

# Troposferik Dağılma Sistemlerinde Birleştiriciler

Davras YAVUZ (•)

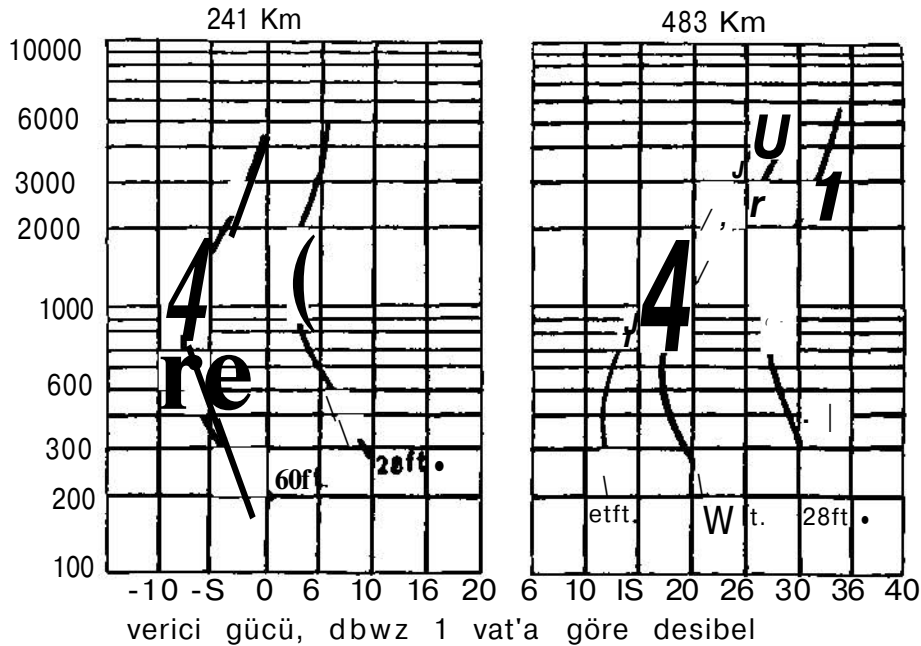
## Genel:

Son yıllarda, troposfer yayılması (= propagasyon) ve dağılması (= scatter) üzerinde pek çok araştırmalar, incelemeler ve uygulamalar yapılmıştır. Elektromanyetik dalga spektrumunun üst sınırlarına erişmek için yapılan bu çalışmalar, alçak frekanslar hakkında diğerlerine oranla daha fazla bilgi sahibi olmamıza ve gelişen haberleşme ihtiyaçlarının yeni frekans bantları gerektirmesine bağlı olabiliriz. Frekansın yükselmesi ile gürültü kaynaklarının etkisinin azalması ve dolayısıyla alıcıların daha düşük işaret seviyeleri ile çalışabilmesi de bir yardımcı sebep olarak gösterilebilir. Bu arada, gelişmiş troposferik haberleşme sistemlerinin ekonomi ile güveni en iyi bir şekilde kaynaştırma bakımından diğer sistemlere nazaran çok daha üstün olduğunu da belirtmek gereklidir.

Troposferik Dağıtma Sistemleri (Tropo — Scatter):

Troposferik dağılma sistemleri, yayılma ortamı olarak troposferi kullanan haberleşme sistemlerinin bir parçasıdır. Ufuk içi bağlantılar (Line of sight), ki bunlara görüntü bağlantıları da denilebilir, bu sistemlere diğer bir örnektir.

Troposferik dağılma sistemleri, kabaca 150-1500 Km. arası haberleşme bağlantılarında verimli olarak kullanılabilir. Bu çeşit sistemlerin çalışma frekansları da, bugünkü bilgi ve imkânlarla göre, 100 — 10000 Mc. olarak sınırlandırılmaktadır. Frekans yükseldikçe, yol kayıplarının (= path loss) ve alıcı gürültü katsayısının (noise figure) artmasına karşılık anten kazançları da yükselmektedir. Görülüyor ki belirli bir haberleşme bağlantısını optimum bir şekilde gerçek-



S ekil: 1 — Düz yüzey üzerinde, 241 Km (= 150 mil) ve 483 Km (= 300 mil) aralıklı antenler arasında 24 ses kanalı için bağlantı sağlayacak tipik

verici gücü eğrileri Alıcı girişlerinde parametrik amplifikatörler kullanıldığı kabul edilmiştir. Eğrilerin panlardaki sayılar, parabolik antenlerin foot olarak çaplarıdır. (NBS Report 6767 dan).

(\*) Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Bölümü son sınıf öğrencisi.

leştirecek bir frekans veya frekanslar bulunması gerekmektedir. Optimum çalışma frekansları, belirli bir haberleşme, sisteminin verilen şartlar içinde en az güçte sağlıklı frekanslar olarak tanımlanır. Şekil 1 de, verici gücünü frekansa bağlayan tipik bazı eğriler verilmiştir. Bu eğriler, troposferik dağılmanın ana yayılma yolu olduğu parabolik antenlerin düzgün bir yüzey üzerinde bulunduğu kabul edilerek hazırlanmıştır (1). Güç değerleri, 24 ses kanalı için gerekli alıcı işaret seviyesine göredir.

Daha önce de belirtildiği gibi, frekans yükseldikçe, etkileri hesaba katılması gereken gürültü kaynakları azalmaktadır. Örnek olarak, 300 Mc. in üstündeki frekanslarda insan yapısı kaynaklardan meydana gelen gürültünün hemen hemen yok olduğunu gösterebiliriz. İnsan "yapısı gürültü kaynaklarından olan buji patlamalarındaki güç, kabaca frekansın üçüncü kuvveti ile ters orantılı olarak değişmektedir. Diğer gürültü kaynaklarından olan şimşekler ve güneş lekeleri, belirli zamanlarda kısa sürelerle etkileyici olduklarından büyük önem taşımamaktadırlar. Bunların dışında kalan ısı ve kozmik kaynaklar troposferik dağılma sislemelerine etkiyen başlıca gürültülerdir. Isıl gürültü kaynakları atomik ve moleküler titreşimlerden meydana gelmektedir. Kozmik gürültüler uzayda çeşitli kaynaklardan doğmaktadırlar. Kozmik kaynakların en önemlisi, yaklaşık olarak Galaksi'nin ortasında bulunan Akrep (Scorpio) ve Yay (Sagittarius) takım yıldızları çevresidir.

Troposferik dağılma sistemlerinde en büyük problem zaman zaman meydana gelen sönme (= fading) olayıdır. Sönmeleri iki kısma ayırabiliriz:

- 1 — Kısa aralıklarla, kısa süreler için meydana gelen sönmeler, bunlar dakika ve saniye cinsinden zaman birimleri ile karakterize edilebilir.
- 2 — Uzun aralıklarla, uzun süreler için meydana gelen ve ortalama işaret seviyesinde bir azalma olarak beliren sönmeler. Bunlar gün, ay, mevsim ve sene birimleri ile ifade edilir.

Birinci tipten sönmeler, farklı frekanslarda veya birbirinden dalga boyuna kıyasla büyük aralıklarla ayrılmış antenlerde genel olarak aynı zamanda meydana gelmezler. Bu bakımdan bu çeşit sönmelerin sakıncaları diversite metodları kullanılarak büyük ölçüde giderilebilir. İkinci tipten sönmeler, genellikle istatistik bilgiler ile tahmin edilebilir. Ekvator kuşağı (kabaca 25° kuzey — 25° güney paralelleri arası) dışında kalan bölgelerde, kış ayları, diğer mevsimlere kıyasla uzun devreli sönmelerin en etkili olduğu

zamandır. Yine bu bölgelerde, günlük işaret seviyeleri genel olarak öğleden sonra bir minimum gösterirler. Bahsi geçen bu iki minimum, yaklaşık olarak senelik ortalamasının 10 db. kadar altına düşer.

Kısa devreli sönmelerden bahsederken, bunların etkilerinin diversite metodları kullanarak giderildiği belirtilmişti. Şimdi bu metodlara göz atalım.

Troposferik yayılmalarda, deneysel incelemelerden ve istatistik bilgilerden faydalanarak, farklı frekanslarda veya yollarda (= path) kısa devreli sönme olaylarının aynı anlarda meydana gelmediği sonucuna varılmıştır. Böylelikle iki türlü diversite metodu ortaya çıkmaktadır.

1 — Frekans Diversitesi

2 — Yol (= path) Diversitesi

Aynı haber (= enformasyon), bir alıcı bir verici anten arasında farklı frekanslarda gönderiliyor ve alınıyorsa, bu frekans diversitesidir. Eğer aynı haber tek bir frekans kullanarak birden fazla alıcı verici anten çiftleri arasında gönderiliyorsa bu, yol diversitesidir. Tipik frekans diversite sistemlerinde, frekanslar arasındaki fark 100 Mc da bir kaç Mc; 1000 Mc. da 20-50 Mc kadardır. Yol diversitesi kullanan sistemlerde, antenler birbirlerinden, hem farklı seviyelerde hem de uzak bulunurlar. 1000 Mc da karakteristik değerler, antenler arası uzaklık 30-50 metre, antenler arası seviye farkı 5-20 metre olarak verilebilir.

Birleştiriciler:

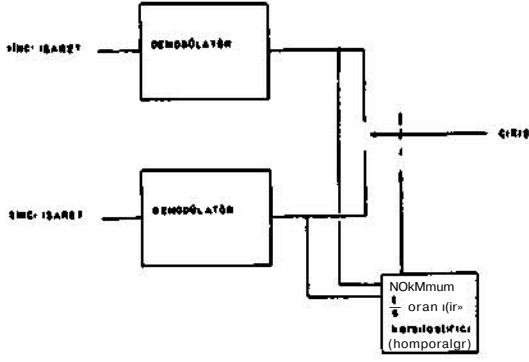
Diversite kullanan sistemlerde, alıcıların farklı frekanslarda ve/veya farklı yollardan gelen işaretleri verimli bir şekilde birleştirilmesi gerekmektedir. Alıcıların bu birleştirme işini yapan kısımlarına birleştirici (= combiner) denilmektedir.

Birleştirme olayının, detektör katından evvel veya sonra olmasına göre birleştiriciler ikiye ayrılabilir. Birinci tipte (Deteksiyon - öncesi Birleştirme) birleştirme ara frekansta, demodülasyondan önce yapılır. Bu çeşit sistemler, faz kontrol devreleri gerektirdiğinden geniş uygulama sahası bulmamıştır. İkincisinde (Deteksiyon - sonrası birleştirme) birleştirme demodülasyon katından sonra, base - band da yapılır. Bu günkü troposferik dağılma sistemlerinde diversite metodu olarak bu ikincisi daha çok kullanılmaktadır.

Birleştiriciler, kullandıkları metotlara göre üç kısma ayrılabilir.

1 — Seçici Birleştiriciler (= Selection Combiners) (Şek. 2)

(1) NBS Report 6767 G T.P.S. Prt 5 of 6 Tropospheric Systems.



Şekil : 2 — SEÇİCİ - BİRLEŞTİRİCİ  
(Selection Combiner) (Deteksiyon-sonrası).

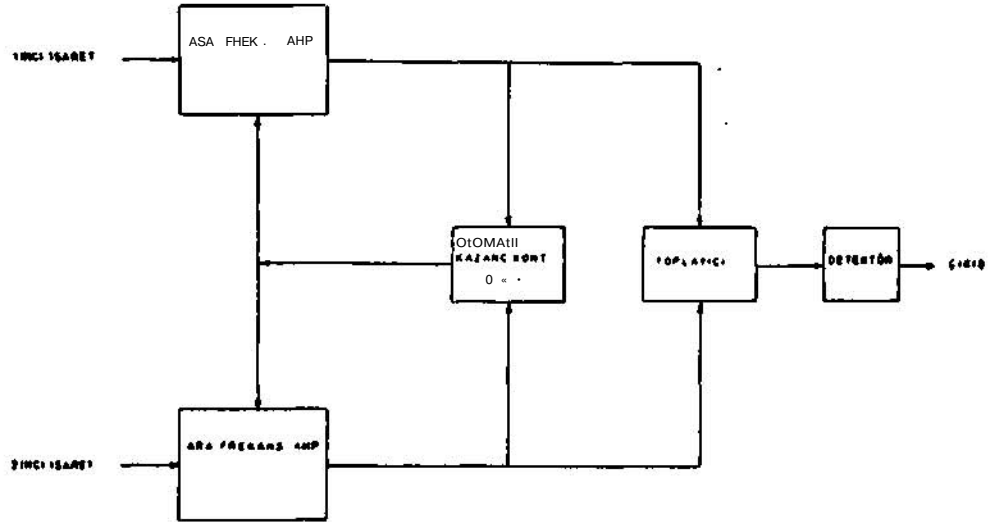
lar. Bu şekilde her hangi bir anda alıcılardan ancak bir tanesi kullanılır.

2 — Linear Ekleyici (= linear adder combiner)' (Şek. 3)

Bu birleştiriciler, sadece, girişlerindeki işaretleri toplar ve çıkışına bunu uygular. Her hangi bir anda bütün alıcılar kullanılır.

3 — Maksimum Oran Birleştiricisi (= Maximal Ratio Combiner) (Şek. 4)

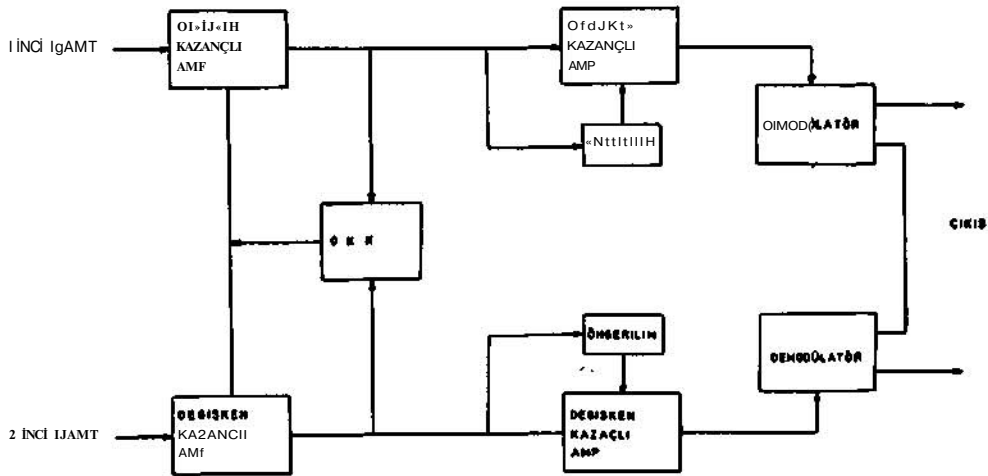
Bu tiplerde, girişteki işaretlerin kareleri alınır ve bunlar toplanarak çıkışa tatbik edilir. Bu metod ilk iki metodun en iyi taraflarını almıştır.



Şekil: 3 — LİNEER EKLEYİCİ BİRLEŞTİRİCİ (Equal gain combiner) (Deteksiyon - öncesi).

Bu tipler, işaretlerden en yüksek işaret / Güç rütlü oranı  $\left(\frac{I}{P}\right)$  olanı seçer ve çıkışa onu bağ-

lar. İkinci dereceden bir diversite sistemini ele alırsak, işaretlerden biri sıfır olursa, maksimum oran birleştiricisi bir seçici birleştirici gibi, işaretler eşit olursa lineer ekleyici gibi çalışır.



Şekil: 4 — MAKSİMUM ORAN BİRLEŞTİRİCİ (Maximal ratio combiner) (Deteksiyon - Öncesi)

Bu üç birleştiricinin karakteristiklerini karşılaştırmak için,

a) Birleştiricilerde, işaretlerin lineer olarak, gürültünün güç bakımından (efektif değer olarak) eklendiğini

b) Alıcıların eşit kazanç ve gürültü çıkışı olduğunu

c) Çıkış işaret / gürültü oranının belirli bir sayı olarak verildiğini kabul edersek,

1 — Seçici birleştiricilerde, her hangi bir andaki çıkış  $\frac{I_c}{G_c}$  oranı, o anda kullanılan alıcının  $\frac{I_c}{G_c}$  oranına eşittir.

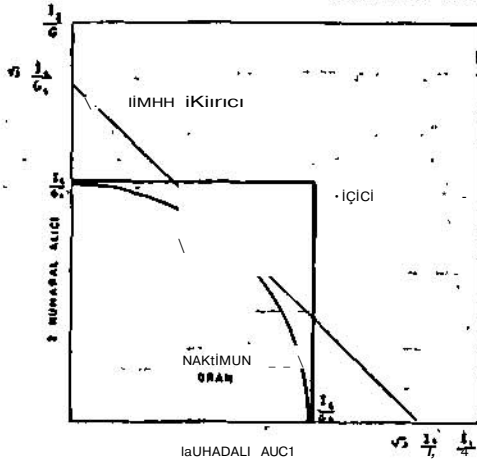
2 — Lineer ekleyici olarak çalışan birleştiriciler, belirtildiği gibi sadece girişteki işaretleri toplarlar. Diversite ikinci dereceden ise, yani, iki alıcı kullanılıyorsa,

$$\text{Çıkış işaret/gürültü oranı} = \frac{I_c}{G_c} = \frac{I_1 + I_2}{\sqrt{G_1^2 + G_2^2}}$$

$$G_1 = G_2 = G \quad \frac{I_c}{G_c} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{I_1 + I_2}{G}$$

verilmiş bir rakam olduğuna göre, bu

denklem, eksenler  $\frac{I_1}{G_1}$  ve  $\frac{I_2}{G_2}$  olan bir düzlemde bir doğrudur. Bak şek. 5.



Şekil : 5 — İkinci dereceden bir diversite sisteminde, verilmiş bir çıkış (işaret/gürültü) ( $I_c / G_c$ ) oranı elde edebilmek için alıcıların  $I/G$  oranları. (NBS Report 6767 GT.PS. 5 Of 6)

3 — Maksimum oran birleştiricilerinde, girişlerindeki işaretlere göre kazançları değişen\* ampifikatörler kullanılarak sinyallerin "kareleri alınır ve bunlar toplanır. Her hangi bir anda, kuvvetli işareti birim, diğerini K ile orantılı kabul edersek,

$$\frac{I_c}{G_c} = \frac{I_1 + K I_2}{\sqrt{G_1^2 + K^2 G_2^2}} = \frac{I_1 + K I_2}{G \sqrt{1 + K^2}}$$

$\frac{I_c}{G_c}$  nin hangi K değeri için maksimum olduğunu bulmak için bu denklemin türevini alır sıfıra eşitlersek,  $K = -\frac{I_2}{I_1}$  buluruz.

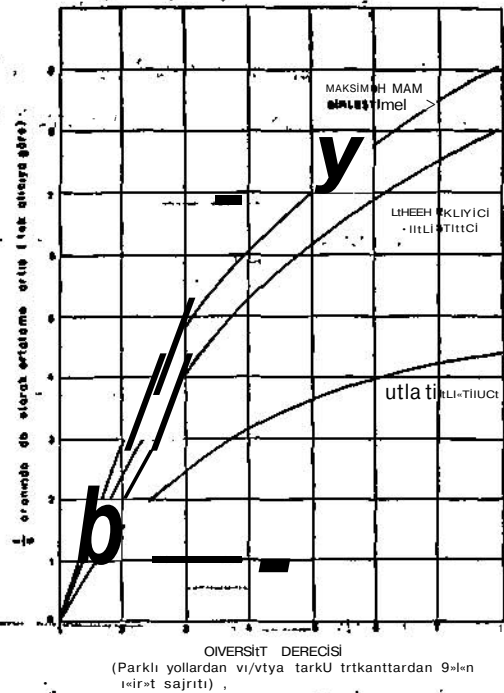
Bunu yerine koyarsak,

$$\left(\frac{I_c}{G_c}\right)_{\max} = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2}}{G} \left[\left(\frac{I_c}{G_c}\right)_{\max}\right]^2 = \left(\frac{I_1}{G}\right)^2 + \left(\frac{I_2}{G}\right)^2$$

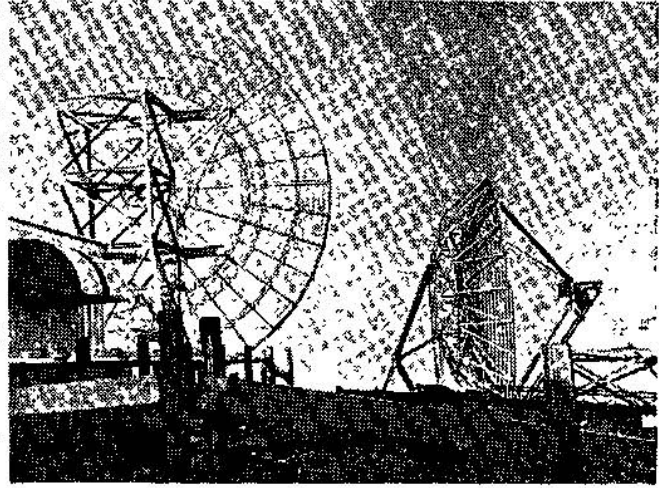
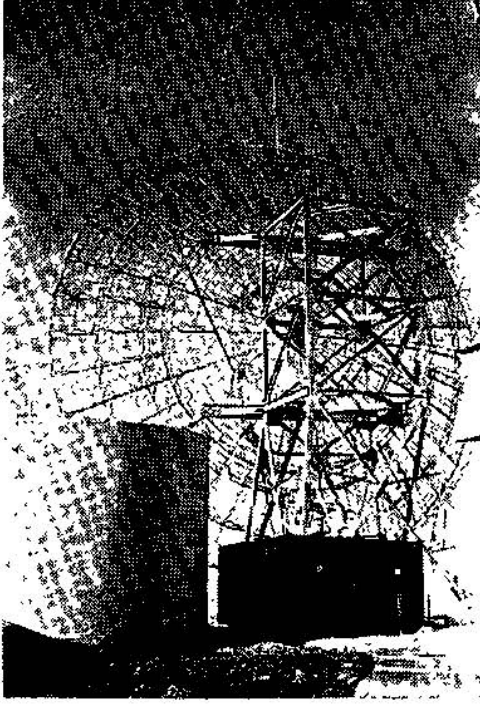
ç çıkar. Demek ölüyor ki, ampifikatörler, kazançları giriş işaret seviyeleri oranına göre değişecek şekilde dizayn edilirse, blok şeması verilen devre (Şekil AY bir maksimum oran birleştiricisi olarak çalışacaktır. Bu üç-çeşit birleştiricinin performansları toplu olarak Şek. 5 de gösterilmiştir. Maksimum oran birleştiricisi eğrisinin orijine yakın olmasından da anlaşıldığı gibi, bu tip birleştiriciler en iyi şartları temin etmektedir, şöyle ki, verilen bir  $\frac{I_c}{G_c}$  oranını elde etmek

için alıcıların  $\frac{I}{G}$  oranları daha ufak olabilir.

Şek. 6 da, bu üç birleştirme metodu ile elde jidilen  $\frac{I_c}{G_c}$  oranındaki desibel olarak artışı diversite derecesine bağlayan eğriler verilmiştir. Bu eğrilerden de görüldüğü gibi, en fazla  $\frac{I_c}{G_c}$  oranı artışı maksimum oran birleştiricisi ile mümkün olmaktadır. Meselâ, dördüncü dereceden bir diversite sisteminde seçici birleştiriciler sadece 3 db., lineer ekleyiciler 5,25 db., maksimum oran birleştiricileri ise 6tlb. kadar bir  $\frac{I_c}{G_c}$  oranı artışı verebilmektedirler.



Şekil : 8 — Çıkış (işaret/gürültü) oranındaki ortalama artışın yani düzelmenin diversite derecesi ile değişmesi. (NBS 6767).



Troposferik dağılıma sistemlerinde kullanılan antenler.

REFERANSLAR:

1—National Bureau of Standards (NBS) Report 6767.

«Ground Telecommunication Performance Standards» Part 5 of 6 - Tropospheric Systems.

2 — 1963 Yaz Staj Raporu, D. Yavuz, O.D.T.Ü. Elektrik Bölümü.

3 — Page Communications Engineers Installation and Test Manuals. Page Communications Engineers Technical Documentation Dept.

Yeni Yayınımız :

**Elektrik Santral ve Tesislerinin  
Kabullerine ait  
Talimatname**

**ODAMIZDAN TEMİN EDEBİLİRSİNİZ**

**IRAK'TA ÇALIŞMAK ÜZERE  
ELEKTRİK MÜHENDİSİ ARANIYOR**

Irak Çalışma ve İskân Vezaretinde istihdam edilmek üzere elektrik mühendisi aranmaktadır. İsteklilerde aranan şartlar şunlardır

1. Elektrik mühendisi (B. S.) veya yüksek mühendisi (M. S.) olmak,
2. Genel hizmete açık binaların elektrik tesisatlarının projelendirme, gerçekleştirme ve bakımda en az 7 yıllık tecrübesi olmak.

İlgilenenlerin doğrudan doğruya Ankara'daki Irak Büyükelçiliğine başvurmaları rica olunur.