık bindirmeli dizgelere göre daha az bant gerektirirler ancak genlik bindirmeli dizgeler dış etkenlerden daha fazla etkilenmektedirler. SB için bunun tam tersi söylenebilir. Sonuç olarak GB dizgelerde aynı sıklıkta değişik program yayımlayabilmek ancak dizgelerin birbirinden çok uzak olmaları ile sağlanabilir.

### 4. UYDU YÖRÜNGESİNİN KAPASİTESİ

SB'li yayınlar için uydunun kapasitesi Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Bu şekillerde CCIR bel-



Şekil 3. Telefon için yörüngedeki kanal sayılarının ve koruma oranının bant genişliği artış orsnına göre değişimi.

geleri temel alınmıştır.

Şekillerde kapasite telefon kanalı olarak verilmesine rağmen televizyon kanalları hakkında da kabaca bir fikir vermektedir. Şekil 2'de, verilen bir bant genişliği için telefon kanallarının sayısı uydunun etkin yayının gücü ile yer istasyonu alıcısının duyarlılığının toplamının işlevi olarak verilmiştir. Toplamın küçük delerlerinde ise kanal sayısı hızla artar. Daha büyük delerlerde ise kanal başına sıklık sarması düşebilir, tike olarak, bir uydunun çalışma maliyetini düşürmek için uyduyu elden geldiğince fazla bilgi ile yüklemek gerekmektedir. Bu ise kanal başına düşen bant genişliğini azaltmak, yüksek çıkış gücü sağlamak ve duyarlılığı çok yüksek olan alıcılar kullanmak demektir.

Şekil 3'te ise bir kanala göre yörüngedeki komşu kanalların sayısı bant genişliğinin artma oranının (bindirme endeksinin) bir işlevi olarak verilmiştir. Ancak burada sınırlayıcı etken olarak girişim alınmıştır. Noktalı çizgiler, 30 metre çaplı bir alıcı anten varsayılarak değişmez yörünge aralığı ve değişmez uydusu (transponder) bantı için kanal sayılarının bant genişliği artmasına olan bağımlılığını göstermektedir. Burada da girişim tek sınırlayıcı etken olarak alınmıştır.

Şekil 3'te görülen ikinci eğri ise Çizelge 1'de verilen nitelik derecesi 1 olan bir serviste bir kanal için gerekli im-gürültü oranını bant genişliği artmasının işlevi olarak göstermektedir. Bir kanal için gerekli im gücü, "güç sınırlandırılmış bölge" kadar, bant genişliğinin artması ile hızla azalır.

Uzay zayıflaması	182,2 dB	Veriş gücü	19 dBW
Atmosfer kaybı	1 dB	Veriş anteninin kazancı (-3 dB noktalarında)	31 dB
Vericinin besleme kaybı	1 dB	Alış anteninin kazancı*	71,2 dB
Diğer kayıplar	1 dB		
Toplam kayıplar	185,2 dB		75,2dB**

\*Çapı 2,10 m olan bir anten için yarım güç hücre genişliği  $\approx 10^\circ$   
 \*\*A75-F uydusunun çıkış gücü 4 dB düşük olduğundan aynı İ/G oranı nı sağlamak için anten çapı 3,10 m olmalıdır.

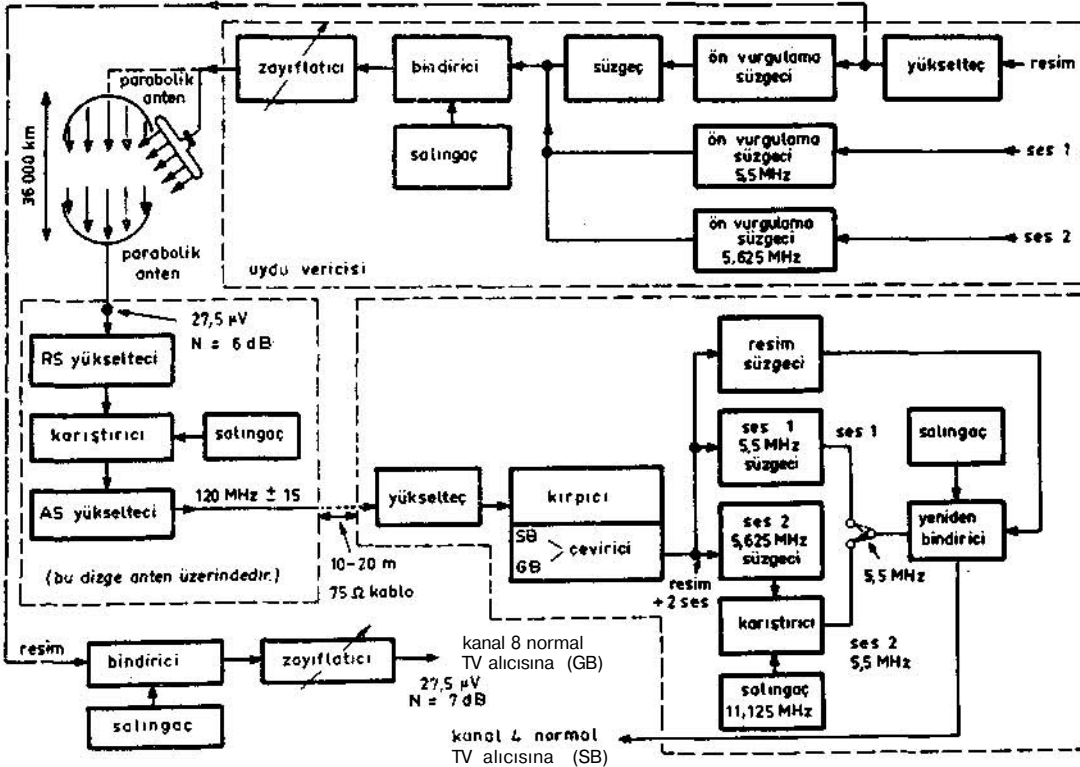
çizelge 3. Hindistan'da kullanılması önerilen deneysel yayın uydusunun dizge özellikleri.

### 5. 850 MHz'te ÇALIŞAN SB'li DİZGELER ve SB İLE GB'nİN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

SB ile GB'nin deneysel karşılaştırılması 1974 yılında A75-F uydusu ile başladı. Bu amaçla kurulan dizgenin özellikleri Çizelge 3'te verilmektedir. Çizelgeden de görüleceği gibi bir alıcı antenin girişindeki imin gücü

$$-185,2 + 75,2 = -110 \text{ dBW}$$

olmaktadır. Bu ise 75 ohm üzerinde 27,5 uV'a karşılıktır. SB'li çalışmada televizyonun bant genişliği 30 MHz olduğundan buna karşılık gelen gürültü gücü -129 dBW olur ve antenin tabanındaki im-gürültü oranı 19 dB bulunur. GB'li çalışmada ise resmin bant genişliği olan 5 MHz'te gürültü gücü



Şekil 4. Deneysel dizgenin öbek çizimi.

$$-129 - 10 \log(30/5) = -136,8 \text{ dB olur.}$$

Böylece anten girişindeki taşıyıcı-gürültü oranı

$$-110 \text{ dB} + 136,8 \text{ dB} = 26,8 \text{ dB bulunur.}$$

Eğer alıcının girişindeki gürültü çarpanı (*noise factor*) 6 DB ise GB için toplam taşıyıcı-gürültü oranı

$$26,8 - 6 = 20,8 \text{ dB olur.}$$

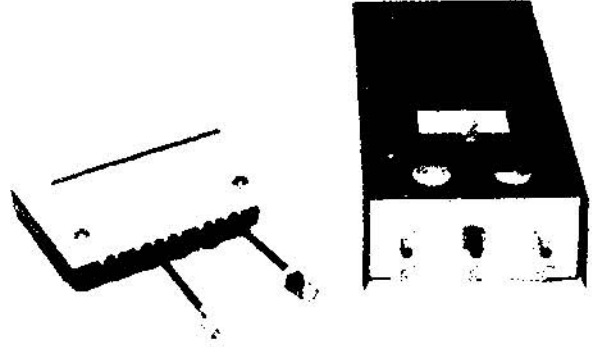
Bölüm 2'de belirtildiği gibi, SB'li alışlarda im-gürültü oranındaki artış 28 DB idi. Bu durumda SB için toplam im-gürültü oranı

$$21,8 + 28 = 49,8 \text{ dB olmaktadır.}$$

Buradan şu sonuca varabiliriz: Alıcıların özellikleri aynı olmak koşulu ile, aynı im-gürültü oranı için, SB'li yayınlarda gerekli olan uydu gücü GB'de gerekli olandan yaklaşık 600 kez daha azdır.

Laboratuvarlarda yapılan çalışmalarda SB'li uydularla aynı özelliklere sahip bir dizge geliştirilmiş ve yapılan deneylerde SB'li alış ile GB'li alış karşılaştırılmıştır. Şekil 4'te görülen öbek çizim bu alıcı dizgenin çalışma ilkesini göstermektedir. Burada, anten üzerine, gürültü çarpanı 6 dB olan ( $F=6 \text{ dB}$ ) ve bir radyo sıklık yükselteci, bir karıştırıcı-salmgaç ve de bir ara sıklık yükselteci içeren bir dizge yerleştirilmiştir. 120±15 MHz'teki ara sıklık imi bir eşksenli (*co-axial*) kablo ile SBGB çeviricisine bağlanmıştır. SBGB aygıtı ile yükselteç ve karıştırıcı Şekil 5'te görülmektedir.

Bir kırpıcı ve SBGB sezicisinden sonra elde edilen alçak sıklık imleri I. ve III.banda yerleştirilmek üzere bindirilirler.

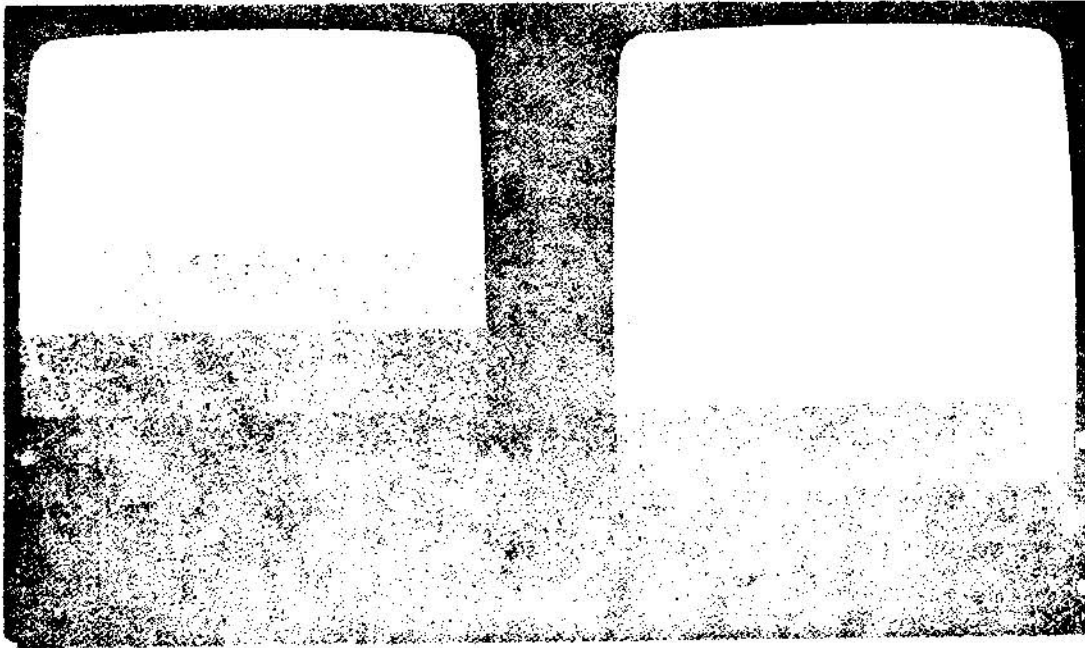


Şekil 5. SB-GB çevirici ve sıklık çevirici.

Şekil 4'te öbek çizimi görülen dizge bir resim (625-çizgi) kanalı ile 5,5 ve 5,625 MHz'e yerleştirilen iki ses kanalını geçirecek şekilde tasarlanmıştır.

Yeniden-bindirme işleminin gerçekleştirilmesinden sonra 5,625 MHz'te bulunan ses kanalını bir alt taşıyıcı salıngacı ile 5,5 MHz'e indirip normal TV alıcılarına uygun duruma getirme olanağı da vardır. Pahalı süzgeçlerden kaçınmak için yeniden-bindiriciden alınan im çift yan bant olarak bırakılır. Bu durumun resmin niteliği üzerindeki etkisi çok küçüktür. Kurulan dizge ile gerçekleştirilen deneylerden bazıları şunlardır:

a) 75 dmm üzerindeki 27,5 uV'lik bir sıklık bindirmeli siyah-beyaz im, benzer bir GB'li im ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6); her iki imde alıcıya çift yan bantlı olarak sokulmuştur; GB'li bir im için çeviricinin ve siyah-beyaz alıcının güç çarpanları aynı alınmıştır. 14 dB önvurgulamalı SB'li siyah-beyaz imin im-gürültü oranındaki artış 0,4 dB olmuştur.



Şekil 6. GB'li (soldaki) ve SB'li (sağdaki) televizyon yayınlarında gürültünün karşılaştırılması.

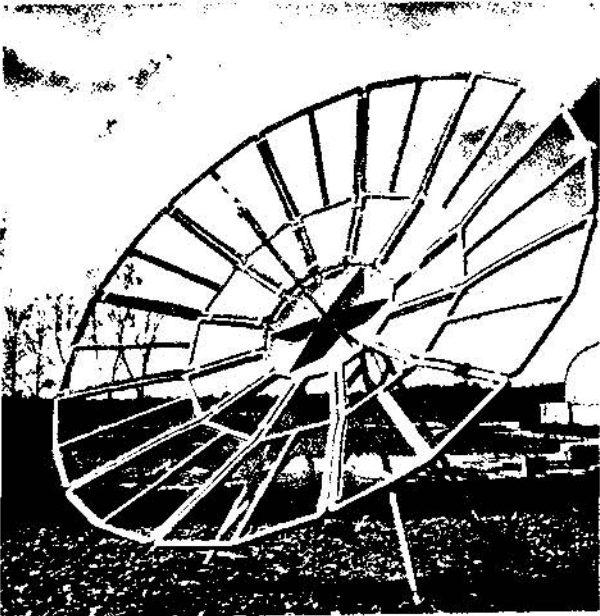
b) Gürültüden GB'nin ve SB'nin aynı ölçüde etkilmesini sağlamak için GB'li imin yeginiğini 28 dB arttırmak gerekmiştir. Bu değer kuramsal olarak hesaplanan değerin hemen aynıdır.

Daha düşük övurgulamanm uygulanabileceği renkli yayında ise, 4,43 MHz' te çok kuvvetli renk iminin bulunması nedeniyle 6 dB'lik bir övurgulama olanağı vardır. Ancak bu durumda im-gürültü oranındaki artış desibelin onda birleri düzeyinde olmaktadır. Bu deneyde övurgulamanm gürültü üzerindeki etkisi göz önüne alınmamıştır.

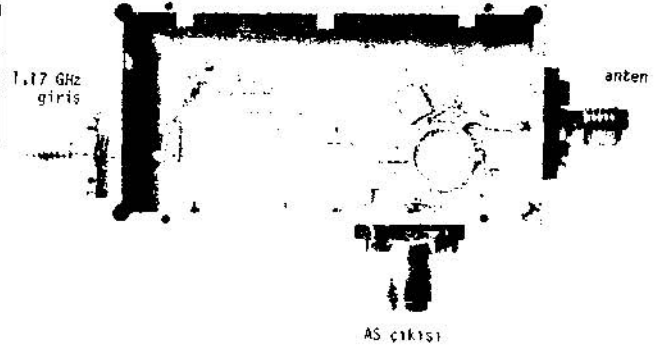
Laboratuvarıda yapılan bu deneylerde alıcı anten olarak parabolik bir anten; verici olarak da dipol anten kullanılmıştır. Deneyler sonunda bu tür bir dizgenin teknik ve ekonomik açıdan uygun olduğu anlaşılmıştır. (Şekil 7).

## 6. 12 GHz ALANINDAKİ ÇALIŞMALAR

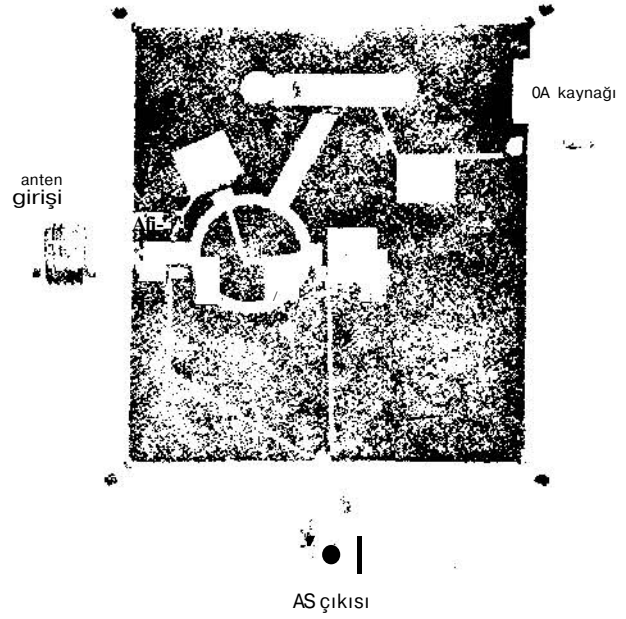
1971 yılında Cenevre'de yapılan Uzay Haberleşmesi Dünya İdari Radyo Konferansında (WARC-SD) Radyo Yönetmeliği, uydu haberleşmesi konusunda gerekli yönergeleri de içermek üzere yeniden düzenlenmiş ve sonuçta yayın uyduları ile çalışacak televizyon istasyonlarının kullanabileceği sıklık bantları şöyle saptanmıştır: 620-790 MHz, 2500-2690 MHz ve 11,7-12,2 GHz. Bu bantların herhangi birinde çalışmak için, ilke olarak, alıcı antenden hemen sonra gelen çevirici ön yükseltecin salıngaç ve karıştırıcısında değişiklik yapmak yeterlidir. Ancak tasarımcı açısından en büyük zorluğun salıngaçın kararlılığı ve salınga-



Şekil 7. 850 MHz'lik parabolik anten.



Şekil 8. Schottky engelli diyodun karıştırıcı olarak kullanıldığı sıklık çarpıcı bir 12 GHz karıştırıcısı.



Şekil 9. Schottky engelli diyodun karıştırıcı ve Gunn diyodun salıngaç olarak kullanıldığı bir 12 GHz karıştırıcısı.

cin karıştırıcıya bağlanması açılarından 11,7-12,2 GHz bandında olacağı açıktır.

Bu bantta karıştırıcı olarak, kaybının düşük olması nedeniyle, Schottky engelli diyodu kullanmak en iyi çözümdür. Salıngaç için, doğrudan istenilen sıklıkta salınım yapan bir Gunn diyot veya çıkış (avalanche) diyot kullanılabilir.

## 7. SONUÇ

Yukarıda verilen bilgilerden, uydu aracılığı ile televizyon yayınlarında SB'li dizgenin GB'li dizgeden üstün olduğu, laboratuvarıda gerçekleştirilen alıcı dizgenin teknik ve ekonomik açıdan uygun olduğu, 12 GHz'te ise ekonomik sorunların henüz çözülemediği anlaşılmaktadır.