

TELEVİZYONDA PROPAĞASYON

Neş'et YILMAZIÜBK
TRT'

ÖZET

Zemin boyunca ilerleyen elektromagnetik dalgaların muhtelif propagasyon halleri; serbest uzay, düzgün zemin üzerinde düz yer kabuğu ve manialı yer kabuğu üzerindeki propagasyonlar genel propagasyon formüllerine dayanan Bullington abaklarından faydalanarak etüd edilmektedir. İyonosferik propagasyonlar uygun bazı tesadüfi şartlarda elverişli olduğundan etüd edilmemektedir. I. Fresnel bölgesi açıklığındaki mantalardaki yansımalar nazarı itibare alınmamaktadır.

SUMMARY

in this article propagation of ground waves in free space, on flat surface of the earth and on the surface of the earth which is not flat are investigated by the use of Bullington charts. The ionospheric propagations are not investigated since only under some conditions the ionospheric propagations are convenient. The reflections in the I. Fresnel region are taken as a basis and other reflections are not taken into consideration.

Radyasyon ve Propagasyon

Antenler elektromagnetik dalga meydana getiren veya ortamdaki elektromagnetik dalgadan işaret (voltaj) meydana getiren elemanlardır. Eğer bir anten ortama elektromagnetik dalga hasıl ediyorsa verici anten denir. Vertel antenlerin elektromagnetik dalga meydana getirmesine radyasyon denir. Ortamdaki elektromagnetik alandan voltaj meydana getiren antene alıcı anten denir. Meydana gelen elektromagnetik dalganın verici anten ile alıcı anten arasındaki ve yaydığına propagasyon denir.

Bir verici antenin uzaya yaydığı elektromagnetik dalga, E elektrik alanı ve H magnetik alandan meydana gelir. Her iki alan birbirlerine dik olup vektörel çarpımları yönünde elektromagnetik alan (dalga) v hızı ile ilerler.

Elektromagnetik dalga özellikleri Maxwell denklemleri ile ifade edilebilirler. Maxwell denklemlerinin diferansiyel ifadesi;

$$(1) \quad \text{rot } H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$(2) \quad \text{rot } E = - \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$(3) \quad \text{div } I = 0$$

$$(4) \quad \text{div } I = \rho$$

$$J: (A/m^2) \text{ atam yoğunluğu}$$

coulomb

ρ_v) yük yoğunluğu

E) Elektromagnetik dalga hızı.

$v \ll c$

İzotrop ortamda $D = \epsilon E$, $H = \frac{1}{\mu} \text{rot } A$ olur. Ortam boşluk veya hava ise $v = c$ (elektromagnetik dalga ışık hızı ile yayılır) $G = O_p \ll O$ alınabilir. Zemin boyunca yayılan elektromagnetik dalga da (j- çit O dır. Bir elektromagnetik dalga da magnetik alan maksimum olduğu zaman, elektrik alanı sıfır; magnetik alan sıfır olduğu zaman, elektrik alanı maksimum olur. Elektromagnetik dalga antenden meydana gelip uzaya yayılmakta, güç dağılımı olmaktadır. Ortama yayılan, güç yoğunluğu w pointing vektörü ile ifade edilir. Bu vektör $w = E \times H$ olup elektromagnetik dalganın ilerleme doğrultusundadır.

Televizyonda propagasyon :

Televizyonda zemli boyunca ilerleyen elektromagnetik dalgaların muhtelif propagasyon halleri etüd edilecektir. İyonosferik propagasyonlar tesadüfi olduğundan her zaman yeteri kadar fayda temin etmezler. Yer dalgalarının serbest uzay, düzgün zemin üzerinde; ve bu dalgaların difüzyonu ile düz yer kabuğu, manialı yer kabuğundaki propagasyon halleri genel propagasyon formüllerine istinad eden Bullington abaklarından faydalanarak etüd edilecektir.

1. Serbest uzayda propagasyon

Hertz dipolünde $g_t = 1,5$ olduğuna göre


Omnidireksiyonel (izotropik) bir kaynakta güç yoğunluğu; P_t : Kaynağın toplam güçü olduğuna göre;

$$P_t = \int_{\Omega} P_r d\Omega = \int_{\Omega} \frac{1}{4\pi r^2} P_t d\Omega$$

Yarımlanmış dalgalar (1/2) dipolde $g_r = 1,64$ olduğuna göre

4... 1-2

7 VP,

<p>120 j-</p>	<p>gücü Şekil U' de efektif radyasyon gücü $P_r = 1$ hır d wa ERP $\frac{P_t}{4\pi} \frac{g_r}{g_t}$ $\frac{1}{4\pi} \frac{1}{1,5} = 0,0167$ W dalga diyolde (1.) skala d mesafeleri (2.) skalada E_0 serbest uzay alan şiddetleri verilmektedir, ı) 1.2. Serbest uzayda antenler arasındaki</p>
	<p>transmisyon zayıflaması: Alınan gü.ç: $(E \cdot X)^2 / S_r$</p>
<p>120 * 30 rbest uzay alan şiddeti (V/n afe (m) dir.</p>	<p>$2 \cdot J = 120$ $E = (V/m)$ atadaki alan şiddeti 300</p>
<p>100\$ 160- E₀: Se r: Mes 01 0i • 8- 2000 ; 1000 50 J 500 100 20 30 85</p>	<p>f : (MHz) Frekans g_r: Alıcı antenin omnidireksiyonel antene J nazaran güç kazancı Yarım dalga (1/2) lik di-Ş polde $g_r = 1,64$ olduğuna göre .S ? $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$ $E = \sqrt{\frac{P_r}{S}} = \sqrt{\frac{1}{0,13 \cdot X^2}} = \frac{2,77}{X}$</p>
<p>100\$ 160- E₀: Se r: Mes 01 0i • 8- 2000 ; 1000 50 J 500 100 20 30 85</p>	<p>$\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$ Bu ifadenin şekil 1 de (2.) (3.) (4.) akalalarda ^ değerleri verilmektedir. Alınan gücün radyasyon güce oranı; . P , $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$</p>
<p>100\$ 160- E₀: Se r: Mes 01 0i • 8- 2000 ; 1000 50 J 500 100 20 30 85</p>	<p>Verici ve alıcı antenler yanm dalga (1/2) dipol iseler $g_r = g_r = 1,64$ olursa güçleri oranı, $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$ $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$ $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$</p>
<p>100\$ 160- E₀: Se r: Mes 01 0i • 8- 2000 ; 1000 50 J 500 100 20 30 85</p>	<p>Serbest uzay transmisyonunda $E/E_0 = 1$ dir. ' $\frac{P_r}{P_t} = \frac{g_r}{g_t} = \frac{1,64}{1,5} = 1,093$ Şekil U' de (1.) skala ile (4.) skalada veril- mektedir.</p>

g_t : Kaynağın (anten) omnidireksiyonel kaynağa nazaran güç kazancı.

Şekil U' de (1.) skala ile (4.) skalada veril-
mektedir.

ü. Dttzgiin zemin üzerinde propagasyon:

H.1. Omnidireksiyonel (Izotropik) anten ile elemanter dipolde (Hertz dlpölü) yatay polarizasyon için; alıcıdaki bileşke alan şiddeti:

$$E = \frac{E \cdot d}{E} \quad \frac{E \cdot d \operatorname{Re}}{E} \quad \frac{JA}{\cos \theta}$$

$$R \cos \theta_2 e^{jA}$$

Verici ve alıcı antenlerinin her tkisinin de Hertz dlpölü ve düşey polarizasyonu için büeşjte alan şiddeti;

$$E = E^{\wedge} (\cos \theta_0 + R \cos \theta) Q_2 e^{jA}$$

E_0 : (V/m) d mesafesindeki serbest uzay alan şiddeti

R : Zeminin kompleks yansıtma katsayısı

$$J = V (-1) e^{jA} = \cos A + j \sin A$$

A : i! yolu ile gelen direkt dalga ile r_2 yolu ile yerden yansıyan dalga arasındaki yol farkından dolayı meydana gelen faz farkL

ğ : Açrı (Şekil 2)

$$\frac{f \cdot C}{a - r \cdot C f f}$$

î-

Yeteri kadar uzak mesafeler ve 0^{mm} küçük değerleri için \hat{a} , r_a , r, fanklan azalır. Takriben.

$$E = E \quad) \text{ olur.}$$

$$E = E_0 [1 + R e^{jA} + (1 - R) A e^{jA}] \hat{g}$$

nın çok küçük değerleri için $R \approx -1$ olur.

A : Yüzey dalgası zayıflama faktörü olup frekansa, zeminin katsayılarına ve polarizasyon tipine tabidir.

$$A \sim$$

$$1 + J \frac{2,rd}{\sin \hat{g} + z} *$$

$$E = E \quad / \quad 2 \sin$$

$$[(1-R) + (1-R) A] e^{jA} \quad \frac{i}{2} \quad j$$

$$d > 5 (h + h_0) \text{ ise } A = \frac{4, \sqrt{a}}{\sqrt{a}} \text{ olur.}$$

ve $A > 0,5$ radyan ise

$$2. h_0, h$$

$$E = E \quad (2 \sin$$

Burada zeminin enterferans tesiri göze çarpar.

(O — 2E) arasında değişmektedir.

alınabi-

$$A \ll 0,5 \text{ radyan ise } \sin \frac{A}{2}$$

ilir.

$$E = E_0 \frac{4, h', h_r}{\dots}$$

$$h' = h + j h_0$$

h : Hakiki anten yüksekliği

$$X$$

$$h =$$

$$2, z$$

h : Minimum efektif anten yükseldięi

S

X

Juy.1.
I o
«***».

>

$$\frac{H^{\wedge}}{7-16 \Delta n}$$

$$\gg V_r *$$

$$Co \quad 400 \quad 300 \quad 500$$

$$Sfui.3 \quad Fr *ta *$$

$$\text{olarak } M, *, *, V *$$

o
l
§
<S 0
OD lf) C*
> ! o o o 0
<o cn N
x- 6 o 6
y
• t | ! < a « § " | * TM /

^ V
t
.
^
N
Q

JC f 0000
o o
§
Cn o o /
1 1 1 1
O in
ir»
in

Minimum efektif anten yüksekliği deniz suyu, 1yl ve kötü zemin için Şekil 3'de düşey ve yatay polarizasyonda frekansa göre değişim grafikleri verilmiştir.

Minimum efektif anten yüksekliğinden küçük anten yükseklikleri için yüzey dalgası kontrol edilebilir.

Anten yüksekliklerinin bu civarda değişimi ile alınan alan şiddeti veya güç farkedilebilir mertebede değişmez. Anten yüksekliği minimum efektif anten yüksekliğinden büyük olursa alınan güçte Artma olursa da, hakiki anten yüksekliğine Veya minimum efektif yüksekliğine eşit almak elverişlidir.

H.2. Düzgün zemin üzerinde antenler arasındaki transmisyon zayıflaması:

Güçler oranı:

H	W	a	(U)
-15		9	0.1
3	40	49	4
5	40	«0	VI-
40	30	50	2 3
30	30	400	7:
30	60	60	
50	60	10t	
400	60	>	
	60	300	
		300	
		000	

Yarım dalga ($\sqrt{2}$) dipolde $g_t = g_r = 1,64$ olduğuna göre Şekil 4 de verici gücü $P_t = 1$ vat alınarak dB olarak (1 vatın altındaki değerler olarak) tanzim edilmiştir.

III. Yer eğriliğinin propagasyona tesiri

HL1. Düzgün yer eğriliğinde propagasyon :

Çok yüksek frekanslı elektromagnetik dalgalar difraksiyon tesiriyle bükülürler. Bükülmeden dolayı ufuk ötesinde propagasyon vuku bulur. Görüş hattı anten yüksekliğine ve (k) atmosferik refraksiyona tabidir. Şekil 5'deki abakta görüş menzili verilmektedir. Görüş hattının gerisindeki propagasyon ilâve bir difraksiyon zayıflaması hasıl eder. Şekil 6'da alınan güçte, serbest uzay propagasyonuna ilâve difraksiyon zayıflamaları verilmektedir.

UL2. Manialjı yer eğriliğinde propagasyon :

Yer kabuğu mükemmel bir küre değildir. Tepeler, ağaçlar, binalar v.s. engebeler propagasyona tesir eder.

Düzlem dalgaların keskin bir köşe veya mania üzerinde difraksiyonları gölge zayıflamasına sebep olur. Keskin manialardaki zayıflamalar Şekil 7'deki abaktan tayin edilebilir. Manianın H yüksekliği antenleri birleştiren doğru ile manianın tepesi arasındaki mesafedir. H sıfıra yaklaşıırken gölge kaybı 6dB'e yaklaşır. H'nin pozitif değeri arttıkça artar. Direkt dalga maniaya çarpmadığından H negatiftir. Gölge kaybı' sıfıra yak-

mesafe

4000 •

L	1-, Lz	Lj
(U)	CM	24
2.	10	24
3	^	« +22
5.	<	24 " +10
«0	40	11 <a
-	10	1«
N X	10	e
&	«~	V
S	4,050	*
K<>	«3	7<
200<	4°0	19 X
J^p-	39	*•
«00-1	500	fo *

•5 ç 300. •*8

>h

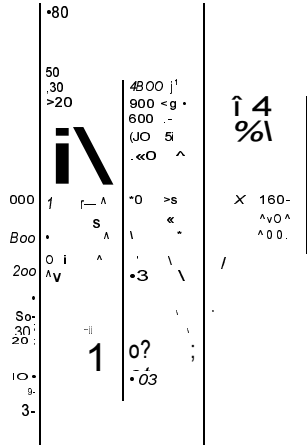
, *» : SJ

«00-

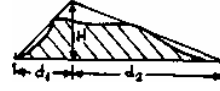
"•'«

^

"f;£f^3 1*



H>0



it

$j, \wedge cfa \quad H>0 \quad a/, n, r-J$

//«Ve

lagır. Şekil 7'de zayıflama akalasında $H < \wedge O$ kısmında farklı O Seviyeleri görülmektedir. Yukarıdan aşağı I. ü. ve İÜ. Fresnel bölgesi açıküğü için farklı Sfir seviyeleridir.

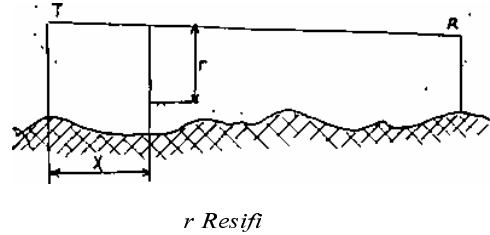
Propagasyon için I. Fresnel bölgesi açıklığı en elverişli olup bu halde transmision serbest uzay propagasyonundau 1, 2 dB daha iyidir.

I. Fresnel bölgesi odaklan antenler olan bir elipsoiddir Şekil 9. Bu elipsoid üzerindeki her noktadaki maniada; verici antenden maniaya oradan da alıcı antene olan yol üzerindeki faz gecikmesi, antenler arasındaki direkt yoldaki fa' gecikmesinden $\sqrt{2}$ kadar büyüktür. Maniaya gelen dalga ile yansıyan dalga arasındaki faz farkı da $\sqrt{2}$ dir. Böylece elipsoid üzerindeki herhangi bir noktadan yansıyarak gelen dalga ile verici antenden ge-len direkt dalga, alıcıda aynı fazda olurlar. Bile.gike, her iki dalganın aritmetik toplamı olup serbest uzay propagasyonundan daha elverişlidir. Direkt ve yansıyan dalgalar arasındaki yol farkından dolayı faz farkı \wedge olan noktaların geometrik yeri n. Fresnel bölgesidir. Serbest uzay propagasyonuna nazaran 1 dB zayıflama olur.

Aynı şekilde yol farkından dolayı meydana gelen faz farla $3 \sqrt{2}$ olan bölge m. Fresnel bölgesidir ki serbest uzay propagasyonuna nazaran 0,8 dB kazanç mevcuttur.

Verici antenden dj , alıcı antenden $\langle i$, uzaklığında bir noktadaki I. Fresnel bölgesi açıklığı (elipsoid yarı çapı)

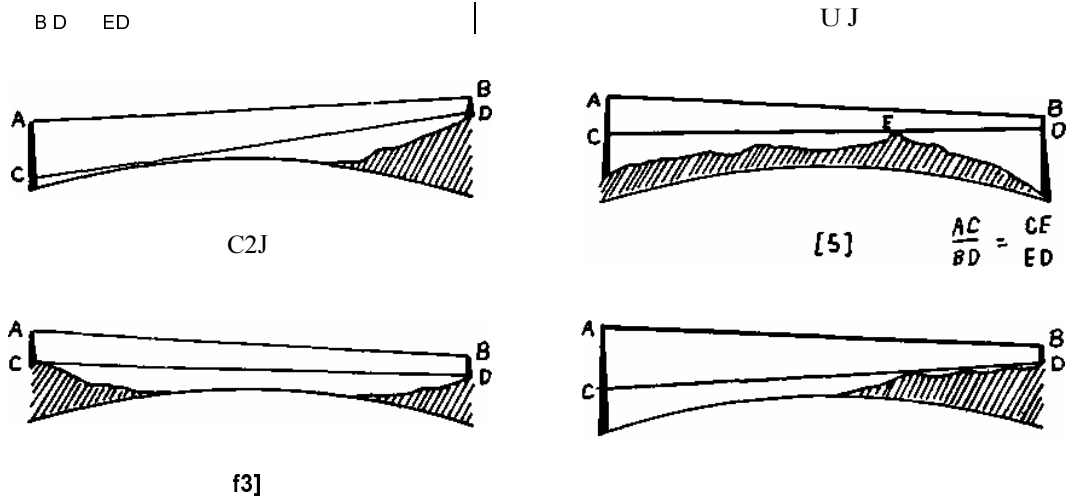
d, .d.



I. Fresnel bölgesi açıklığı antenler civarında ve göze çarpan manialarda kontrol edilir. Şekil 10'da direkt görüş hattında verici anten A, alıcı anten B civarında ve antenler arasındaki herhangi bir maniadaki I. Fresnel bölgesi açıklığı¹-nm olup olmadığım gösteren misaller verilmiştir.

I. Fresnel bölgesi açıklığı olmyan E noktasından. CDE yer düzlemi geçirilir ve anten yükseklikleri olarak AÇ ve BD alınır. Düzgün zemin üzerindeki propagasyon halinde etüd edilir.

Şekil 11'de manialı görüş hattında propagasyon misalleri verilmiştir. Burada mania nazan itibare alınmaksızın A, B ve F gibi noktalarda I. Fresnel bölgesi açjMığı kontrol edilip CD yer



Şetii.10 t>İK.££T 6ÖKÛŞ HA7TINDA

£*J I. Fı-esnei açıklığı yok.

[2] Z. Fı*stuet *ç.ı leltâi A civarında, var B c/varında yok

L 3] I. // p A *

I. A t, £

I. A ve 8 n yar E

J. A var 8

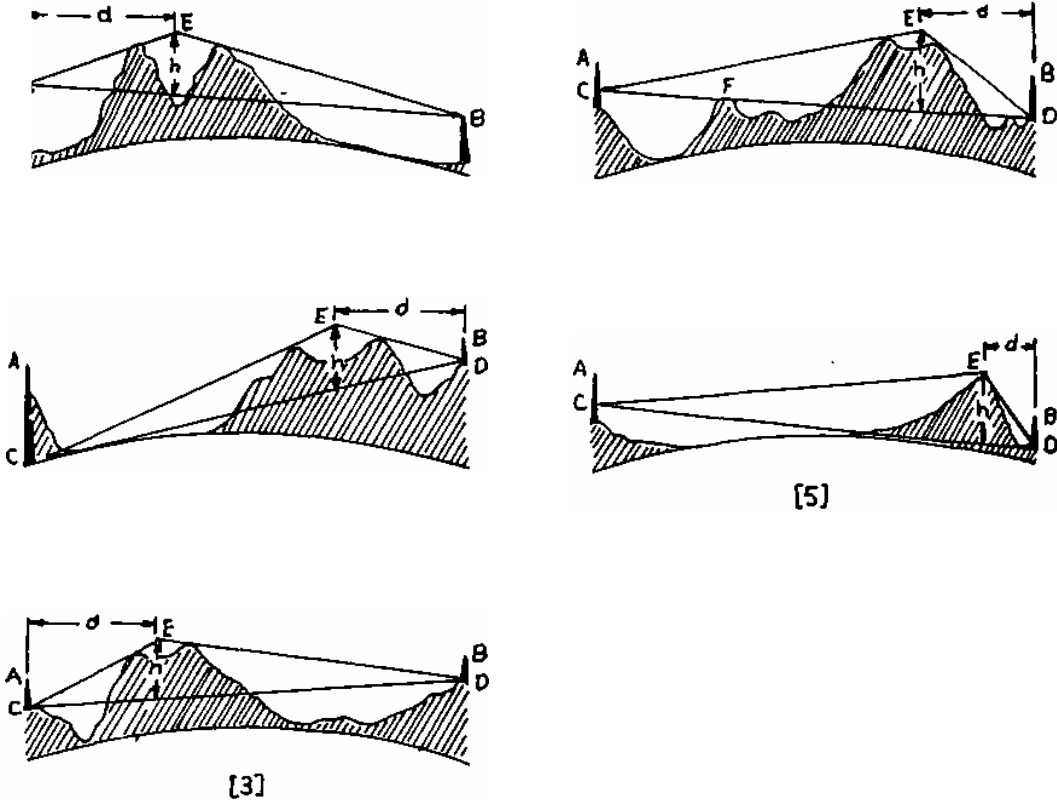
düzlemi tesbit edilir. Şekli itfa benzer tarzda düzgün zemin üzerindeki propagasyon haline irca edilerek etüd edilir. Ayrıca gölge zayıflamaları da etüde ilâve edilerek manialı görüş hattı propagasyonu etüd edilir.

Şekil 12*de ufuk ötesi propagasyon misalleri verilmiştir. Bu halde de I. Fresnel açıklığı A, B ve F gibi noktalar için kontrol edilir. Yer düzlemi tesbit edildikten sonra düzgün zemin üzerindeki propagasyon halinde etüd edilip; manianın gölge kayıpları da incelenerek ilâve edilir.

Verici ile alıcı antenler arasındaki rfin.ii.in.Tnn iki veya daha fazla olması halinde problem biraz

daha karışiktir. Grafik entegrasyonla problem basite irca edilebilir (Seldi 13). Görüğü bloke eden tepelerle antenlerin birleştirilmesiyle elde edilen üçgenin yüksekliğine eşit tek bir tepenin hasıl ettiği gölge zayıflamasından 2 - 3 dB daha az olarak kabul edilebilir. Şekil 13 tfde iki tepenin H, Hj yükseklikleri fle elde edilen zayıflamaların toplamı ile toplam gölge zayıflaması tayin edilebilir.

Direkt görüş hatta, manialı görüş hattı ve ufuk ötesi propagasyon örneklerini ihtiva eden kesit örneği Şekil 14'de verilmektedir.



ŞEKİL - H MAMAL/ &ÖAÜ? HATT/MDA

[Y7 J'. Fresnet apUttO/ Şaytt /n<W* v *

[1] X. " " civ ı !» Var/- B e v0>f'''<> > :

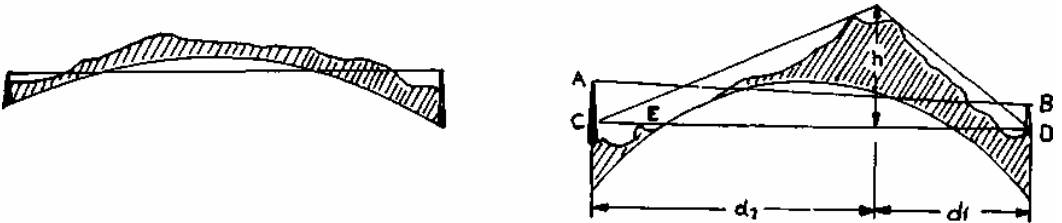
3 J , ,, 4 * <J v * B civ m * ok

f4J i * " >f 'ı v«Y* B<iv* t*>c ı o

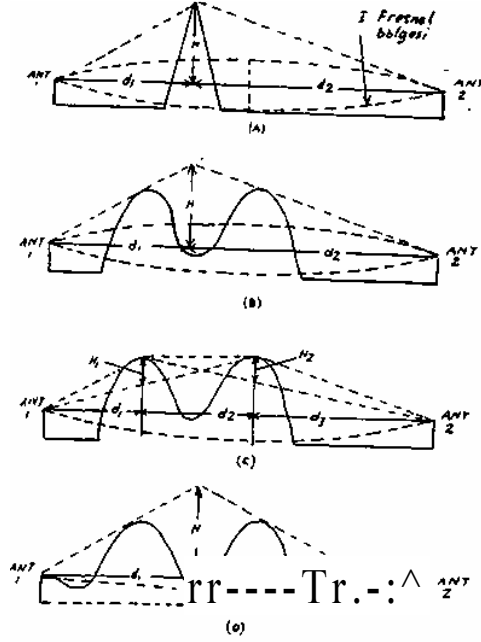
I ', v * \ S c v uf

Verici anten yüksek rakımla bir tepe üzerine yerleştirilir, muhtelif doğrultularda kesitler çıkarılıp yer profili diyagramları tanzim edilir.

Bu diyagramda muhtelif noktalarda (antener civarında ve göze çarpan manialarda) I. Fresnel bölgesi açıklığı mevcut ise transmisyon za-



ŞEKİL .12 ' UFUK ÖTESİ PROPAGASYONU



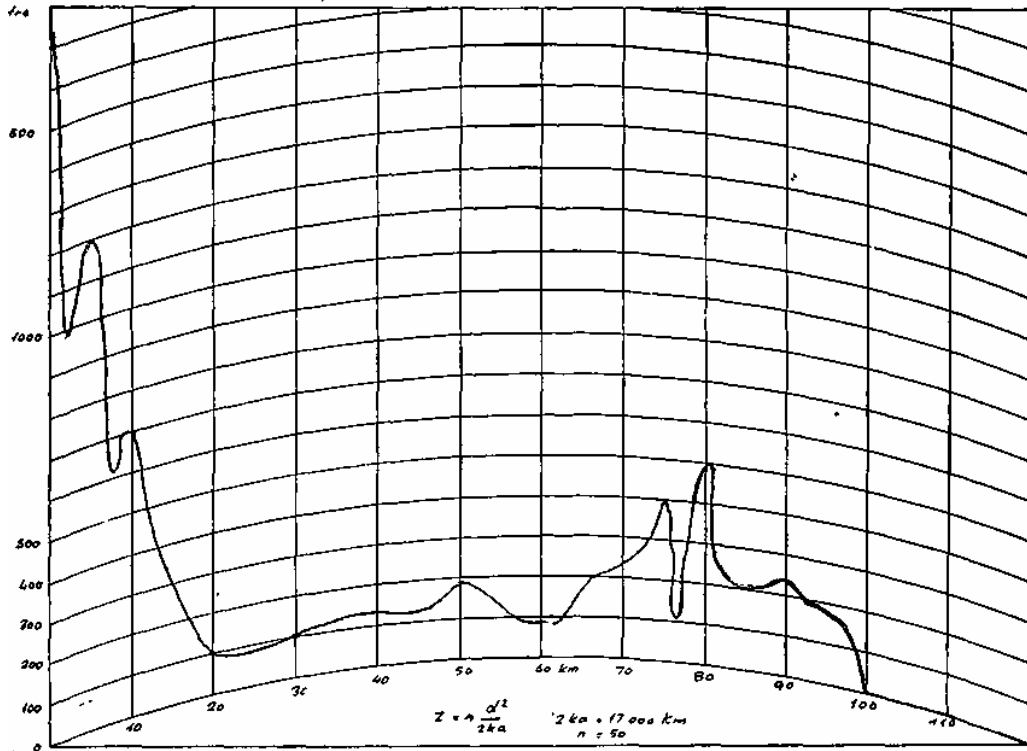
ŞEKİL 13 MANIALARIN GRAFİK İNTEGRASYONU

yiğilmesi serbest uzay propagasyonu durumunda tayin edilmelidir. Eğer I. Fresnel bölgesi açıklığı yok ise yer düzlemi Fresnel açıklığı olmayan noktadan geçirilerek düzgün zemin üzerindeki transmisyon zayıflaması durumunda tayin edilir. Umu miyetle alıcı anten yüksekliği 10 m. olarak alınır. Verici anten yüksekliği asgari 50 m. alınmalıdır. Bu metotta televizyon dalgalarına tesir eden tali faktörler nazan. itibare alınmamaktadır. Zemin boyunca ilerleyen dalgalar ağaçlar, bina v.s. ikinci derecedeki manialardan difüzyona, yansımaya maruz kalırlar. Muhtelif yollardan mükerrer yansımalarla alıcıya erlebilen elektromagnetik dalgalar sahnenin tekerrürü ne sebep olurlar. Alıcı anten yüksekliği 10 m. olduğuna göre gerekli minimum alan şiddeti değerleri dB olarak muhtelif bandlar için CCIR tavsiye lerine göre;

BANT	I	m	IV	V
Minimum alan şiddeti (dB) : referans	+ 48	+ 55	+ 65	+ 70

Frekans modülasyonlu radyo yayınlarında (Band Ü) vasat dinleme için gerekli minimum alan şiddeti :

ŞEKİL 14 YER PROFİLİ



Köy ve tartarda + 48 dB +
Kasabalarda Büyük 60 dB + 70
şehirlerde dB dir.

Verilen alan şiddetleri seviyesi gürültü seviyesi artımı ile artmaktadır. Minimum alan şiddetleri, enterferans olmadığından yeterlidir. Enterferansdan korunmuş alan şiddeti değerleri minimum alan şiddeti değerlerinden 10 -12 dB daha büyüktür.

REFERANS

1. Site selection for VHF and UHF transmitting Station, EBU Technical Monograph, No. 3140.
2. NAB Engineering Handbook.
3. High altitude VHF and UHF broadcasting stations, EBU Technical Monograph, No. 3108.
4. OCIR Cilt H (Propogation) 1963.
5. Anten ve Elektromagnetik Dalgaların Propogasyonu, Prof. Dr. A. Ataman İTÜ. Ders Notu 1963.

TÜRKİYE ELEKTRİK KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜNDEN

170 KY.LUK AKIM TRAFOSU ALINACAKTIR

Kurumumuzun Şebeke yatırımlarında kullanılmak üzere Dünya Bankasına üye memleketlerden ve İsviçre'den 850 adet 170 kV.luk akım trafosu için teklif alınacaktır.

Teklifer en geç 21 Eylül 1971 günü saat 14.30'a kadar Kurumumuz Şebekeler Dairesi evrak servisine teslim edilecektir. Postadaki gecikmeler nazarı dikkate alınmaz.

Şartnameter, bu çeşit malzemeyi imal ettiklerini tevsik eden firmalara, yazılı müracaatları üzerine Ankara, Necatibey Cad. No. 3 de Şebekeler Dairesince verilir.

Kurumumuz 2490 sayılı Kanuna tabi değildir.

(Basın: A — 21045)

(E. M. — 501>