

İyonosferine Dik Olarak Gönderilen Elektro-Magnetik Dalgaların İyonizeli Bir Ortamdaki Durumu

Enver ÇETİNER

Y. Müh-L. Stanford J.Ü.

I. FİZİKSEL DURUM:

Atmosfer bir yalıtkandır. Standard bir atmosferde radyo dalgaları ışık hızı ile ve bir doğru boyunca yayılırlar. Elektronlar atoma sıkı bir surette tutturulmuşlardır ve geçen radyo dalgalarının bunlar üzerindeki tek etkisi yörüngelerini değiştirmektir. Elektronların, geçen radyo dalgalarının etkisi sonucunda yörüngelerini değiştirmesi, bir kondansatörün dielektriginde olduğu gibi yer değiştirme akımı meydana getirir.

İyonosfer bir iletkenidir. İyonizeli bir ortamda serbest elektronlar vardır ve böyle bir ortamdan geçen radyo dalgaları bu serbest elektronlar üzerine bir kuvvet uygular. Bunun sonucu olarak serbest elektronlar geçen dalganın frekansında belli bir şekilde hareket ederler. Hareket eden elektronlar elektrik akımı meydana getirirler ve gerçek bir elektrik akımı geçer.

Titreşim yapan elektronlar, radyo dalgasından bir miktar enerji alır, minyatür bir anten gibi hareket ederek almış olduğu bu enerjiyi farklı bir fazda tekrar geçen radyo dalgalarına verir. Bu durum radyo dalgaları üzerinde iki etki meydana getirir.

a. Işık dalgası bir ortamdan kırılma endeksi farklı-başka bir ortama geçerken eğildiği gibi radyo dalgaları da elektron yoğunluğu büyük olan bölgelerden elektron yoğunluğu küçük olan bölgelere doğru eğilir.

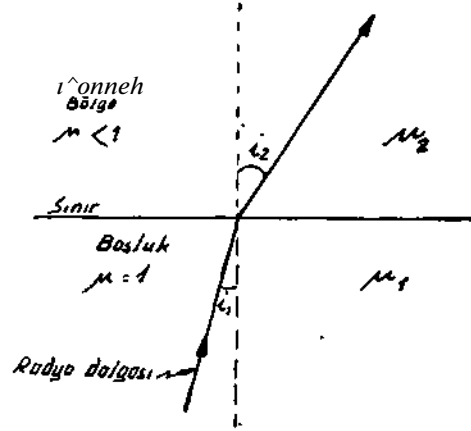
Başka bir deyişle, radyo dalgalarına göre iyonosfer kırıcı ortamdır. Şayet boşluğun kırılma endeksi (μ , sembolü kullanılır) 1 olarak alınırsa iyonizeli bir bölgenin kırılma endeksi daima 1 den küçük ve sıfır ile 1 arasındadır. Kırılma endeksi 1'e yaklaştıkça radyo dalgası daha az bükülür. Bu durumu bir şekilde göstereyim.

Radyo dalgasının iyonosferdeki bu kırılışını Snell kanununa göre şu denklemle ifade edebiliriz.

$$\mu_1 \sin i_1 = \mu_2 \sin i_2$$

b. Radyo dalgalarının grup hızını azaltır, y. sıfıra yaklaştıkça radyo dalgası geciktirilir ve $n = 0$ olduğunda sinyal durur.

Yukarıda izah ettiğimiz iyonosferin kırılma endeksinin ölçüsü olan bu iki tesirin değeri, aşağıda gösterilen iki büyüklük arasındaki bağıntıya tâbidir.



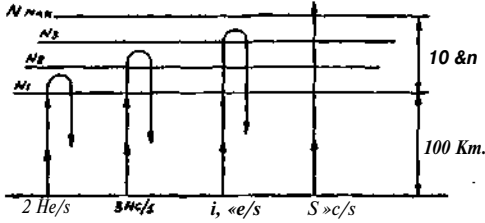
BIT dalgasının iyonosferdeki kırılışı.
(Şekil: 1)

1. Santimetre küpdeki serbest elektron sayısı (N sembolü kullanılır) N, ne kadar büyük olursa y. o kadar küçük olur ve dolayısıyla dalgada o kadar fazla eğilir.
2. Geçen radyo dalgasının frekansı (f) küçüldükçe (x de küçülür.
Bu izahtan anlaşılacağı gibi fi serbest elektron sayısı ile ters, frekans ile doğru orantılıdır.
(x, N ve f arasındaki bağıntıyı bir denklemle göstereyim.

$$\mu = \sqrt{1 - \frac{81N}{f^2}} \quad \text{Burada } f = \text{KC dir.}$$

Bu denklem incelendiği zaman şu sonuçlara varılır.

1. N nin herhangi bir sabit değeri için f nin öyle bazı kritik değerleri vardır ki, bunlar denklemde f nin yerine konduğunda H = Q olur. Bu durum meydana geldiğinde dalganın grup hızı sıfır olur, sinyal durdurulur ve tekrar arza yansıtılır. Tabiatıyla sinyal arza doğru gelirken grup hızı gittikçe artar ve iyonosfer tabakasını terkettikten sonra yine ışık hızı ile arza döner.
2. N nin aynı değeri için f bu kritik değerden daha büyük olursa μ , de 1'e yaklaşır ve radyo dalgası iyonosferi delip geçer ve bir daha arza dönmez, bu durumları bir gekil ile göstereyim.



(Şekil. 2)
Darbelerin bir tabakadan dönüşü

Yukarıdaki iki durumu şekil üzerinde de izah edebilmek için N_u , N_2 , N_3 ve N_{max} yoğunluklu dört ionosfer tabakası olduğunu kabul edelim.

- Frekansı 2 MC/S olan bir radyo - frekans darbesi dik olarak ionosfere gönderildiğinde, bu frekans için birinci tabakanın elektron yoğunluğu (N_1) y. yü sıfır yapmaktadır. Bu sebepten darbenin hızı gittikçe azalır ve nihayet sıfır olur. Darbe geriye yansır ve arza gelir.
- 3 MC/S lik darbe için N_1 tabakası y. yü sıfır yapamadığından dalga bu tabakayı delip geçer fakat N_2 tabakasından geri döner.
- 4 MC/S lik darbe için yalnız N_3 tabakası y. yü sıfır yapacağından bu dalgada ancak bu tabakadan geri döner.
- 5 MC/S lik darbenin grup hızını sıfır yapmağa hiç bir tabakanın elektron yoğunluğu kâfi gelmediğinden bu dalga ionosferi delip geçer ve arza dönmez. Bir tabakayı delip geçen frekansların en küçüğüne o tabakanın KRİTİK FREKANSI denir. Bu örnekte N_{m1} tabakasının kritik frekansı 5 MC, ve $z=1$ dir.

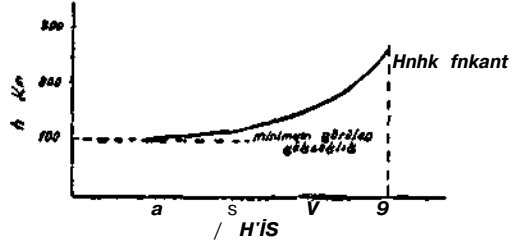
II. YÜKSEKLİKLERİN ÖLÇÜLMESİ :

1. Bir ionosfer istasyonundaki göndermecten ionosfere dik olarak bir sinyal gönderilir. Bu sinyal ionosferin herhangi bir tabakasından kırılarak tekrar arza döner ve aynı istasyondaki almaç tarafından alınır. Bu sinyalin gönderilme ve alınma arasında geçen zaman farkı ölçülür. Elektromanyetik dalganın hızı (boşlukta ışık hızına eşittir.) ve ekonun almaç tarafından alınması arasında geçen zaman bilindiğine göre, bu dalganın aldığı yol bulunur. Bu yolun yarısı yansıma noktasının yüksekliğidir.

2. Fakat daha önce de görmüştük ki elektromanyetik dalga ionosfer tabakasına girdiği zaman, grup hızı gittikçe azalmaktadır. Grup hızındaki gecikme miktarı N/f^2 oranına bağlıdır.

3. İyonosfer istasyonlarındaki yükseklik ölçükleri elektromanyetik dalgaların ionosferde de ışık hızı ile gittikleri kabul edilerek ayarlanmışlardır. Bu sebepten ionosfer istasyonlarında ölçü-

len yükseklikler «GÖRÜNEN YÜKSEKLİK» (h' sembolü kullanılır) dir. Elektro - manyetik dalgaların ionosferdeki hızı gittikçe azaldığından görünen yükseklik daima GERÇEL YÜKSEKLİK den büyüktür. İyonosfer istasyonundaki osiloskop üzerinde göreceğimiz frekans* yükseklik grafiği Şekil 3. de gösterildiği gibi olur.



(Şekil : 3)
 h'' -f grafiği

Şekil 3 den de anlaşılacağı gibi 2 MC/S de dalga ionosfer tabakasında fazla zaman sarfetmediği için görünen ve gerçel yükseklikler arasındaki fark pek azdır.

3 ve 4 MC/S de dalga ionosfer tabakasında gittikçe artan bir zaman sarfettiğinden gecikme de artmaktadır. Bu sebepten görünen yükseklik gerçel yükseklikten büyüktür.

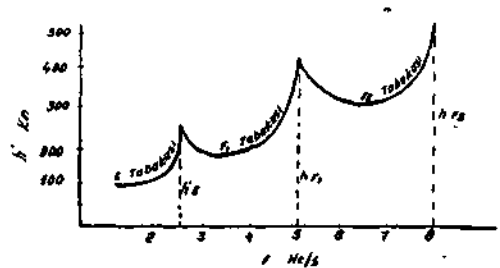
NOT : Görünen yüksekliği gösteren ionogramdan gerçel yüksekliğin nasıl bulunacağını örneklerle başka bir yazımda göstereceğim.

III. ÇOKLU TABAKALARDAN GELEN EKOLAR :

İyonosfer gündüz çok açıkça beliren üç tabakayı ihtiva eder. Bunlar : E_f ve F_2 tabakalarıdır. Bu üç tabakanın kritik frekanslarının ve minimum görünen yüksekliklerinin aşağıda gösterildiği gibi olduğunu kabul edelim.

E tabakası — 2,5 MC/S	: 100 Km.
F_1 tabakası — 5,0 MC/S	: 200 Km.
F_2 tabakası — 8,0 MC/S	: 300 Km.

Bu durumları temsil eden $h' - f$ grafiğini şekille gösterelim.



(Şekil : 4)
Çoklu tabakaların $h' - f$ grafiği.

Bu şekli tetkik ettiğimizde şu neticeleri çıkarabiliriz :

1. 2,5 MC/Sde elektro - magnetik dalga E tabakasını geçmekte ve F₁ tabakasından eko vermeye başlamaktadır.

2. 2,5 ilâ 3,5 MC/Sde dalgalar E tabakasını delip geçmekte fakat bu tabakada bir miktar gecikmeye maruz kalmaktadırlar. Bu gecikme tesiri, dalga frekansı E tabakası kritik frekansının dışına çıktıkça yavaş yavaş azalmaktadır. (Verilen bir N kıymetine göre frekans artıkça gecikme tesiri de azalır.)

3. 3,5 MC/S de dalga, E tabakasının kritik frekansının dışına çıktığı için bu tabakayı hiç bir gecikmeye maruz kalmadan geçer.

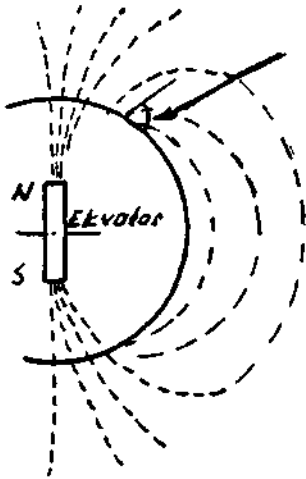
4. F₁ tabakasının minimum görünen yüksekliği F₂ tabakası ekosu üzerindeki en düşük noktadır. Bu sebepten dalga F₂ tabakasında gittikçe artan bir gecikmeye maruz kalır ve frekans artınca sinyal bu tabakayı delip geçer ve F₂ tabakasından ekolar alınmaya başlar.

5. F₂ tabakasından alınan ekolar başlangıçta evcelce olduğu gibi F₂ tabakasından geçerken bir gecikmeye maruz kalırlar.

6. Yüksek tabakaların, elektron yoğunluğu ve kritik frekansları aşağıdaki tabakalardan daha büyük olmadıkça gözükemeyeceğinin yani bunlardan eko alınmayacağına iyi anlaşılması lâzımdır. Şayet F₁ tabakasının kritik frekansı 4 MC/S olsa idi bu dalga 5 MC/S olupta F₂ tabakasını delip geçemedikten sonra F₂ den eko alınmazdı.

IV. ARZIN MAGNETİK ALANI :

Arzın magnetik alanı, iyonosferdeki dalganın basit olarak izah ettiğimiz durumunu bir hayli değiştirecektir. Arzın magnetik alanı, arzın merkezine konan bir dipolin husule getireceği magnetik alanın aynıdır. Bunu şeklen göstereyim.



(Şekil : 5)

Arzın magnetik alanı.

ûalma açın

Dalma açısı, magnetik kuvvet hatları ile arz yüzeyi arasındaki açıdır. Bu açı ekvatorda sıfırdır (kuvvet hatları hemen hemen yatay olduğu için) ve kutuplarda da 90° dir. (kuvvet hatları dik olarak arzın içine daldıkları için).

Magnetik alan şiddeti ekvatorda minimum, kutuplarda maksimumdur.

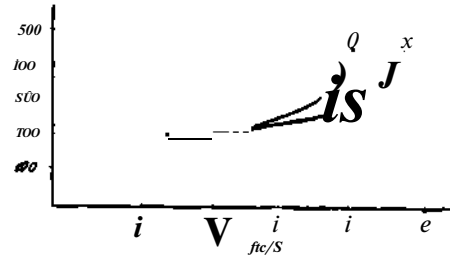
V. ARZIN MAGNETİK ALANININ TESİRİ :

Radyo dalgaları iyonosfere girdiği zaman iyonosferdeki serbest elektronları harekete geçirir. Elektronlar harekete geçtiği zaman arzın magnetik alanı bunlar üzerine bir kuvvet tatbik ederek hareketin spiral olmasına sebep olur. Bu sebepten, elektro - magnetik dalgalardan enerji alarak harekete geçen elektronlar bu enerjiyi tekrar dalgaya iade ederler. Fakat enerjiyi iade etme fazı almasından farklıdır. Bu faz farkından dolayı aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi iki farklı dalga meydana gelir.

Bu dalgalardan her biri

1. Farklı polarizasyonu haizdirler.

2. Farklı grup hızı ile gittiklerinden grup hızlarının sıfıra düşürmek ve tekrar arza dönmelemlerini temin etmek için farklı elektron yoğunluğuna ihtiyaç gösterirler.



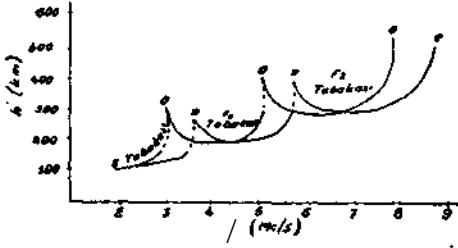
(Şekil : 6)

Ordiner ve ekstra ordiner dalgaları.

Şekilden de anlaşılacağı gibi, bir magnetik alan yokmuş gibi hareket eden dalgaya ordiner dalga (0), diğerinde de ekstra ordiner dalga (X) denir. Bu dalgaların özellikleri:

- 1) X dalgası, arza dönmek için daha az elektron yoğunluğuna ihtiyaç gösterir ve daha alçak seviyelerde kırılarak arza döner. Kırıldığı tabakayı delip geçebilmesi için daha yüksek bir frekansa ihtiyaç gösterir.
- 2) Şekilden görüleceği gibi iyonogramın alt taraflarında dalgalar arasında fazla bir ayrılma mevcut değildir. Çünkü X dalgası tabakaya fazla girmemiştir.
- 3) 0 ve X dalgaları arasındaki frekans ayrılığı yalnız arzın magnetik alanının şiddetine tabidir ve bu ekvatorde 0,5 MC/S ile kutuplarda 0,8 MC/S arasında değişir.

iyonosfere gönderilen elektro - magnetik dalgaların O ve X dalgalarına ayrılmaları İyonosferdeki bütün tabakalarda olur. Şu halde komple h-f grafiğini gu şekilde tekrar gösterebiliriz.



(Şekil - 7)
Komple h' f grafiği

VI. MAGNETİK DALMANIN TESİRİ :

Arzın magnetik kutuplan bölgelerinde, dalma açısı 90° ye yaklaştığından bazen dalganın üçüncü

bir bileşeni de meydana gelir. Bu bileşen «Z» olarak bilinir. Bu dalga arza tekrar dönmesi için daha fazla elektron yoğunluğuna ihtiyaç gösterir. Ve bu sebepten O dalgasından daha küçük olan bir frekansta tabakayı deler. Umumiyetle bu dalganın tabakayı delip geçme frekansı ordiner dalganinkinden 0,5 ilâ 0,6 MC/S daha azdır.

REFERANS :

- 1 J. Belrose Enver ÇETİNER Measurement of Electron densities in the ionospheric D. region at the time of a 2 + solar flare Nature (baskıda).
- 2 J. Belrose, Enver ÇETİNER, L. Hetvitt - Mesospheric Electron Densities at Ottawa during the July 1961 PCA events. 18 Ekim 1962 de Ottawada toplanan' URSI/IRE'ye verilmiştir
- 3 Mitra S.K — The upper Atmosphere.
- i Bennington T W' — Short wave Radio and the ionosphere