

# Stereofonik Radyo Yayını

## I. Sistemler ve Devreler<sup>r)</sup>

**Yazanlar :**  
N. van Hurck, F.L.H.M.  
Stumpera ve M. Weeda

**Çeviren:**  
Lenzi TOOATLI  
El. Y. Müh.  
B.O.Ş.

*Stereofonik pikap ve teypler, birçok yıldan beri piyasada bulunmaktadırlar. Stereot şimdi de radyoya girmekte ve hatta birçok memleketlerde normal yayınlara geçmiş bulunmaktadır. Bu yazı, stereofonik sesin radyo yayını ile ilgili olarak ortaya çıkan birçok soruları ele almaktadır. Yazarlar, Kısım I'de problemin çeşitli çözümlerini tartışacak\*, ve halen geniş bir şekilde kullanılan bir sistemin (FCC sistemi) daha detaylı bir incelemesini vereceklerdir. Kısım IV'de ise, stereo radyo alıcılarının girişime karşı duyarlılıklarını (susceptibility) inceleyecektir.*

### Giriş:

Uzun zamandan beri, tek kanaldan müzik yayınları yeterli bulunmuşlardır, fakat «kütle» veya «derinlik» eksikliğinden dolayı, yeniden çalınan (icra olunan) sesin büyük kayıba uğradığı, ancak yakın zamanlarda anlaşılmıştır. Bu anlayış, iki mikrofonun veya farklı açılarda yerleştirilmiş, iki mikrofon grubunun yarattıkları sinyalleri taşıyan ve elektriksel bakımdan iki ayrı kanalları olan pikap ve teyplerin geliştirilmesine yol açmıştır. Daha sonraları, stereo programların radyo yayın istasyonları tarafından yayınlanıp yayınlanamayacağı, tabii olarak sorulmuştur. Soru, stereofonik yayının, ses yayınlarının özel bir kısmı olan radyo oyunlarında büyük bir avantaj sağlayacağı konusunda Önemle, durmuştur.

Stereofonik ses yayınında bulunan herhangi bir sistem veya standart ilk planda «uygun» olmalıdır. Yayın yetkilileri, tek-yanband modülasyonunun (1) veya renkli televizyonun çalışma şartlarını tartışırken, yukarıda belirtilen «uygun»luk esasları üzerinden yürümektedirler. Günlük konuşmada, bu demektir ki, stereo (veya renkli televizyon) yayınları, milyonlarca normal radyo alıcısı (veya normal renkli televizyon alıcısı) tarafından yeterli bir şekilde takip edilebilmelidir. Stereo programların yayını için açık (aşıkâr) olan bir yol, ki ilk zamanlarda kullanılmıştır, sol ve sağdaki mikrofon sinyallerini iki ayrı verici yardımı ile yaymaktır. Fakat bu metod «uygun»luk şartı yüzünden bırakılmıştır: çünkü, normal bir alıcı yalnız bir mikrofonun sinyalini alacaktır, ve bundan başka, iki mikrofondan hiçbiri yeterli bir dinleme verecek şekilde stüdyoda uygun olarak yerleştirilememiştir.

Sonraları, «Stereofonik sinyal transmisyonu için tek bir kanal kullanılırsa, hem mono hem de stereo alıcılar tarafından uygun bir ses seviyesi ile iyi kalitede bir dinleme verecek şekilde takip edilir mi?» sorusu soruldu.

Bu soru, dünya çapında araştırmalara yol açtı. Stereo yayınların, normal olarak bir yüksek teknik standardı gerektirmeleri, dikkatler frekans modülasyonuna çevirdi; ve gerekli band genişliği de yalnız VHF/UHF bölgesinde vardı. Bu frekans bölgesi için uygun birçok sistemler European Broadcasting Union tarafından kurulmuş bir uluslararası çalışma grubunda incelendi, ve International Telecommunications Union'un altında bulunan ve bir uluslararası öğüt grubu olan Comité Consultatif International des Radiocommunications tarafından da, bu sistemlerden biri ileri çalışmalar için kabul edildi. CCİR, 1963 toplantısında bir karara varamadı. Bazı memleketler, bunların arasında Hollanda da vardır, radyo ve televizyon ile ilgili resmi bir Amerikan ajansı olan Federal Communications Commission tarafından onaylanmış bir sistemin benimsenmesi için bir teklif ileri sürdüler; bu sistem halen Amerika Birleşik Devletlerinde yüz kadar radyo istasyonu tarafından kullanılmaktadır. Belirtilen teklifi ileri sürülenlerin dışında kalan ulusların temsilcileri, teklife belirli bir teknik itiraz ortaya koymadan, henüz zama-

(\*) Yatış, Philips Technical Beviets, Volume 26, 1965, No. 11/12 den çevrilmiştir.

N. van Hurck, Dr. F.L.J.M. Stumpers ve Y. Müh. M. Weeda, Eindhoven'deki (Hollanda) Philips Araştırma Laboratuvarlarında çalışmaktadırlar. Dr. Stumpers, stereofonik yayın konusundaki CCİR ve EBU toplantılarına 1962, 1963 ve 1966 yıllarında katılmıştır.

(1) Bakınız, T. J. van Kessel, «Compatible single-sideband», Philips Tech. Bev. 5, 311 • 319, 1963/64 (No. 11/12)

mn son bir seçim için uygun olmadığını ileri sürdüler. Unluersal bir sistemin benimsenmesinden doğacak avantajlar herkes tarafından kolaylıkla anlaşılacaktır; fakat bazı memleketler, kendi araştırmalarının üzerinde çalıştığı bir sistemi bırakmak istememekte veya bazıları da daha ileri araştırmaların iyi çözümler doğuracağı ümidini beslemektedirler. Bu şartlar altında CCIR çoğunluk oyu ile karar veremedi, ve bu durumda karar 1966 da (2) yapılacak olan gelecek genel toplantıya ertelendi. Dolayısı ile, birçok memleketler stereo yayına başlamak için hala beklemektedirler. Stereo programlar, yukarıda belirtilen sisteme uygun şekilde Hollandada devamlı olarak yayınlanmaktadır, ve radyo endüstrisi bu sisteme uygun alıcılar geliştirilmiştir. Umulur ki CCIR'in erteleme kararı, televizyonda olduğu gibi, bir uluslararası karışıklık yaratmaz.

Aşağıda, stereofonik sinyallerin transmisyonu için çeşitli sistemler incelenecek, ve bu genel ön-incelemeden sonra da FCC tarafından benimsenen sistem tartışılacaktır ve bu sistemi, biz kısaca «PCC sistemi» (3) diye adlandıracağız. Bu yazının Kısım ü'sinde, sisteme uygun olarak yapılmış stereo alıcılar ile normal mono alıcıların, FCC sisteminde yayınlanan sinyallere karşı girişim duyarlılıkları araştırmalarının sonuçları verilecektir.

Stereofonik sinyal transmisyon sistemi :

tki ses frekansı kanalının pek çok amaçlar için yeterli bir ses hayali yarattığı gerçeği, bir seri araştırmalarla ortaya konmuştur. Bu konuda araştırmalar 1939'dan beri bu laboratuvarlarda K. de Boer ve diğer araştırmacılar ve daha sonraları N. V. Franssen tarafından yürütülmüştür (4). Sonuç olarak, araştırmacılar, yeniden çalınan ses hayalinde «kütle» veya «derinlik» vermek için iki transmisyon kanalının hakikaten gerekli olup olmadığını sormaya başlamışlardır. Bu soru özellikle İngilterede araştırılmış, Percival (5) ve arkadaşları, etkili üç boyutlu bir izlenimin normal bir a.f. kanalına ek olarak sadece 100 c/s'lik bir band genişliği olan ikinci bir kanalla • yaratılabileceğini göstermişlerdir. Fakat, European Broadcasting Union önünde yapılan deneme, uzmanları sistemin istenilen yüksek standartlı kaliteyi sağladığına inandıramamıştır. Ve böylece, iki normal a.f. kanallı sistemler üzerinde çalışmalara başlanmıştır.

Transmisyonu tek verici ile yapabilmek için, bütün sistemler, frekansı en yüksek ses frekansından daha yüksek olan bir alt taşıyıcı kullanma zorunluluğundadırlar ve bu alt taşıyıcı a.f. sinyallerinden biri ile genlik modülasyonuna tabi tutulur. Tamamlayıcı bilgiyi veren ikinci a.f. sinyali ile beraber, modüle edilmiş alttaşıyıcı ana

taşıyıcı ile modüle edilir ve verici tarafından yayılır.

«Uygun»luğu sağlamak için, sağ ve sol mikrofon sinyallerinin toplamı alınır ve bu toplam sinyal ana taşıyıcı ile doğrudan doğruya modüle edilir. Mono alıcılar, yalnız, bu doğrudan doğruya modüle edilen sinyali alırlar ve toplam sinyal sol ve sağ mikrofonlardan gelen sinyallerin ortalaması olduğundan, orijinal sese çok yakın bir ses elde edilir. Diğer a. f. sinyali ise sol ve sağ mikrofon sinyallerinin farkını alarak elde edilir. Toplam ve fark sinyalleri gelen dalga şekline ayrıldıktan sonra stereo alıcı, iki hoparlörünü beslemek için orijinal sol ve sağ mikrofon seslerini elde etmesi gerekir. Bu iş için istenen devreler karışık değildir, ayrıca bu metod alıcıda sol ve sağ sinyal bileşenlerini aynı işlemlere tabi tutar, böylece yeniden birleşmeleri halinde her iki bileşen de aynı kalitede bulunurlar. (Eğer, sol mikrofon enformasyonu doğrudan doğruya ana taşıyıcı ile ve sağ mikrofon enformasyonu da alt taşıyıcı ile modüle edilmiş - veya tersi - olsa idi, biraz evvel söylenen doğru olmayacaktı.)

Alttaşıyıcılar, genel olarak telefon tekniğinde çok kullanılırlar. Bu alttaşıyıcılar ya genlik veya frekans modülasyonuna tabi tutulmuş olurlar, ve bu arada bazı değişik durumlara da rastlanabilir (örneğin, taşıyıcının kendisi veya yanbandlardan biri bastırılabilir). Kısaca, çok çeşitli sistemler vardır. Bazı çalışmalar bizim laboratuvarımızda yapılmıştır (6) ve aşağıda verilen açıklamalarda çalışma sonuçlarından bazıları kullanılacaktır.

Araştırmacıların çoğunluğu alttaşıyıcıun genlik - modülasyonunu iki sebep dolayısı ile seçmişlerdir, ilk olarak, deteksiyon işlemi kolaylaşmaktadır. İkinci olarak, bazı sistemlerde her iki sinyal de ana taşıyıcının frekansını modüle etmek için kullandıklarında, genlik - modülasyonlu alttaşıyıcı sistemi toplam sinyale frekans

(2) X. Çalışma Grubunun Viyana toplantısında, CCIB hem FCC sistemini yem de Busyada geliştirilmiş bulunan 'kısmi bastırılmış taşıyıcı' FM-AM sistem'ini taslak olarak benimsemiştir.

(3) Diğer bir yönden, ilk çalışmaları yöneten firmalardan sonra bu sistem aZenith-General Electric sistemisi diye bilinmektedir. tPilot tone sistemi\* adı da arada sırada kullanılmaktadır.

(4) Bakınız, K. de Boer, The formation of stereofonik images, Philips Tech. Bev., S, 57-56, 1964, veya N. V. Franssen, Some considerations on the mechanism of directional hearing, tez Delft, 1960.

(5) W. S. Percival A compressed - bandwidth stereophonie system for radio transmission, Proc. Instn. Electr. Engrs. 106 B, Supp. No, 14, 234, 1959.

(6) Bakınız, F.L.H.M. Stumpers ve B. Schutte, Stereophonische Übertragung von Rundfunksendungen mit FM-modulierten Signalen and AM-modulierten Hilfsträger, Elektron, Rdsch, 13. 44S-446, 1959

bakımından daha fazla bir değişim sağlamaktadır. Bu yüzden, biz kendimizi sadece genlik modülasyonlu altt taşıyıcı kullanan sistemleri inceleyecek şekilde sınırlandıracağız.

Sırası ile olmak üzere, sol ve sağ mikrofon çıkışları için  $L(t)$  ve  $R(t)$ , toplam ve fark sinyalleri için de  $M(t)$  ve  $S(t)$  sembollerini kullanacağız.

$$\begin{aligned} M(t) &= L(t) + R(t) \\ S(t) &= L(t) - R(t) \end{aligned}$$

Bu metotta, yayılan ana taşıyıcıyı modüle edecek dalganın şekli,  $S(t)$  genlik-modülasyonuna uğratılmış altt taşıyıcının dalga şekli ile  $M(t)$ 'nin dalga şeklinin toplamıdır. Böylece, yayınlanan dalga şeklini aşağıdaki gibi yazabiliriz :

$$F(t) = M(t) + A(t) = M(t) + a$$

$$\left\{ 1 + \frac{S(t)}{S_m} \sin \omega_h t \right\} \quad (D')$$

burada  $A(t)$  modüle edilmiş altt taşıyıcı,  $a$  bu modüle edilmiş altt taşıyıcının genliği,  $\omega_h$  açısal frekansı ve  $S_m$  de modülasyon derinliğini gösteren sabitedir. Kolayca anlaşılacağı gibi, aşırı modülasyon olmamalıdır, bu yüzden  $S_m$  aynı zamanda  $S(t)$  için maksimum kullanılabilir genliği vermektedir.

$a$  ile  $S_m$  eşit oldukları zaman, ilginç bir durum ortaya çıkmaktadır, (1) numaralı temel denklem bu halde

$$F(t) = M(t) + \{a + S(t)\} \sin \omega t \quad (2)$$

şeklini alır.

İyi bir yaklaşıklıkla, bu fonksiyonun üst ve alt zarf eğrileri  $\sin \omega t$  fonksiyonunun  $+1$  ve  $-1$  değerlerini yerlerine koymak suretile elde edilebilir. Böylece bulunan iki eğittik:

$$F_1(t) = a + M(t) + S(t) = +2.L(t) \quad (3a)$$

$$F_2(t) = -a + (M(t) - S(t)) = -a + 2.R(t) \quad (3b)$$

olurlar. Görülüyor ki, zarf eğrilerinin a. c. bileşenleri sol sinyalin iki katına ve sağ sinyalin  $\frac{1}{2}$  katına eşittirler. Eğer  $L(t)$  ve  $R(t)$ 'nin her ikisi de her an için  $\frac{1}{2}a$ 'dan küçük olurlarsa,  $F_1(t)$  daima pozitif ve  $F_2(t)$  de daima negatiftir, ve böylece gelen dalga şeklinden sol ve sağ sinyallerin elde edilmesi zıt öngörülen iki genlik detektörü yardımı ile yapılabilecektir.

Şekil 1, bu metot ile yayınlanan dalga şeklinin elde edilmesi hakkında bir fikir vermektedir, incelenen durum, basitleştirilmiştir: sağ sinyal bileşeni sıfır olarak kabul edilmektedir, sol sinyal bileşeni ise :

$$L(t) = a \sin \omega t = b \sin \omega t$$

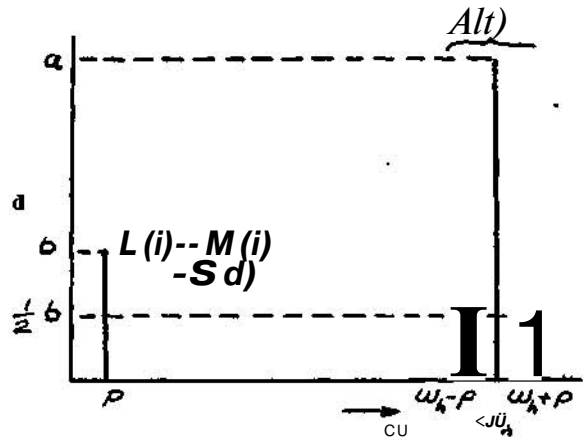
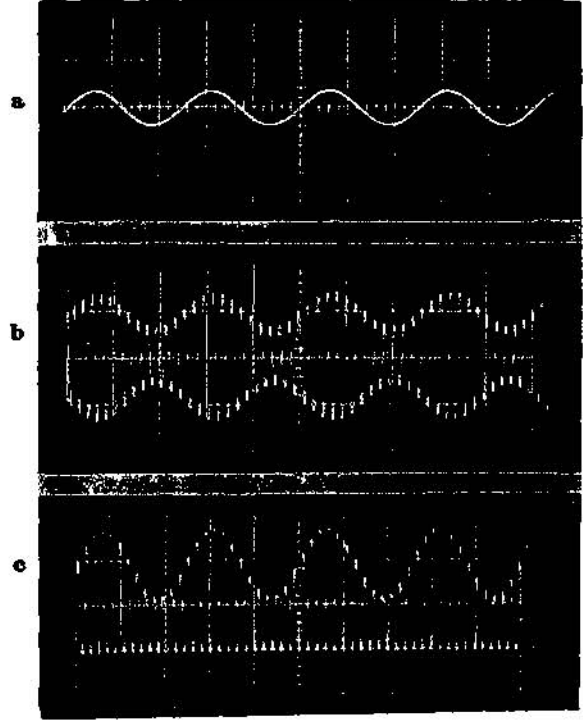
ile verilen bir sinüs dalgadır (Şekil 1a).  $M(t)$  ve  $S(t)$ ,  $L(t)$ 'ye eşittirler. Şekil 1b, aşağıda formülü verilen modüle edilmiş altt taşıyıcıyı göstermektedir :

$$A(t) = (a + b \sin \omega t) \sin \omega_c t \quad (4)$$

Yayınlanan dalga çek. 1c'de görülür. İki zarf eğrisinin denklemleri

$$F_1(t) = a + 2b \sin \omega t$$

$$F_2(t) = -a$$



Şekil: 1 — Stereofonik dalga şekillerinden biri : burada ele alınan durumda, sadece sol mikrofon bileşeni  $L(t)$  yayınlanmaktadır.

- Burada olduğu gibi, sol mikrofon sinyali  $L(t)$ , toplam sinyali  $M(t)$  ve fark sinyali  $S(t)$ 'nin ayırımıdır.
- Modüle edilmiş altt taşıyıcı  $A(t)$ .
- $M(t)$  ve  $S(t)$ , tamam olan sinyal.
- Tamam olan sinyalin frekans spektrumu.

dırlar. Sinyalin tamamının frekans spektrumu Şek. 1d'de görülmektedir. Denklem (4)'ten bulunabileceği gibi, her iki yanbandın genlikleri  $1/2$  b'ye eşittirler.

Şekil 1c'de görülene benzer bir sinyal, verici tarafından yayılan r. f. taşıyıcıyı modüle eder. FM'de modüle eden sinyalin genliği frekans sapmasını belirlediğinden, yayılan dalga şeklinin zarfı belirli sınır değerleri arasında tutulmalıdır. Alttayıyıcının var olması sebebi ile de, tahsis edilen frekans sapmasının ancak bir kısmı toplam sinyal için kullanılabilir. Bu demektir ki stereo alıcısı olmayan bir dinleyici, stereofonik olmayan bir sinyalin frekans sapmasından daha küçük bir sapma gösteren sinyal olacaktır. Şek. 1'e ait özel durumda,  $F_m(t)$  zarfının maksimum genliği  $a+2b$ 'dir. (Maksimum frekans sapmasına karşılıktır). Eğer, doğrudan doğruya deteksyonun sağlanabilmesi için  $F_m(t)$ 'yi her an pozitif tutmak istersek, şundan emin olmalıyız ki  $b$ ,  $1/2$  a'yı hiç geçmemelidir. Bu durum,  $F_m(t)$  için maksimum değer olarak  $4b$  vermektedir ve bu demektir ki

$$M(t) = b \cdot \sin pt$$

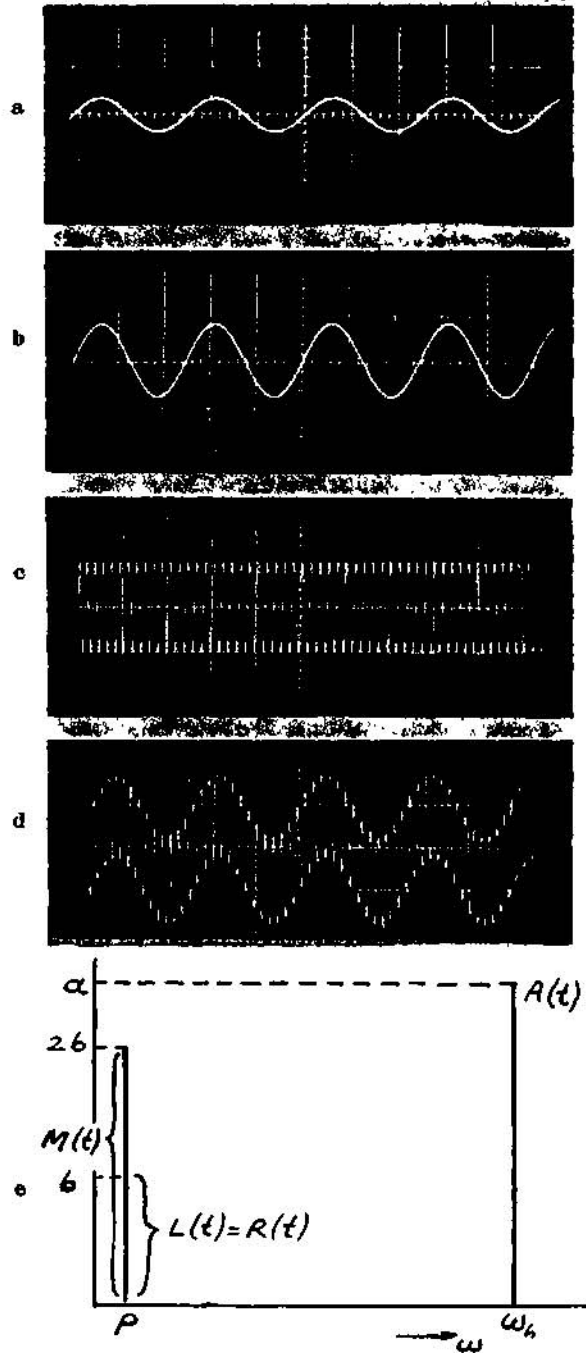
sinyalinin yarattığı maksimum frekans sapması, tahsis edilmiş olan maksimum frekans sapmasının dörtte birine eşit olmalıdır.

Sol ve sağ sinyallerin tamamen eşit oldukları diğer bir özel durumu inceleyecek olur isek, nisbeten daha iyice bir durumla karşılaşırız. Bu durumda

$$L(t) = R(t) = b \cdot \sin pt$$

dır (Şek. 2a). Toplam sinyali  $M(t)$  ise  $2b$ 'lik bir genliğe sahiptir (Şek. 2b) ve fark sinyali  $S(t)$  ise sıfırdır; bu demektir ki, alttayıyıcı modüle edilmeden kalır. (Şek. 2c). Stereo enformasyonu taşımakta olan sonuç dalga şekli Şek. 2d'de gösterilmiştir. Görülüyor ki  $M(t)$ 'nin yarattığı frekans sapması, tahsis edilen frekans sapmasının yansı kadarına genişliyebilmektedir. Şek. 2e ise sonuç frekans spektrumunu göstermektedir.

Pratikte, Şek. 1 ile 2'de gösterilen durumlara çok az rastlanmasına rağmen, şu hakikat hala vardır: toplam sinyalinin yarattığı frekans sapması, bir FM kanalı için kabul edilen maksimum frekans sapmasından küçük olmaktadır. Sonuç olarak, stereo alıcısı olmayan bir dinleyici, frekans - modülasyonunun kullanılması ile sağlanan 'karışımından kurtulma iyiliğini' kaybetmektedir. Bu kayıp, alttayıyıcının genliğini azaltmak suretile kısmen önenebilir ve bu azaltma, tahsis edilen frekans sapmasının büyükçe bir kısmının toplam sinyali tarafından kullanılmasını sağlar. Fakat bu durum, stereo alıcısı olan için iyi değildir, çünkü alttayıyıcı ve ona bağlı



Şekil: 2 — Sele. rdeki sistemin aynt için diğer bir stereo/emik dalga şekli : burada sol ve sağ sinyaller identiktirler.

- Sol ve sağ sinyaller,  $L(t) = B(t)$ .
- Toplam sinyali  $M(t)$ ,
- Alttayıyıcı  $A(t)$ .
- Tamam olan sinyal  $M(t) A(t)$ .
- Tamam olan sinyalin frekans spektrumu.

olarak fark sinyali daha küçük bir İgaret-gürültü oranına sahip olacaktır. Zaten alttayıyıcının

daha yüksek frekanslarda yayınlanması yüzünden fark sinyalinin toplam sinyale göre daha zayıf bir işaret-gürültü oranına sahip olması ile stereo alıcının durumu biraz daha bozulmuş bulunuyordu (Bu noktaya Kısım II'de tekrar geleceğiz). Görüyoruz ki, alttaşıyıcıyı muhakkak gerekli olan değerden daha fazla bir zayıflatmaya, uğratmak akıllılık değildir.

Alttaşıyıcının genliğinin sürekli olarak fark sinyali tarafından % 100 modülasyon verecek şekilde kontrol edildiği bir sistem üzerinde çalışılmıştır. Avantajlar arasında diğer vericilerin karışmalarına karşı azaltılmış bir duyarlık (susceptibility) vardır. Fakat, sistem dezavantajlardan yoksun değildir; en önemlilerinden biri aşırı-modülasyona uğramış bir dalga şeklinin kolaylıkla ek distorsiyon yaratabileceğidir.

Bastırılmış alttaşıyıcı sistemi :

Bunlardan başka, alttaşıyıcının tamamen bastırılmasına dair bir Amerikan, teklifi de vardı, öyle ki alttaşıyıcının sadece, iki yanbandı ana taşıyıcıyı modüle etmektedirler. Fakat bilindiği gibi, alttaşıyıcı-frekans fark sinyalinin deteksiyonu için muhakkak gerekli olan bir elemandır ve o halde bu demektir ki, bu frekans alıcıda lokal olarak yaratılmalıdır. Bu işe yardımcı olmak, üzere, sistem, bastırılmış alttaşıyıcı frekansının yarısına eşit bir frekansı yayınlamak üzere sağlar. «Pilot sinyali» diye adlandıracağımız bu sinyali göstermek üzere  $P(t)$  sembolünü kullanalım. Bastırılmış alttaşıyıcının yanbandlarına «Stereo alt-sinyali» diyelim ve  $H(t)$  sembolü ile gösterelim. 38 kc/s'lik frekans, bu yazının giriş kısmında FCC sistemi diye belirtilen sistemin alttaşıyıcısı için seçilmiştir ve buna göre de pilot sinyalinin 19 Kc/s'lik bir frekansı vardır. Ana taşıyıcı üzerine bindirilmiş olan ve «multipleks sinyali»  $F(t)$  diye adlandıracağımız dalga - şeklinin 3 bileşeni vardır :

- Toplam sinyali  $M(t)$
- Stereo alt - sinyali  $H(t)$ , ve
- Pilot sinyali  $P(t)$ .

Bunlar, aşağıda verilen bağıntı ile bağlanmışlardır :

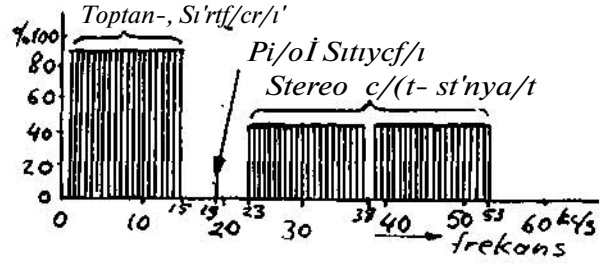
$$F(t) = M(t) + H(t) + P(t)$$

$$= M(t) + a \frac{S(t)}{S_m} \sin \omega_m t + p \sin \omega_p t \quad (5)$$

Burada  $a$ ,  $S_m$ , ve  $\omega_p$  denklemin (1)'deki anlamlarını aynı taşırlar ve  $p$ 'de pilot sinyalinin genliğidir. Evvelce olduğu gibi, eğer  $a$ 'yı  $S_m$ 'e eşitlersek, bu halde multipleks sinyali

$$F(t) = M(t) + S_d O \sin \omega_m t + p \sin \omega_p t \quad (6)$$

denkleminde verilecektir.



Şekil 3 - FCC sisteminde elde edilen multipleks sinyalinin spektrumu. Bu diyagram, yayınlanan sinyallerin çeşitli bileşenlerinin frekans bölgelerini ve bu bileşenlerin alabilecekleri en büyük genlik değerlerini maksimum multipleks sinyali değerinin yüzdesi ile göstermektedir.

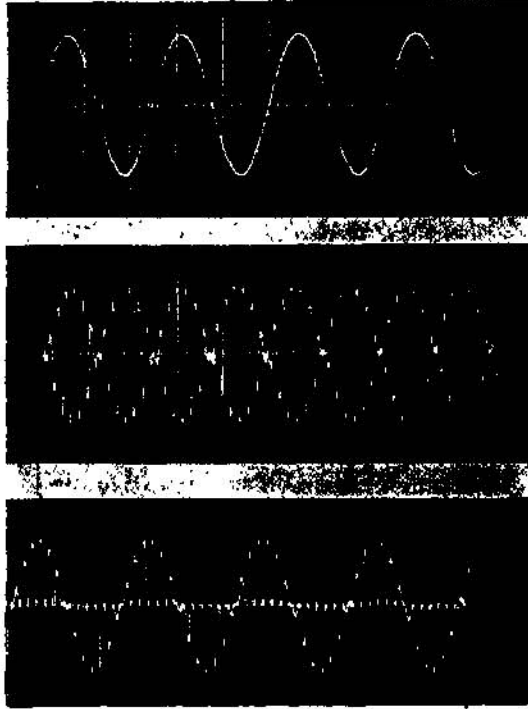
Şekil 3, multipleks sinyalinin frekans spektrumunu göstermektedir. Toplam sinyali  $M(t)$ , yaklaşık olarak 50 c/s'den 15 Kc/s'ye, stereo alt - sinyali  $H(t)$  ise 38 Kc/s'de yaklaşık olarak 100 c/s'lik bir boşluk bırakmak üzere 38-15=23 Kc/s'den 38 + 16 = 53 Kc/s'ye uzanan spektrumlarına sahiptirler. Pilot sinyali  $P(t)$ ,  $M(t)$  ile  $H(t)$  arasındaki işgal edilmemiş aralığın ortasına gelmektedir. Bu yüzden, alıcı multipleks sinyalinden pilot sinyalini basit bir filtre veya ekseri durumlarda olduğu gibi 19 Kc/s'ye akortlanmış basit bir devre yardımı ile ayırmaktadır. Eğer alttaşıyıcının frekansına eşit frekansta bir pilot sinyalli sistem kullanmış olsa idi (bu, alttaşıyıcı frekansının tamamen bastırılması yerine zayıflatılması demek olacaktır), Şek. 3'ün incelenmesinden kolaylıkla anlaşılacağı gibi, alıcıda bu pilot sinyalini diğer bileşenlerden ayırmak için çok keskin eğimli bir seçici filtreye lüzum duyulacaktı.

Pilot sinyalinin genliği, taşıyıcı ile modüle edildiğinde, tahsis edilen frekans sapmasının % 10'unu kapsayacak şekilde seçilmiştir. FCC sisteminin çok önemli bir tarafı, toplam sinyali ile fark sinyali genliklerinin % 90'ük bir sapmayı verebilecek şekilde seçilebilmeleridir. Böylece, mono alıcısı olan bir dinleyici, bir monofonik transmisyonun işgal ettiği band genişliğinin % 10 düşüğü olan bir frekans sapmasını alabilecektir. Stereo alt - sinyal, frekans sapması yönünden «ek bir kayıba sebe polmadan» yayınlanan sinyal içinde olacaktır. Bunun sebebi çok şartıcı olabilir. Fakat,  $L(t)$  ve  $R(t)$ 'nin eşit oldukları durum yani fark sinyali  $S(t)$  nin ve ona bağlı olarak stereo alt-sinyal  $H(t)$ 'nin sıfır oldukları hatırlanmak suretiyle bu sebep anlaşılacaktır. Bu yüzden  $M(t)$ 'nin tahsis edilen frekans sapmasının % 90'ını kullanmasına karşı çıkacak herhangi bir itiraz olamaz. (Yukarıdaki açıklamaların, bastırılmamış alttaşıyıcı kullanılan sistem için doğru olmadığını okuyucuya

hatırlatırız. Çünkü,  $S(t) = 0$  olsa bile alttağıyıcı her an, için vardır.)

Eğer mikrofon çıkışlarından biri sıfır olsa, diyelim ki  $R(t)$  sıfır oluyor, bu durumda  $M(t)$  küçülür ve bu küçülme -yüzünden boş kalmış, olan frekans salınım bölgesi stereo alt-sinyal  $H(t)$  tarafından kullanılabilir. Eğer  $R(t) = 0$  ise,  $L(t) = M(t) = S(t)$ 'dir ve tahsis edilen frekans salınım bölgesinin % 45'i toplam sinyali tarafından ve diğer % 45 i de stereo alt-sinyal tarafından kullanılabilir. Böylece, iki sinyal birlikte evvelce olduğu gibi % 90'lık bir frekans salınımı yaratmış olurlar. Şek. 4a ve c, biraz evvel anlatılan durumlara ait mültipleks sinyal biçimlerini göstermektedirler; burada pilot sinyali ihmal edilmiştir, sol ve sağ sinyaller sinüs dalgaları olarak alınmışlardır.

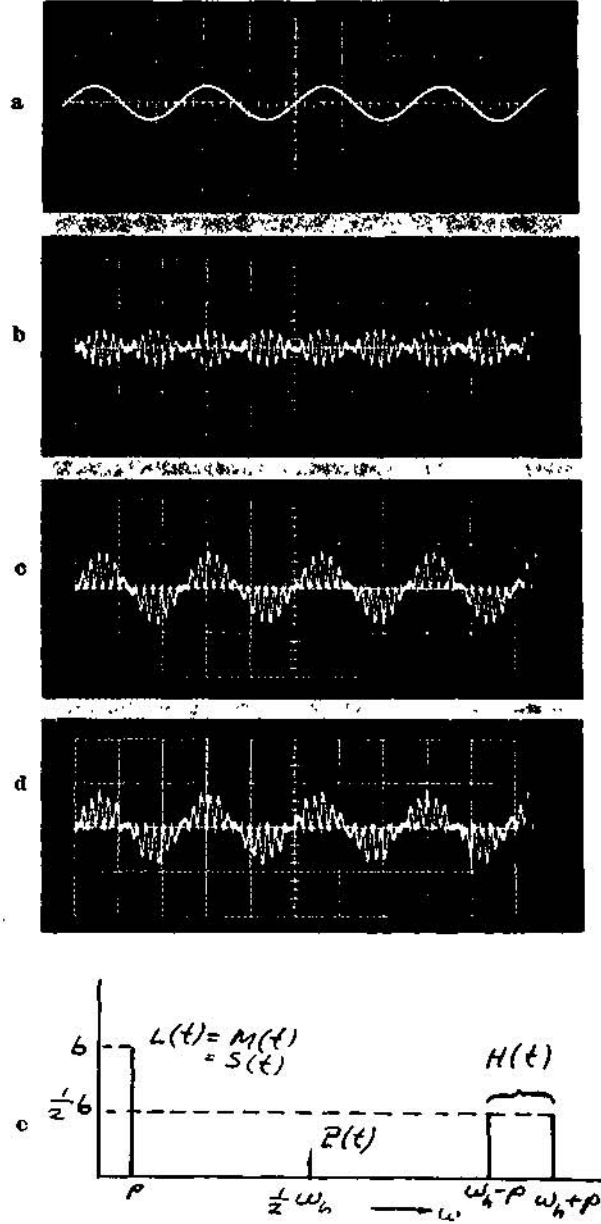
Sol ve sağ sinyallerin eş ve zıt fazda oldukları  $R(t) = -L(t)$  olan bir diğer özel durumu ele alalım.  $M(t)$  sifıra eşittir ve % 90'lık frekans sapması böylece stereo alt-sinyal tarafından kullanılabilir (Şek. 4b). Bu durumda yanbandlardan her birine maksimum frekans sapmasının % 45'ini kullanma imkânı verilebilir. Yukarıda anlatılanların maksimum değerleri Şek. 3'te göz önüne alınmıştır. Burada  $P(t)$  nin yüksekliği sabit genliğini,  $M(t)$  ve  $H(t)$ 'yi veren iki yan-



Şekil : 4 — FCC sistemi ile elde edilen pilot sinyalsiz mültipleks sinyali. Ses sinyalinin frekansı 3000 c/s'dir.

- a) Sol ve sağ sinyaller eşit ve aynı fazdadırlar.
- b) Sol ve sağ sinyaller eşit ve zıt fazdadırlar.
- c) Sağ sinyal bulunmamaktadır.

bandların yükseklikleri de maksimum değerlerini mültipleks sinyalinin maksimum genliğinin yüzdesine göre göstermektedirler — hepsi, izafi genliği gösteren düşey eksene göre ölçülmüştür.



Şekil . 5 — FCC sistemi ile elde edilen ve sadece sol sinyal bileşeninin bulunduğu mültipleks sinyalinin kompozisyonu

- a) Sol sinyal, toplam sinyali ve fark sinyali  $L(t) = M(t) = S(t)$ .
- b) Stereo alt-sinyali  $B(t)$ .
- c)  $M(t)$   $H(t)$ , pilot sinyalsiz mültipleks sinyali
- d)  $M(t)$   $h(t) + P(t)$ , tamam olan mültipleks sinyali.
- e) Mültipleks sinyalinin spektrumu.

Şek. 5, FCC mültipleks sinyalinin yapısını çeşitli bileşenlerinin biçimini göstermek sureti ile aydınlatmakta, ve evvelce Şek. 1'de analiz edilmiş olan sadece sol sinyalin (Şek. 5a)

$$L(t) = b. \sin pt$$

şeklinde bulunduğa bir özel durumu vermektedir. Şek. 1'de olduğu gibi toplam sinyali  $M(t)$  ve fark sinyali  $S(t)$ ,  $L(t)$ 'ye eşittirler. Şek. 5b, stereo alt - sinyali göstermektedir; İlgili denklem de;

$$H(t) = b. \sin pt. \sin^2 t \quad (7)$$

dlr. (Bu denklem bastırılmamış alttaşıyıcı stereo alt-sinyali veren (4) denklemi ile karşılaştırılmalıdır). Şek. 4c'ye karşılık olan Şek. 6c'de  $M(t)$  ve  $H(t)$ 'nin toplamları gösterilmiştir. Pilot sinyali  $P(t)$ 'nin katılması ile Şek. 5d'de gösterilen mültipleks sinyalinin tamamı olan  $F(t)$  elde edilir. Şek. 5e ise  $F(t)$ 'nin frekans spektrumunu vermektedir.

Pilot sinyalsiz FCC mültipleks sinyalinin denklemi, denklem (6)'dan çıkarılabilir ve,

$$F_0(t) = M(t) + S(t). \sin^2 t \quad (8)$$

dlr. Bu mültipleks sinyalinin zarf eğrileri, evvelce olduğu gibi,

$$\sin \omega_h t'ye$$

+I ve -I değerlerini vererek bulunabilir. Böylece,

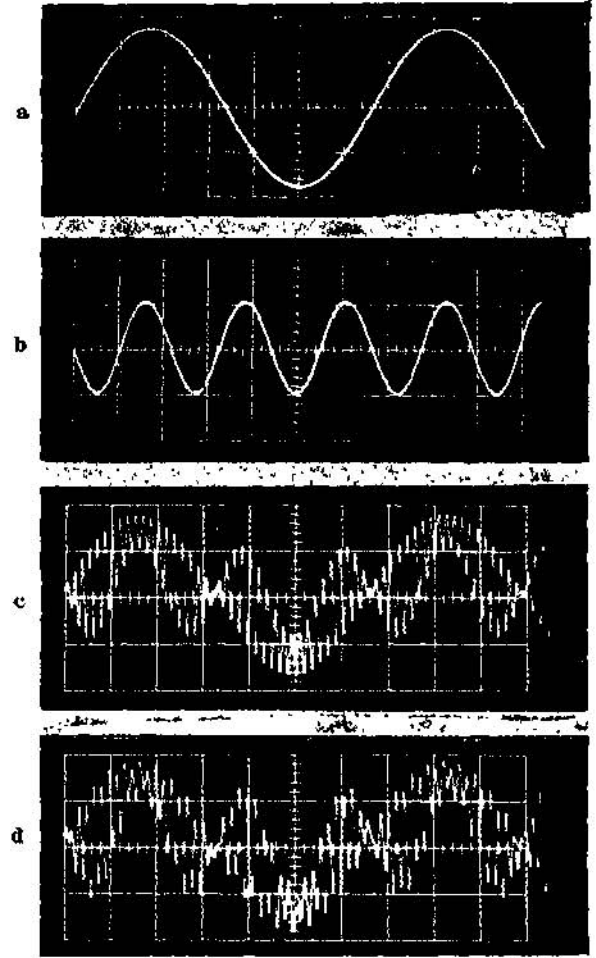
$$F_{01}(t) = M(t) + S(t) = 2 L(t) \quad (9a)$$

$$F_{02}(t) = M(t) - S(t) = 2 R(t) \quad (9b)$$

elde edilir. Görüyoruz ki,  $a=S_m$  şartının sağlanması ile sol ve sağ sinyal bileşenleri, zarf eğrileri ile aynı biçimleri taşımaktadırlar. Fakat alttaşıyıcının olmayışı sebebi ile zarf eğrileri sıfır doğrusundan geçerler (3a ve 3b denklemleri ile karşılaştırınız). Bu tipte alınan bir sinyal, iki diot kullanmak suretile doğrudan doğruya dekte edilemez. Bununla beraber, bu zarfın bazı özelliklerinden faydalanma ksurette hem alıcı hem de vericide gerekli İşlemler yürütülebilir; bu noktaya, sistem için devreleri incelerken tekrar geleceğiz.

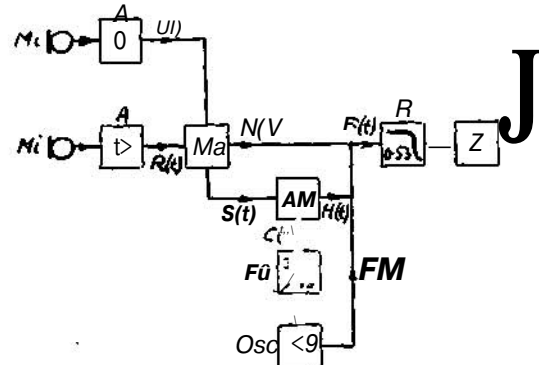
FCC sisteminde yayınlanan mültipleks sinyalinin çok açık bir resmi, sol ve sağ sinyal bileşenlerinin frekanslarının farklı oldukları bir durum benimsenerek elde edilir. Şek. 6'da, frekansların 1000 c/s ve 3000 c/s oldukları kabul edilmiştir ve bu sinüs dalgaları Şek. 6a ve b'de görülmektedirler. Şek. 6c pilotsuz mültipleks sinyali göstermektedir. Pilot sinyalinin katılması ile Şek. 6d'de görülen mültipleks sinyalinin tamamı elde edilir.

Sol ve sağ sinyal bileşenleri, tamam olan mültipleks sinyalinin zarfından ayırddilebilir. Fakat bu sinyallerin varlıkları pilot sinyalsiz mültipleks sinyalinin gösteren şekildeki kadar be-



Şekil : 6 — Frekans ve genlik bakımından farklı değerlerde bulunan sol ve sağ sinyallerin yarattığı mültipleks sinyali.

- a) Sol sinyal (frekansı 1000 c/s).
- b) Sağ sinyal (frekansı 3000 c/s).
- c) Pilot sinyalsiz mültipleks sinyali.
- d) Tamam olan mültipleks sinyali.



Şekil: 7 — Stereofonik programlar için FCC sistemindeki bir vericinin blok devresi. Mi : mikrofonlar. A : amplifikatörler. Ma: tMatris\*. Osc : 19 kc/s'de çalftan osilatör. FD : frekans - dublörü. A3t : genlik modülatorü. Z : verici. Fi : alçak - geçiren filtre.