

De Digisonde 4D
Ourbes

Ionogram-Skymap-Drift velocities-
Directogram

De digisonde 4D

1 Inleiding:

Wie actueel (2012) de webpagina [http:// digisonde.oma.be](http://digisonde.oma.be) erop naslaat zal er een sterk veranderde pagina aantreffen. Men kan er naast actuele en data van ionogrammen nu ook skymap, drift velocities en directogrammen op terugvinden.

De DPS (digital portable sounder) beschikt over een zendantenne met een breed stralingspatroon en belicht een groot gebied van de ionosfeer met een diameter van verschillende honderden kilometers, zowel geldig voor de F-laag als voor de E-laag, afhankelijk van de frequentie. Daarbij vier Turnstile ontvangst antennes die in multibeam kunnen geschakeld worden om zeven gesyntiseerde beams te vormen, afzonderlijk voor de O-mode en de X-mode.

Actueel is er een tweede zendantenne bijgekomen om de S/N verhouding te verbeteren.

De digisonde gebruikt spectraalanalyse om individuele echo's te kunnen onderscheiden met verschillende Doppler frequentieshifts. Een gedeelte hiervan heb ik reeds in een vorig (herwerkt) compilatiewerk beschreven "Ionogrammen" (2004), dat echter door de te hoge drukkosten verhinderd werd onder de leden te verdelen.

We gaan dan ook trachten de verschillende delen zoals ze op de pagina voorkomen toe te lichten.

2 Dopplereffect, Dopplershift:

Het Dopplereffect is het verschijnsel dat de frequentie van geluid, licht of ander golfverschijnsel verandert wanneer de bron of waarnemer beweegt. Een lichtbron lijkt roder wanneer de lichtbron of waarnemer zich verwijderd, of blauwer naarmate de lichtbron of waarnemer dichterbij komt. M.a.w. het Dopplereffect treedt steeds op wanneer het fasepad (zie verder) van bron naar waarnemer in tijd varieert. Dit kan ook optreden door verandering in het tussenliggend medium. Dus door het Dopplereffect veranderen golflengte en frequentie, alleen de snelheid van de golf verandert niet. De snelheden dienen positief gerekend te worden in de richting van de waarnemer en negatief in tegenovergestelde richting.

De Dopplershift is een fenomeen van verandering in frequentie, gebaseerd op het waarnemingspunt. Er zijn twee types van Dopplershifts: rode shift of frequentieverschil met een lagere frequentie (weg van de waarnemer) en blauwe shift met een hogere frequentie (naar de waarnemer toe). Alles wat golflengtes uitzend, licht; radio; gammastraling en de rest van de EM band verandert van frequentie te wijten aan beweging. De Dopplershift kan worden gemeten door:

$$\Delta\lambda/\lambda_0 = v/c$$

waarbij: $\Delta\lambda$ = golflengte shift
 λ_0 = golflengte van de bron
 c = lichtsnelheid
 v = bronsnelheid

door de Dopplershift van een object te meten, is het mogelijk de snelheid van het object te meten:

$$v = c (\Delta\lambda/\lambda_0)$$

Opmerking: negatieve Dopplershifts geven een opwaartse beweging aan

3 Ionogrammen:

Ionogrammen zijn grafieken die door ionosondes en/of digisondes worden verkregen. Deze sturen een spectrum van radiopulsen verticaal naar de ionosfeer en meten de tijd die nodig is om een gerefracteed signaal te ontvangen.

Moderne ionosondes werken zoals HF Doppler radarsystemen en meten echo, amplitude, fase(*), hoek van aankomst, polarisatie en Dopplerspectrum als functie van bereik. Deze metingen zijn gebaseerd op de totale reflectie van HF- golven op locatie in de ionosfeer. Het ionogram geeft een

nauwkeurig bereik van de hoogte van $h'(f)$, de minimale virtuele hoogte van de ordinaire golf voor een volledig golftracé, als functie van de frequentie. De kleuren (rechts op het ionogram) geven de golfpolarisatie en richting van de echo weer. Op de nachtelijke ionogrammen zijn alle echo's verticaal. De exacte hoek van elke echopixel is berekend maar niet afgebeeld op het ionogram. Naast veel andere parameters geeft het ionogram ook de zeer goed gekende waarde van de "MUF" (maximum usable frequency) weer, die de maximale bruikbare frequentie aangeeft.

(*) fase: grootte die uitdrukt hoeveel een golf vertraagd is of verschilt ten opzichte van een andere golf die dezelfde frequentie heeft.

4 Skymaps:

Skymaps geven ionosferische echo's in een 2D sky ordinatensysteem dat kaarten van echo's (bronnen) geeft door gebruik te maken van azimut- en zenit aankomsthoeken.

Het skymapvlak geeft de zenithhoek als een radius (straal) en een azimuthoek als een polaire hoek of een pool coördinaten systeem. Skymaps tonen ons de locatie van alle bestaande reflectiepunten. De horizontale en verticale snelheidscomponenten zijn berekend van de ruimtelijke verdeling van de Doppler frequenties. De realtime display van de skymaps vertonen witte pijlen die ons de berekende snelheidscomponent toont.

De kleur van de punten geven de gemeten Doppler frequentieshift aan van elk punt. De rode kleur voor terugtrekkend plasma en de blauwe kleur voor een naderend plasma. Traag bewegende plasma's vertonen een groene kleur.

Skymaps: (tweede benadering)

In de digisonde driftmode wordt de grafische voorstelling van de bronpunten (reflecties) skymap genoemd. De bronpunten worden op een skymap in een horizontaal vlak geplotted, zodanig dat de verticale echo's zich in het centrum van de skymap bevinden. De overeenkomstige waarden van de Doppler frequentieshift worden onderscheiden door verschillende kleuren van de geplottede symbolen. Signalen van het noordelijk- of zuidelijk deel van de skymap hebben een verschillende Dopplershift. Elke bron is bepaald door een specifieke bronlocatie; Dopplershift, peilfrequentie, golfmode (O of X) of polarisatie en de echo amplitude.

Wanneer de ionosfeer perfect gelijkmatig is, wordt de bepaling van de horizontale drift onmogelijk gemaakt. De techniek waarbij die ionosferische plasmabeweging uit een enkele snelheidsvector v , bestaat, wordt algemeen de DDA (Digisonde Drift Analyse) genoemd en de resultaten worden "drift velocity" genoemd.

5 Drift velocity's:

Ionosferische drift zijn de bewegingen of verschuivingen van wolken met geïoniseerde deeltjes (plasma's) in de lagere ionosfeer, teweeggebracht door elektrische velden en neutrale winden. Ook TID's (Traveling Ionospheric Disturbances) veroorzaken drift met hoge horizontale snelheden van honderden m/s. Een complexe theorie is dat ook gravitational waves (gravitatiegolven in de ruimte) deze verschuivingen of drift kunnen veroorzaken (niet verwarren met gravity waves in onze atmosfeer).

De digisonde meet de plasmadrift in een lokaal gebied van de sounder met een radius van 400 tot 500km (op F-regio hoogte). Dit gebied wordt bepaald door het stralingspatroon van de zendantenne van de digisonde, dewelke frequentieafhankelijk is. De plasmadrift kan beschreven worden door een horizontaal component V_H en een verticaal component V_Z . Verder kan men de horizontale drift ontbinden in een noord-zuid component V_N en een oost – west component V_E (zie fig.1).

Ook wordt een andere omschrijving ter verklaring gebruikt:

de ionosonde meet 3 componenten van de plasm snelheid in de F-regio door middel van de Dopplershift van signalen komende uit verschillende richtingen.

$$V_{east}, m/s; V_{north}, m/s; V_z, m/s$$

waarbij: $V_a = (V_x, V_y, V_z)$

V_x = oost-west richting V_y = noordrichting = V_N
 V_E = oost V_z = hoogterichting
 V_z = verticaal

De aard van de plasmadrift verandert indrukwekkend met de locatie, in het bijzonder wanneer we hoge breedtes, middenbreedtes en equatoriale bewegingen behandelen. De driftbewegingen variëren dagelijks, met het seizoen, de stand van de zon, de magnetische activiteit en nog veel andere factoren. De getoonde diagrammen geven dit duidelijk weer. Hierbij worden ook nog zon's- op en zon's ondergang aangeduid. Verticale en horizontale driftcomponenten worden weergegeven in functie van tijd, alsook frequentie en hoogte. De verticale foutwaarden worden in grijs weergegeven (balkjes), ze geven de graad weer waarbij de beweging in het plasma kan beschouwd worden als massa (volume) beweging. Op dezelfde manier kan men ook de E- en de E_s laag meten. Noteer dat de D-laag gemeten wordt door gebruik van de ionosonde met een frequentie lager dan 1MHz. Verticale F-regio driftsnelheden worden afgeleid van de hmF₂ uurwaarden (zie ook mijn eerdere publicatie in ons clubblad van 2005/2 "**Het belang van M(3000)F₂ en hmF₂ parameters op ionogrammen**").

Opmerking: negatieve Dopplershift's tonen een opwaartse beweging aan.

6 Digisonde Drift Analyse:

Interferometrische Doppler technique (*) wordt regelmatig angewend om de ionosferische drift te meten.

De digisonde meet de schijnbare snelheid V_a , zoals reeds aangetoond in Digisonde Velocities, dewelke een gecompliceerde functie is van een aantal in tijd veranderlijke eigenschappen van het radiogolf propagatie medium.

De Dopplershift wordt beïnvloed door:

- a) de beweging van het reflecterend oppervlak en
- b) de tijdvariatie van de refractie index ,n, (**) langsheen de straal

De ionosferische refractie index wordt beïnvloed door:

- a) de ionsferische beweging en
- b) productie- en verlies van ionisatie

(*) interferometrie is het meten met behulp van interferentie (is de samen – of tegenwerking van verscheidene golven op dezelfde tijd en plaats). Zoals we weten zijn de verschijnselen van interferentie afhankelijk van frequentie, amplitude en fase. Golven in fase = constructieve interferentie, uit fase = destructieve interferentie.

(**) refractie index of brekingsindex ,n, is de verhouding tussen de golfvoortplantingssnelheid in vacuüm en de voortplantingssnelheid in het betreffende medium:

$$n = c/v_p$$

waarbij: c = lichtsnelheid
 v_p = fasesnelheid

voorbeeld: de brekingsindex van water $n = 1,33$ waarbij dus het licht zich 1,33 maal sneller beweegt in vacuüm dan in water. Voor licht in vacuüm wordt dit $n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$

7 Verticale en horizontale plasma drift: (een voorbeeld)

Fig.2 toont een typische dagelijkse variatie van drie driftcomponenten voor twee achtereenvolgende dagen.

Onze bijzondere aandacht gaat uit naar de stijgende verticale snelheid V_z , kort voor zonsondergang. Dit noemt men de pre-sunset reversal, die verwijst naar de relatieve snelle verandering in de richting van de zonale drift component (V_F = F-regio en V_E = E-regio) van west naar oost, dat samenvalt met de stijging van de verticale snelheid. Twee parameters typeren het gedrag, zijnde de tijd van de

maximale snelheid met betrekking tot de F-laag zonsondergang en de amplitude van de maximale snelheid.

Een conclusie die men kan trekken is, dat eens de verticale driftsnelheid de 45m/s overschrijdt, er altijd een ontwikkeling is van spread F (*). Op dagen dat de verticale snelheid minder is dan 45m/s, is er 67% kans op activiteit tijdens de nacht en 33% tijdens een kalme nacht. Het middenpunt van het onderste deel van de F-laag bereikt bij aanvang 395 km met een spread van ongeveer ± 80 km voor de actieve nachten. Als conclusie kan men moeilijk een onderscheid maken tussen kalme of actieve spread F nachten. De magnitude van de verticale snelheid geeft aan dat hoe hoger de snelheid hoe groter de kans op spread F is.

(*) spread F is een complex systeem van de onregelmatigheden in de F-laag. Deze spread F plasma onregelmatigheden (vormen een soort blazen, bubbles) zijn het resultaat van korte periodes van verticale processen van opwaartse propagatie van atmosferische golven in de lagere regio's. Deze zouden ook verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van E_s op subequatoriale breedtes. Spread -F is ook typisch voor veel nachtelijke magnetische storingen (geven ook hoge E_s waarden). Zie ook mijn boek "**Propagatie Verschijnselen**" pag 37 tot 39 "**Transequatoriale Spread-F**"

8 Directogrammen:

Directogrammen zijn een dagelijkse plot van de locatie, van de onregelmatigheden in de ionosfeer, afgeleid van een multibeam ionogram, waarbij de richting van de echo's aangeduid worden.

Elke horizontale lijn van het directogram vertegenwoordigt 1 ionogram, gemeten met opgaande tijd in neerwaartse zin. (History geeft een plot van 24 uur). Er zijn twee verticale vakken: in het linker vak komen de echo's van west, noordwest en zuidwest en in het rechter vak de echo's van oost, noordoosten zuidoost. De verticale kolom tussen de twee vakken komt overeen met de verticale reflectie bij 0° zenit.

Bekijk ook de overgang dag-nacht terminator, die over het algemeen oorzaak is van verschillende ionosferische storingen die typisch oostwaarts gaan.

Blauwe schaduwen in het directogram komen overeen met de algemene richting van de plasmadrift van west naar oost, rode schaduwen van oost naar west. Fig.3 illustreert de berekening van de grondafstand tot het reflectiepunt dat geplotted is op de horizontale as op het ionogram.

Grondafstand tot reflectiepunt D_i , is individueel berekend van elk oblique echobereik H_i , overeenstemmend met een plasmastructuur.

$$D_i = \sqrt{V H_i^2 - H_v^2}$$

waarbij H_v , de representatieve verticale hoogte van de F-laag van het ionogram is, dat de plaats van de sectie aantoont van de verticale invalshoek van het F-tracé, waarbij de amplitude groot is en de hoogt gradiënt laag. Wanneer een manueel schaaltracé beschikbaar is kan $h_{min}F$ bij benadering gebruikt worden als H_v . Voor automatische schaaldata worden meer overeenkomende resultaten verkregen door berekeningen van samengevatte amplitudes voor alle frequenties, van verticale echo's voor elke ionogramhoogte met uitgekozen H_v , als hoogte met de grootste amplitude.

Nog te vermelden is dat directogrammen een geschikte indicator zijn (geldig voor alle breedtes) voor het ontstaan van spread F.

Besluit:

Daar bijna alle radiocommunicatie beïnvloed is door de zon, denk maar aan zonnuitbarstingen, zonnewind, magnetische- en elektrische velden enz, is het niet uitzonderlijk dat alle informatie van groot belang is.

Zo ook is de nieuwe web-site niet alleen een aanvulling voor wetenschappelijk onderzoek, maar ook voor al wie te maken heeft met telecommunicatie, satelliet navigatie en ook voor ons radioamateurs zijn zeker nieuwe propagatiemodellen te verwachten. Daarbij is de kennis van de ionosferische drift als functie van de hoogte, breedtegraad, geomagnetische activiteit enz. zeker nodig.

Dominante fenomenen die tot plasmabewegingen aanleiding geven zijn de dagelijkse variatie in productie- en verliesionisatie, te wijten aan elektrische velden, winden en golven in de neutrale atmosfeer. Al deze metingen geven ons dus nieuwe informatie over de processen die het dynamisch gedrag van de ionosfeer controleert.

Laten we er dan ook gebruik van maken en kennis vergaren.

Bronnen:

Geofysisch Centrum te Dourbes <http://digisonde.oma.be>

Dopplereffect <http://wikipedia.org/wiki/Dopplereffect>

Internet:

Vertical and horizontal plasma drift in relation to the development of spread F at the magnetic equator.

Digisonde portable sounder system manual

Introduction ionosonde ULMCAR plasma drift

Automated collection and dissemination of ionospheric data from the digisonde network

Ionospheric drift measurements: Skymap points selection

Multistation digisonde observations of equatorial spread F in South America

Ionospheric drift measurements with ionosondes

Global ionospheric observation (GIRO): status and prospective

maurits de paepe
on4apn
maart 2012

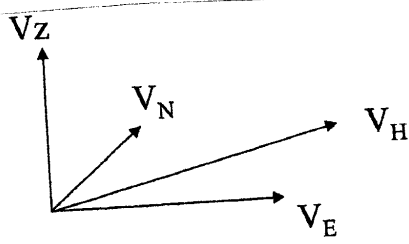


Fig. 1

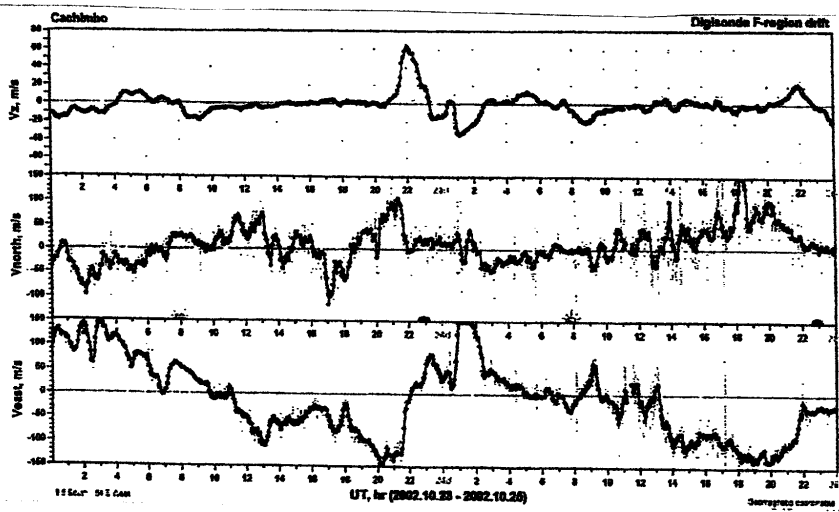


Fig 2

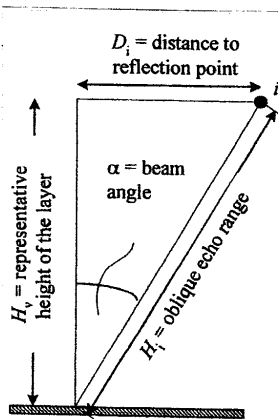


Fig. 3