

O K I K I R

Březen 1972

SEMINÁŘ UHF TECHNIKY A PROVOZU

SBORNÍK PŘEDNÁŠEK

(Dodatek)

13.-14.listopadu 1971

Lesní bouda - Pec p. Sněžkou

O B S A H

ing.K.Jordán,OK 1 EMW:

Kosmická éra na amatérských VKV pásmech

- 1.Spojení pomocí rozptylu na ionizovaných stopách meteorů . . . . . 3
- 2.Spojení odrazem od polární záře . . . . . 15
- 3.Spojení odrazem od měsíčního povrchu . . . 25
- 4.Obrázková příloha . . . . . 41

Dle přednášky OK 1 EMW zapsal a zpracoval OK 1 DAK.

Kosmická éra na amatérských VKV pásmech.

Souběžně s úspěšným dobýváním kosmického prostoru a pokrokem radiokomunikační techniky pro tyto účely se zcela přirozeně nese snaha užít výsledků na tomto poli dosažených i pro radioamatérský provoz.

Následující přednáška by měla osvětlit některé hlavní principy a problémy kosmického spojení pro radioamatérskou praxi a pro úplnost má trochu širší záběr,neboť se stručně zmíní i o možnostech využití meteorického rozptylu a odrazu od polární záře,což sice s kosmem souvisí,ale mezi kosmické způsoby radiokomunikace se přímo nepočítá.Postupně bude tedy pojednáno o těchto způsobech šíření radiových vln:

- odrazy na ionizovaných stopách meteorů,
- odrazy od polární záře,
- spojení odrazem od Měsíce,
- převaděče v kosmickém prostoru.

Posornost bude přitom zaměřena na UHF pásma,neboť se nacházíme na semináři UHF techniky a provozu.Z téhož důvodu nebude například pojednáno o šíření pomocí sporadické vrstvy E, která nemá pro UHF pásma prakticky žádný význam.Na závěr tohoto krátkého úvodu mohu jen předeslat,že vyhlídky UHF pásem jsou velmi nadějně,a proto práce na UHF je pro amatéra velmi perspektivní.

Spojení pomocí rozptylu na ionizovaných stopách meteorů

Pro tento poněkud dlouhý název způsobu šíření se běžně používá zkratky MS (angl. meteor scattering),což znamená meteorický rozptyl.O této záležitosti bylo dost obsírně pojednáno na leňském VKV setkání na Radhošti a kromě toho v současné době je dokončován rukopis obsažného článku na toto téma, který bude snad v dohledné době otištěn v RZ.Zmíním se proto o problematice MS jen stručně.Z hlediska UHF pásem je MS záležitost dost okrajová, ale vzhledem k tomu,že lze uskutečnit pomocí MS i spojení v pásmu 70 cm,kde lze takto odzkoušet např.výkonné zařízení,určené třeba pro spojení odrazem od Měsíce,věnujme mu trochu pozornosti.

Fyzikální podstata MS je celkem prostá.Částičky kosmického prachu různých rozměrů a většinou kometárního původu s nimiž se potká Země na své oběžné dráze kolem Slunce vnikají velkou rych-

lostí do vysokých vrstev atmosféry a v naprosté většině ve výšce 120-180 km shoří. Přitom za sebou zanechávají sloupec ionizované atmosféry. Ten působí jako vhodné médium, o které se může rozptýlit nebo odrážet radiová vlna. Ionizovaný sloupec existuje relativně krátkou dobu, ionty rekombinují, difundují, ionizovaný váleček zředěného plynu se rozpíná a ionizace poklesá na nízkou hodnotu, nepostačující k odrazu a dále až k normální hodnotě. Koncentrace dostatečná k odrazu nebo k rozptylu radiové vlny je proto časově omezená a jedná se o časy o délce řádově 1 vt., ovšem jsou také případy, že ionizovaná stopa vydrží minutu i déle.

#### Dosah meteorického spoje.

Názornou představu o geometrii odrazu a z něho i plynoucí dosah nám dává obr. 1. Radiová vlna, vyslaná např. ze stanice A pod nulovým elevačním úhlem, tj. tečně, rovnoběžně se zemským povrchem, dosáhne bodu ve výšce, řekněme 100 km, tj. bodu O, odkud se odráží nebo rozptyluje dále ke stanici B. Lze celkem snadno vypočítat, že terrestriální, tj. pozemní vzdálenost mezi stanicí A a středním bodem trasy, tzn. do bodu O' při výšce bodu O, tzn. středu odrazné vrstvy 100 km je přibližně  $5^\circ$ . Znamená to, že největší možná vzdálenost, tj. když oba anténní svazky jak u stanice A, tak u stanice B jsou skloněny pod nulovým elevačním úhlem, dosahuje úhlově  $10^\circ$  a poněvadž  $1^\circ = 111,3$  km, max. teoretická vzdálenost, překlenutá meteorickým spojem při odrazu ve výšce 100 km je zhruba 2220 km. Tato vzdálenost je skutečně teoretická. Jak je znázorněno na obr. 2a je celkem všeobecně známo z teorie antén, anténa umístěná v konečné výšce nad zemí vykazuje ve vertikální rovině zcela odlišný vyzářovací diagram oproti naměřenému diagramu téže antény ve volném prostoru. Typické je to, že celkem hladký hlavní lalok se rozštěpí na řadu úzkých laloků, oddělených ostrými minimy, přičemž max. vyzářování nastává pod jistým úhlem  $\beta_{\max}$  a pod nulovým elevačním úhlem anténa prakticky nevyzáruje.

V praxi se ukazuje, že k uskutečnění spojení na max. vzdálenost může ještě částečně přispět lom radiové vlny v troposféře. Bylo totiž uskutečněno poměrně dost spojení na vzdálenosti kolem 2600 km a dokonce byly zaznamenány signály ze vzdálenosti až 3500 km. V takovém případě je ale nejpravděpodobnější, že odraz nebo rozptyl radiové vlny nastal na meteorické stopě v abnormální výšce, někde mezi 200 - 300 km. Takové případy jsou ovšem vzácné a k uskutečnění spojení obvykle nepostačí.

Skutečný tvar anténního vyzářovacího diagramu, zejména jeho tvar ve vertikální rovině omezuje vzdálenost, dosažitelnou pomocí MS i na dolním konci. Všeobecně se udává, že MS spoj je vhodný pro vzdálenosti zhruba 800 - 2300 km. U vzdáleností menších než 800 km, ačkoli je naznačeno na obr. 1 např. mezi stanicemi A a C, je potřebný elevační úhel poměrně velký, řekněme větší než  $45^\circ$  a pod tímto úhlem obvykle užívané antény, umístěné vodorovně, již prakticky nevyzárují a také pod ním nepřijímají. Jistou odpomoc při spojení na velmi krátkou vzdálenost skýtá sklonění antén ve směru optimálního elevačního úhlu, tj. zmíněných  $45^\circ$ , ale i v tomto případě je spojení obtížnější než spojení třeba na vzdálenost 1500 km. Je to způsobeno tím, že anténami osázená společná oblast je při krátké vzdálenosti podstatně menší než při spojení na vzdálenosti kolem 1000 - 1500 km. Národné srovnání poměrů při spojení na velkou vzdálenost a velmi krátkou vzdálenost je na obr. 3. Šrafovaná oblast označuje společnou oblast ve výšce 100 km, kterou osazují obě antény. Na první pohled je zřejmé, že použijeme-li stejných antén je při spojení na krátkou vzdálenost osázená oblast podstatně menší. Znamená to tedy, že je menší pravděpodobnost, že meteor zasáhne právě tuto účinnou oblast a z toho tedy vyplývá, že signály při spojení na krátkou vzdálenost budou méně časté než při větších vzdálenostech. Na druhé straně z toho také vyplývá, že pro spojení na krátkou vzdálenost jsou vhodnější antény se širšími vyzářovacími diagramy. Naopak pro maximální vzdálenosti je žádoucí vysílat co nejužší svazek ve vertikální rovině, tj. používat anténních systémů patřících do vertikální roviny.

A nyní k tomu co je nejdůležitější pro použití MS na UHF:

#### Kmitočtová závislost rozptýleného signálu:

Teoretickým výpočtem, který je také v souladu s praktickými pozorováními, bylo zjištěno, že výkon, rozptýlený na ionizované stopě je úměrný trojnásobku vlnové délky ( $\lambda^3$ ) a délka trvání odrazu je úměrná dvojnásobku vlnové délky ( $\lambda^2$ ). Tyto dvě kmitočtové závislosti jsou velmi nepříjemné pro UHF pásma, prakticky omezují využití MS maximálně na pásmo 70 cm. Srovnáme-li odraz signálů v pásmu 145 MHz a 433 MHz, vidíme, že stejná stopa bude v pásmu 70 cm dávat odražený nebo rozptýlený signál  $3^3 = 27$ krát slabší a  $3^2 = 9$ krát kratší. Při praktických pokusech se zjistilo, že to co vadí především, je závislost délky odrazu na vlnové délce. Sily odražených signálů jsou často totiž velké, v amatérské stupnici dosahují často úrovně S8-S9 a výkon 27krát nižší znamená pokles

v síle signálu přibližně o 14,5 dB, tj. asi 2,5S. Signály by tedy poklesly z původních S8-S9 na S5-S6, což samozřejmě ke spojení bohatě postačuje. Zkrácení délky odrazu je naproti tomu velmi závažné. Táž stopa, která na 145 MHz dává odraz o délce 9 vteřin, se v pásmu 433 MHz skrátí na pouhou 1 vteřinu. Zatímco v prvním případě 9 vt. bohatě postačí k zápisu obou volacích znaků včetně reportu, zápis 1 vteřinového odrazu postačí v nejlepším případě na zapsání jen asi 2-3 písmen. Přes uvedené nesnáze podařilo se navázat v USA spojení v pásmu 220 MHz a dokonce i na 433 MHz. Na druhé straně jsou na tom lépe amatéři v těch zemích, kde je povoleno pracovat na kmitočtech nižších než 145 MHz, např. v pásmu 72 a 56 MHz, kde se spojení pomocí MS navazují ještě daleko snadněji než na 2 m.

Pokud je mi známo, v Evropě se šířením pomocí MS na 70 cm dosud nikdo nezabývá, a nebylo by jistě špatné, kdyby na jednom konci 70 cm trasy byla čs. stanice.

Vraťme se nyní ještě jednou k meteorům a k ionizovaným stopám. Meteory jsou vlastně dvojího druhu - rozlišujeme meteory sporadické a meteory rojové. Meteory sporadické, dalo by se říci též náhodné, jsou ty, které vnikají do zemské atmosféry neustále, dnem i nocí, prostě v každou dobu. Vyznačují se tím, že směr, odkud přilétají je naprosto nahodilý. Je to vlastně srážka Země s částicí, poletující "nasdárboh" v kosmickém prostoru. Četnost sporadických meteorů je poměrně nízká, alespoň těch, které jsou vizuálně pozorovatelné a je zajímavé, že platí velmi přibližně, že ke spojení je potřeba meteor o takové velikosti, který lze vizuálně pozorovat. Jejich četnost je asi 3 - 5 meteorů/hod.

Druhou skupinu tvoří meteory rojové. Na své oběžné dráze kolem Slunce, po ekliptice, Země prochází během roku celou řadou meteorických proudů. Meteorické proudy se obvykle nacházejí na orbitálních drahách komet, případně již dřívějších komet, které se již do dnešní doby třeba úplně rozpadly. Podle toho jak rovnoměrně jsou částice rozptýleny po eliptické dráze mateřské komety, může se projevovat činnost meteorického roje jako pravidelná, tj. každoročně stejná, nebo proměnná, nepravidelná, s vyjádřenými maximy po několika letech. Hodinová frekvence při průchodu Země takovým proudem meteorů značně narůstá a dosahuje např. u nejúspěšnějšího roje prosincových Geminid četnosti asi 50 met./hod. U některých nepravidelných rojů byly zaznamenány ovšem i případy, kdy četnost byla až několik tisíc met./hod. Ovšem prů-

chod Země takovouto oblastí trvá jen velmi krátkou dobu, řádově max. hodinu. Podle mohutnosti meteorického proudu s kterým se kříží dráha Země, může být meteorický roj různě dlouho v činnosti. Ve většině případů se činnost meteorického roje pohybuje v rozmezí několika málo dní, např.  $\pm 3$  dny kolem data, na něž je ohlášeno maximum roje. Odchyly jsou na obě strany, tak např. celkem spolehlivý meteorický roj lednové Quadrantidy mají délku trvání přibližně  $\pm 8$  hod. Na druhé straně např. denní roje v červnu Perseidy a Arietidy mají dobu činnosti přibližně  $\pm 15$  dní.

K uskutečnění spojení lze pochopitelně použít obou druhů meteorů, jak meteorů sporadických, tak meteorů rojových. Samozřejmě při průchodu meteorickým proudem, tzn. v době činnosti meteorického roje je pravděpodobnost úspěšného navázání spojení daleko vyšší než při užití pouhých sporadických meteorů.

U meteorických rojů je důležitý ještě jeden pojem - t. zv. radiant roje. Jak je patrné z obr. 4, jednotlivé meteory v meteorickém proudě se pohybují po drahách navzájem rovnoběžných a tak také zasahují zemskou horní atmosféru. Pozorovateli, stojícímu na zemském povrchu se pak v důsledku perspektivy zdá, jakoby všechny meteory vyletovaly z jediného místa na obloze. Je to zcela analogické tomu, jak se nám jeví následkem perspektivy kolejiště na velkém nádraží. Koleje, které jsou navzájem rovnoběžné, se nám zdánlivě sbíhají na obzoru v jediném bodu, v úběžníku. A právě tento bod, do něž se nám protínají všechny stopy nebo jejich prodloužení na obloze, se nazývá radiant roje. Poloha radiantu na hvězdném pozadí se nemění, denní posuv je zcela zanedbatelný a z toho důvodu radianty jednotlivých meteorických rojů se nazývají podle souhvězdí, v jejichž blízkosti se nachází. A odtud jsou potom pojmenovány jednotlivé meteorické roje jako Quadrantidy, Oriontidy, Geminidy, Perseidy atd. Jediný pohyb, který radiant na obloze vykazuje, je zdánlivý pohyb, způsobený rotací Země. T. zn., že radiant v jistou dobu vychází, v jistou dobu vrcholí a v jistou dobu zapadá. Jsou ovšem také některé radianty těch souhvězdí, které jsou cirkumpolární, tj. nikdy nezapadají, které jsou potom nad obzorem v kterékoli denní či noční dobu. Znalost polohy radiantu je pro návrh MS spojení velmi důležitá. Spojení lze nejnázat uskutečnit tehdy, je-li radiant ve výši  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$  nad obzorem a je-li jeho azimut kolmý na směr trasy, tj. spojnice mezi stanicemi. Vhodná orientace stop je znázorněna na obr. 5.

Nejsilnější odrazy by dávaly sice stopy probíhající rovnoběžně se zemským povrchem, t. zn. při výšce radiantu  $0^\circ$ , ovšem také tyto stopy jsou velmi málo pravděpodobné, neboť jen velmi málo meteorů by zasáhlo atmosféru ve správné výšce, ve správný čas. Naproti tomu meteorů nebo stop kolmé k povrchu Země nedávají prakticky žádný použitelný odraz, ovšem jsou zato velmi husté, velmi četné. Dobrým kompromisem je proto, ten sklon stop k zemi, kdy jsou síla signálu a četnost vyváženy, t. zn., že dobrý kompromis je právě asi  $45^\circ$ , přičemž se připouští odchylka asi  $\pm 15^\circ$ , takže rozmezí sklonu stop je zmíněných  $30^\circ - 60^\circ$ , což odpovídá výšce radiantu  $30^\circ - 60^\circ$ . Právě tak podmínka kolmosti směru radiantu na směr trasy není příliš přísná, dobrých výsledků se dosáhne i v tom případě, jestliže směr stop se odchyluje až o  $\pm 45^\circ$  od optimálního kolmého směru. Přirozeně nezáleží na tom, zda meteorů přilétají z levé či z pravé strany vzhledem k směru trasy. Směrování antén u protistanic je zcela normální, t. zn., že stanice mívá anténami vzájemně na sebe. Zde je na místě připomenout, že při větších vzdálenostech nelze používat běžných map k určení azimutu trasy. Správný azimut lze odečíst pouze na tzv. azimutální mapě, právě takové, která je připojena k části přednášky, pojednávající o převaděčích v kosmickém prostoru. Přesný azimut, případně přesnou vzdálenost mezi stanicemi lze vypočítat podle těchto vztahů (viz obr. 6):

Pro pozemní vzdálenost mezi stanicemi, t. j. QRB ve  $^\circ$  platí

$$\cos d = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2),$$

kde  $d$  - vzdálenost ve stupních,

$\varphi_1$  - zeměpisná šířka vlastní,

$\varphi_2$  - zeměpisná šířka protistanice,

$\lambda_1$  - zeměpisná délka vlastní,

$\lambda_2$  - zeměpisná délka protistanice.

Azimut trasy, t. j. směr spojnice stanic vůči zeměpisnému severu je určen

$$\sin a = \frac{\cos \varphi_2 \sin(\lambda_1 - \lambda_2)}{\sin d}$$

kde  $a$  - azimut ve  $^\circ$ ,

$\varphi_2$  - zeměpisná šířka protistanice,

$\lambda_1, \lambda_2$  - zeměpisná délka vlastní a protistanice,

$d$  - QRB ve  $^\circ$ .

( \* viz obr. 16 )

Při výpočtu QRB, když vypočítáme  $d$  ve  $^\circ$ , získáme skutečnou vzdálenost vynásobením tak, že  $1^\circ = 11,3$  km příp.  $1' = 1,855$  km pro naše zeměpisné šířky.

U sporadických meteorů není samozřejmě radiant nijak přesně vyhraněn, ale i zde platí jisté zákonitosti. K uskutečnění spojení pomocí stop sporadických meteorů je nejvhodnější čas mezi 03 - 08 hod ranní místního času a to od začátku května do začátku ledna. Bližší údaje o určování polohy radiantu jednotlivých meteorických rojů, jakož i o výběru nejvhodnějších tras a doby k pokusům o spojení bude uveden ve zmíněném monotematickém článku v RZ.

#### Operační technika.

Charakteru meteorického spoje, zejména jeho útržkovitosti je samozřejmě přizpůsoben i způsob provozu. V naprosté většině jsou pokusy o spojení předem dohodnuty a protistanice musí znát své kmitočty s přesností na 1 kHz. Ideální by bylo použití duplexu, neboť jedné a téže stopy by bylo možné použít k přenosu informací oběma směry současně. Tímto způsobem pracovaly třeba profesionální spoje, např. známý systém JANET (franc.). V amatérské praxi uskutečnění duplexního spoje naráží na značné technické potíže, i když se použije dvou kanálů, nacházejících se na koncích pásma, např. na 2 m pásmu kanálů s roztečí necelé 2 MHz.

V dostupné literatuře nabyla zatím žádná zmínka o tom, že by to někdo z amatérů tímto způsobem zkoušel. Běžnější již jsou duplexní spojení využívající např. dvou pásem, a to 56 a 145 MHz nebo 72 a 145 MHz. Nejběžnější způsob provozu je proto takový, že stanice se střídají v pravidelných intervalech ve vysílání a příjmu. V Evropě je nejběžnější používání 5 min. intervalu. Při rojích, vykazujících velkou četnost meteorů je ovšem vhodnější použít kratších intervalů. Lepší je proto interval 2 min. nebo dokonce 1 min. V USA se používá intervalů ještě kratších, 30 vt., a dokonce i 15 vteřin.

Se zkracováním doby intervalu příjem-vysílání samozřejmě rostou nároky na přesné odečítání času u obou stanic. Výhoda kratších intervalů spočívá v tom, že pokud ionizovaná stopa vydrží tak dlouho, může posloužit k přenosu informací oběma směry. Vzhledem ke krátkému trvání meteorických stop předávají se pouze nejnmutnější informace, nutné k tomu, aby spojení bylo uznáno za platné, t. j. volací značky, RST zkráceným způsobem a potvrzení o zápisu obou volacích značek a reportu. Prakticky to vypadá tak, že na začátku spojení vysílá každá stanice během svého in-

tervalu neustále dokola značku protistanice a značku vlastní. Zkratka "de" mezi voláčkami se vynechává, takže je to např. SM 1 XXX OK 1 ZZZ SM 1 XXX OK 1 ZZZ atd. celých 5 minut. Protistanice volá stejným způsobem. Podaří-li se jedné stanici zapsat obě volací značky, začne předávat v následující své relaci report. Při MS spojení se předává report pouze dvoučíselný. Prvá číslice udává délku trvání odrazu, druhá odpovídá síle signálu, vyjádřená ve stupních S. Význam jednotlivých číslic pro délku odrazu je tento:

- 1 - velmi krátké odrazy, nestačící k přenosu písmen (pro tyto odrazy se vžil název "ping")
- 2 - odrazy o délce do 5 vteřin, delším odrazům se všeobecně říká "burst"
- 3 - bursty o délce od 5 do 15 vteřin
- 4 - bursty o délce od 15 do 120 vteřin
- 5 - bursty delší než 2 minuty.

Stanice potom vysílá report asi tímto způsobem:  
OK 1 ZZZ SM 1 XXX 25 25 25 25 OK 1 ZZZ SM 1 XXX 25 25 25 25 atd.

Dříve ještě bylo zvykem vysílat před reportem písmeno S. V poslední době se ale od tohoto písmena upouští, poněvadž bylo shledáno jeho vysílání zbytečným. Jestliže jedna ze stanic zapsala obě značky i report, sama samozřejmě vysílá také report protistanici a předá před něj písmeno r, to znamená, že má vše potřebné zapsáno, tj. obě voláčky i report, takže vysílání vypadá asi takto:  
OK 1 ZZZ SM 1 XXX r25 r25 r25 atd.

Pokud se používá tohoto způsobu, tj. report je předáván až po zachycení obou úplných značek, stačí při této relaci vysílat značky jen dejme tomu jednou za 2 minuty a zbytek vysílacího času vyplnit předáváním reportu r25. Pakliže protistanice má vše zapsáno a přijala i potvrzení o příjmu, tj. r25, začne vysílat potvrzení, že má vše, tj. sérii r. Čili: SM 1 XXX OK 1 ZZZ rrrrr.... Je velmi dobrým zvykem, když stanice po zapsání potvrzení o příjmu rrrr.... vrací ještě jednou své protistanici sérii rrrr.... Potom je již naprosto jasné, že oba mají vše zapsáno a spojení je platné a bylo uskutečněno. Série písmen r se vysílá, nebo bývá alespoň zvykem, asi 30 vt. po zaslechnutí posledních signálů protistanice.

Stane-li se, že některé stanici schází některý z těchto

tří údajů, resp. čtyř - voláčky, report a potvrzení o příjmu, může si vyžádat opakování potřebného pomocí těchto zkratek:

- ALL - potřebuji stále všechno,
- MC - potřebuji zapsat svou značku, vysílejte pouze mou značku,
- YC - potřebuji zapsat vaši značku, vysílejte pouze vaši značku,
- BC - potřebuji obě značky, vysílejte jen obě značky,
- MS - potřebuji svou značku a report, vysílejte jen mou značku a report,
- YS - potřebuji vaši značku a report, vysílejte jen vaši značku a report,
- série SSSSS - potřebuji pouze report, vysílejte jen report.

Při používání 5 min. intervalů příjem-vysílání se navrhuje obvykle délka pokusu nejméně 2 hod., max. až 4 hod. Během 4 hod. radiant už obvykle vybočí z optimálního směru. Při použití krátkých intervalů, třeba 1 min., lze často uskutečnit spojení velmi rychle, třeba i v době kratší než 1/2 hodiny. Krátkost jednotlivých odrazů vede samozřejmě k tomu, že se používá rychlotelegrafie a to z toho důvodu, aby se i během krátkého odrazu přeneslo co nejvíce informací. Obvykle se používá rychlostí okolo 200-250 zn./min. Při takové rychlosti většina dobrých operátorů stačí ještě rozlišit to co přijímá pouze sluchem a není odkázána jen na přehrávání zpomaleného záznamu z mgf pásku. Déle trvající vysílání třeba i automatickým klíčem je velmi únavné a vede nakonec k nepřesnému dávání. Proto se vesměs používá automatických klíčovačů, obvykle to bývá smyčka pásku na magnetofonu, případně klíčovač s perforovaným páskem nebo klíčovač založený na fotoelektrickém principu. Při používání velmi krátkých intervalů příjem-vysílání (15, příp. 30 vt.) je ovšem výhodnější vysílat pouze ručně a spojení pak často nabývá charakteru běžného BK provozu. Snaha po vysoké tlg rychlosti nakonec vede i k používání RTTY. Za pomoci RTTY lze uskutečnit rovněž MS spojení, jedinou potíží ovšem bude nalézt protistanici, která je vybavena tímto zařízením.

Ionizovaná stopa jako odrážející médium je dostatečně širokopásmová, takže ji lze použít i pro SSB. Udává se dokonce, že SSB může být i výhodnější než rychlotelegrafie, protože přenos informací může být rychlejší. Určitou nevýhodou při použití SSB

je nesnadnost přesného naladění přijímaného SSB signálu během krátkého odrazu. A to je vlastně jediná nevýhoda při použití SSB.

Na závěr stati o MS bude vhodné shrnout stručně požadavky na zařízení. Výkon vysílače má být co největší a to zejména tehdy, usilujeme-li o spojení na velmi značné vzdálenosti, tj. přes 2000 km. Při práci na kratší vzdálenosti postačí k úspěšnému provozu výkon řádu desítek W, takže i s vysílačem v poctivé třídě B, tj. o příkonu 75 W lze pracovat docela dobře na střední vzdálenosti.

Přijímač musí být samozřejmě citlivý, aby zachytil i slabé odrazy a je dobré, aby šumové číslo bylo menší než 3 dB, tj. 2 kTo. To je požadavek celkem snadno splnitelný v době moderních tranzistorů. Takové šumové číslo spolehlivě zaručí konvertor nebo předzesilovač osazený AF 139.

Anténní systém musí být přiměřený vzdálenosti, na kterou chceme pracovat. Dobrých výsledků lze dosáhnout s anténou o zisku 10 - 12 dB, tj. např. anténa Yagi o délce asi  $2\lambda = 4\text{ m}$  (10-12 el.) pro 145 MHz. Pro kratší vzdálenosti bude výhodnější anténa se širším vyzařovacím diagramem a tudíž i menším ziskem. Pro maximální vzdálenosti potom žádná anténa není dostatečně velká a pro vzdálenosti řádově 2500 km je žádoucí používat čtyřčete 4 x 10 el. Yagi. Anténní diagram, jak již bylo naznačeno by měl být poměrně široký ve vodorovné rovině a úzký ve vertikální rovině. Proto je, dá se říct, nejvhodnějším kompromisem soustava dvou antén o 10 el., umístěných nad sebou.

Velmi důležitý je požadavek přesného měření kmitočtu. Stanice musí být schopna měřit a znát svůj kmitočet na kterém vysílá s přesností pod 1 kHz a musí rovněž se stejnou přesností, nejlépe  $\pm 0,5$  kHz nastavit požadovaný kmitočet na přijímači. Tomuto požadavku se nejlépe vyhoví přesným krystalovým kalibrátorem, který dává cejchovní body po 10 kHz. Je-li stupnice přijímače dobře cejchována, postačí kalibrátor se 100 kHz cejchovním spektrem. S přesným měřením kmitočtu souvisí i požadavek vysoké stability (dlouhodobé) kmitočtu přijímače a vysílače. Kmitočet obou těchto zařízení musí zůstat konstantní po dobu relace, tj. asi 2 až 4 hod. Po několika hodinách vyhrátí tomuto požadavku většina zařízení vyhoví.

K úspěšnému provozu je rovněž žádoucí dobré QTH. Není ani tak důležitý hladký terén v okolí, vždyť při vzdálenostech řádu 1000 km přichází odražené radiové vlny pod jistým úhlem a niko-

liv podél zemského povrchu, ale zato je důležité, aby QTH bylo klidné, tj. bez poruch. Ve velké výhodě je proto venkovský radioamatér, případně radioamatér, bydlící na okraji města. QTH dokonce dluže i volbu doby pro konání pokusů. Ve městě totiž intenzita poruch, způsobených zapalováním automobilů, tramvajemi a jinými el. spotřebiči značně poklesá v nočních hodinách, a proto k navázání spojení je nejvhodnější doba někde mezi půlnocí a 5 hod. ranní. Ve městě by proto anténa měla být umístěna co nejvýše, aby přijímala co nejméně poruch od dopravních prostředků, a pokud možno patřičně ze stejného důvodu.

K vybavení MS stanice přirozeně patří přesně jdoucí hodiny. Při 5 min. relacích se ještě nějaká ta vteřina ztratí, ale při kratších intervalech je potřebné odečítat čas s vteřinovou přesností. Jako zdroje přesných časových signálů, stejně tak jako i kmitočtu pro cejchování staničního kalibrátoru je vhodná čas. stanice OMA, pracující na kmitočtu 2,5 MHz.

Vybavení stanice pak doplňuje klíčovač pro rychlotelegrafii, jak o něm byla zmínka a magnetofon pokud možno s dvojitou rychlostí, aby bylo možno přehrávat zachycený text zpomaleně. A co je snad nejdůležitější: pro pěstování MS je třeba trpělivost, moře trpělivosti. I když meteorické roje a jejich chování lze dobře předpovídat, spojení se povede až po několika pokusech a může to být třeba jen vinnou protistanice. Je proto velmi žádoucí, aby se mohla dohoda o konání pokusu operativně povrzovat prostřednictvím KV pásem, neboť jak se ukazuje, na poštovní styk, zejména na rychlý styk není vždy spolehnutí.

Meteorické spojení vyžaduje tedy vysokou úroveň zařízení, ale klade i stejně vysoké nároky na morální vlastnosti radioamatéra. Spojení lze totiž prohlásit teprve tehdy za platné, byli-li na obou stranách zapsány oba volací znaky, reporty a potvrzení o příjmu. Jakákoliv dohoda během konání pokusu jiným radiokomunikačním prostředkem, ať už je to prostřednictvím jiného pásma nebo pomocí telefonu či telegrafu, to vše je nepřípustné. Konečně tyto zásady platí i pro jiné způsoby rekordních spojení, ať už je to např. EME nebo dálková rekordní spojení přes tropo-

Jaké jsou tedy vyhlídky MS na UHF pásmech? V úvahu přichází jediné pásmo 70 cm a lze odhadnout, že obtížnost je asi 10-násobná proti uskutečnění spojení v pásmu 2 m. Zařízení musí splňovat ještě vyšší kvalitativní parametry než na 145 MHz. Výkon

vysílače musí být skutečně značný a rovněž tak šumové číslo přijímače minimální, protože scházející dB proti 2 m pásmu nelze dohánět zvětšováním anténního systému, neboť by se tím zmenšovala pravděpodobnost vhodného odrazu. Přesto přese všechno to ale jde a záleží jenom na tom, zda to zkusí někdo také u nás.

### Spojení odrazem od polární záře

Další mimořádný způsob šíření radiových vln, pomocí něhož lze uskutečnit dálková spojení i na 70 cm, je odraz od polární záře (PZ nebo A). V našich zeměpisných šířkách je polární záře jev dosti vzácný, ale zato v pásmu 2 m lze pomocí ní navázat spojení na vzdálenosti třeba až 1500 km s výkonem pouhých 5 W.

Polární záře je světélkující atmosférický úkaz, odhrávající se ve výškách 100 až 1000 km nad zemským povrchem. Vědecký název je "Aurora borealis", což znamená severní záře a analogicky na jižní polokouli je to "Aurora australis"-jižní záře. Odtud byl také převzat amatérský název pro tento úkaz, zkráceně "aurora".

#### Fyzikální podstata a princip úkazu (PZ):

děj, odhrávající se ve velkých výškách zemské atmosféry je velmi podobný tomu, co se děje v trubici neonové relikvy nebo v doutnavkovém stabilizátoru. Elektrický proud, procházející zředěným plynem způsobí záření plynu, resp. doutnavý výboj. Barva výboje je určena druhem plynu, tlakem a intenzitou el. proudu. Zředěný plyn ve vysoké atmosféře je bombardován elektrickými částicemi, které jsou slunečního původu. Ze Slunce jsou neustále vyvrhovány elektrické částice, tzv. korpuskule a velmi často nastává zvětšený výkon těchto elektrických částic ze Slunce. Vzniká náhle při poruše na slunečním povrchu, kteréžto poruchy jsou např. patrné jakožto známé sluneční skvrny. Proud částic, vyvržený ze Slunce, je vychylován zemským magnetickým polem do polárních oblastí. Ne zcela dosud objasněným mechanismem jsou tyto elektrické částice urychlovány a bombardují plyny ve vysoké atmosféře. Tak např. zředěný kyslík světélkuje žlutozeleně a to je také nejběžnější barva polární záře. Náhlý vzrůst výkonu nabitých částic ze Slunce se nazývá vzplanutí. Tento úkaz nastává zcela nahodile a jeho trvání se pohybuje od několika málo minut do jedné až dvou hodin. Vyvržené částice mohou, ale nemusí zasáhnout zemskou atmosféru. Pokud jí zasáhnou bývá to zhruba po 18 - 40 hodinách od vzplanutí Slunce. O tom, které všechny vlivy rozhodují, zda částice zasáhnou Zemi či nikoliv není vše ještě dostatečně známo. Zdá se, že jistý vliv zde má i gravitace planet sluneční soustavy a jejich vzájemná konstelace.



Pokud zasáhnou silněji nabitě el.částice slunečního původu zemskou atmosféru, projeví se to jako geomagnetická porucha a při větší geomagnetické poruše nastávají i nepravidelnosti v šíření radiových vln v pásmech KV.

Bombardováním stratosféry el.nabitými částicemi se vytvoří ionizované prostředí, které může odrazet napětí radiové vlny a PZ tak tvoří vlastně chromné zrcadlo, pomocí něhož lze navázat dálková spojení. Podobně jako tomu bylo u ionizovaných meteorických stop, nastává odraz radiových vln ve výšce 90-120 km nad zemským povrchem, a proto i dosah spoje je podobný. Poněvadž se na rozdíl od meteorického rozptylu jedná o zpětný odraz, dosahované vzdálenosti jsou obvykle v mezích stovek km až asi tak 1400 km. Dopředný rozptyl, který by podobně jako u meteorického spoje umožňoval dosahovat vzdáleností přes 2000 km je velmi málo pravděpodobný a to obvykle již z toho důvodu, že v severním směru není dostatek protistanic. Mezi polární září a sporadickou vrstvou E existuje jistá podobnost. U sporadické vrstvy E je horní atmosféra ionizována spíše ve vodorovných vrstvách. U polární záře se jedná spíše o sloupce, které nejsou zcela vertikální, ale skloněné pod úhlem magnetického pole.

Vlastní vizuální úkaz zasahuje samozřejmě do vyšších vrstev a záření může být viditelné i v nižších zeměpisných šířkách, když PZ nastává ve výšce až 1000 km. Pro radiové odrazy je ovšem důležitá výška 90 - 120 km.

#### Zeměpisný výskyt polární záře:

V našich zeměpisných šířkách je PZ úkaz velmi vzácný. Zatímco amatéři v severní Evropě, případně v severní části USA jsou po této stránce podstatně šťastnější. Rozšíření PZ závisí velmi výrazně na geografické poloze a to na tzv. geomagnetické šířce. Jak je známo, zemský magnetický pól není totožný s pólem zeměpisným. Severní magnetický pól se nachází podle posledních poznatků zhruba na 71° s.š. a 96° z.d. Je to údaj pro rok 1956. Poloha magnetického pólu se totiž mění a to poměrně dosti rychle. Tak např. v roce 1945 byla 78° s.š. a v r.1903 asi 71,5° s.š. Změny v zeměpisné délce jsou celkem snadno vysvětlitelné, protože v oblasti pólu jsou poledníky velmi silně zhuštěny. Geomagnetická šířka je pak pojem ekvivalentní šířce zeměpisné jedině s tím rozdílem, že se jedná o kružnice stejně vzdálené od geomagnetického pólu. Z četných vizuálních pozorování byly vypracovány křivky, udávající procento jasných nocí, v nichž

lze pozorovat PZ. Tyto křivky se nazývají izochasmy. Tak např. ve střední Skandinávii asi na zeměpisné šířce 65° je to zhruba 20% nocí a v nejsevernější Skandinávii je to 80% - 100% nocí s pozorovanou PZ. Lépe jsou na tom amatéři v severní Americe, kde 20% izochasma prochází v podstatně jižnějších geografických šířkách, např. státy Manitoba nebo Saskatchewan (na jihu Kanady), což je na 50° s.š. V našich zemích se odhaduje výskyt PZ asi na 2-5 % nocí. Viditelnost samozřejmě závisí od intenzity úkazu, a byly zaznamenány PZ ještě daleko jižněji než u nás. Výskyt PZ poskytuje jisté variace. Jsou to variace denní, sezónní a variace v souvislosti s obdobím zvýšené sluneční činnosti. Na základě dlouholetých pozorování bylo zjištěno, že roční maxima výskytu PZ nastávají okolo rovnodennosti, tedy v měsících březnu a dubnu, a září a říjnu. Minimum je potom v červnu a červenci méně vyjádřené minimum v prosinci. Denní variace závisí na poloze pozorovatele a z hlediska vizuálního úkazu nejjasnější formy PZ nastávají obvykle během 23 až 01 hod. místního času. Radiové odrazy jsou nejčastěji pozorovatelné pozdě odpoledne a časně večer, případně krátce po půlnoci. Vyjmenované variace ovšem nejsou zcela zákonité a existuje celá řada výjimek. Jak je všeobecně známo, existuje 11-letý cyklus sluneční činnosti a v době maximální sluneční aktivity je zvýšený výskyt počtu slunečních skvrn a tedy i možností poruch a tedy i větší pravděpodobnost výskytu PZ. Podle řady pozorování bylo ale zjištěno, že korelace mezi výskytem slunečních skvrn a výskytem PZ je podstatně menší než se očekávalo. Z téhož důvodu je také i dost nepravděpodobné opakování PZ po 27 dnech, jak se někdy udává, vzhledem k tomu, že 27 dní je zhruba doba jedné otočky Slunce. Vzpámení, jak již bylo řečeno trvá obvykle pouze několik minut až jednu či dvě hodiny a je velmi nepravděpodobné, že stejný úkaz nastane i po 27 dnech.

#### Charakteristické vlastnosti odrazu od polární záře:

Nejtypičtějším znakem odražených radiových signálů je zajímavá kmitočtová charakteristika, která prakticky znemožňuje komunikaci AM signálem. V pásmu 50 - 150 MHz jsou odražené signály CW jakoby rozšířené o 300 - 900 Hz a posunuté oproti původně vysílanému kmitočtu. Původní monokmitočtový signál je modulován nepravidelným brumem a šumem, takže CW signály lze přijímat i bez BFO. V oblasti 400 MHz dosahuje zmíněné rozšíření signálu a posuv kmitočtu trojnásobku proti 150 MHz, tj. asi šířky 2,5 kHz.

Pokusy, provedené ve Standfordském výzkumném institutu v kmitočtovém rozsahu 50 - 400 MHz s anténou o šířce svazku jen asi  $3^\circ$  v obou rovinách a to pomocí CW signálů a pulsní modulace byly zjištěny tyto zajímavé skutečnosti. PZ netvoří souvislé odrazné medium, ale v ionizovaném prostředí se pohybují jakési ionizované mraky. Pohyb mraků je v naprosté většině ve směru východ - západ, přičemž rychlost je asi 500 m/s, tj. asi 1800 km za hodinu. Tento úkaz je nezávislý na denní době. Velikost Dopplerova rozšíření signálu je v rozsahu VHF/UHF úměrná kmitočtu. T. zn., že v 70 cm pásmu je 3x větší než v pásmu 2 m a tam opět 3x větší než na 50 MHz. Je domněnka, že rozšíření signálu nastává v důsledku celého množství separátních oblaků PZ, které jsou podrobeny turbulentním pohybům a pohybují se s různými rychlostmi. Tento zjištěný Dopplerův posun je celkem nezávislý na poloze PZ v prostoru a na daném kmitočtu je rozšíření signálu stejné a nezávislé na denní době.

Uvedenou velmi ostrou anténou a šířce svazku kolem  $3^\circ$  bylo zjištěno, že existují dva typy odrazů na kmitočtech 500-800 MHz. Jednak jsou to odrazy diskrétní, t. zn. takové, které lze velmi přesně lokalizovat a nastávají jen ve velmi úzkém rozsahu nasměrování antény. Tyto diskrétní odrazy jsou všeobecně ve vztahu s viditelnými úkazy PZ. U nich byla zjištěna kmitočtová závislost taková, že se stupujícím kmitočtem klesá amplituda odrazu i střední délka odrazu. Diskrétní odrazy jsou tedy nestabilní. Místo odrazu se mění, objeví a zmizí během několika málo minut. Vykazují maximální četnost kolem půlnoci místního času. Roční maximum je v zimě. Druhý typ odrazu jsou odrazy difusní. Jsou to odrazy jaksi nejasné a nezřetelné a nelze přesně lokalizovat odkud přicházejí. Tento typ odrazu není vůbec ve vztahu k viditelným úkazům PZ. Difusní odrazy jsou všeobecně stabilní, tj. nemění se a délka trvání těchto odrazů s výjimkou rychlejšího úniku je asi 1 hodina. Kmitočtová závislost odrazu je takováto: pro diskrétní odrazy až asi do kmitočtu 400 MHz je amplituda nepřímě úměrná čtverci kmitočtu, pak ale amplituda velmi rychle klesá, na kmitočtu 800 MHz, čili na dvojnásobku, klesne na 1/1000 hodnoty, dosažené na 400 MHz. U difusních odrazů je amplituda nepřímě úměrná čtverci kmitočtu podobně jako u diskrétních odrazů, ale tato závislost byla zjištěna nejméně do kmitočtu 800 MHz.

Jak je tedy zřejmo, pro UHF šíření pomocí odrazu od PZ přichází především v úvahu odrazy difusní. I když už bylo mnohé

zjištěno o chování PZ a vlivu na šíření radiových vln, zůstávají ještě některé otázky ne zcela dobře zodpovězeny. Jsou to např. pravděpodobnost výskytu odrazu od PZ na různých kmitočtech, zjištění nejvyššího kmitočtu, na němž ještě nastávají odrazy od PZ a závislost rozšíření PZ na geografické zeměpisné poloze. Je proto velmi žádoucí spolupráce amatérů s vědeckými institucemi, poněvadž s ekonomických důvodů nelze nikdy vybudovat tak hustou síť pozorovatelů, jako je hustá síť radioamatérských stanic.

#### Předikce výskytu polární záře:

Spolehlivý způsob předpovídání výskytu PZ dosud neexistuje. Podle různých příznaků lze pouze vyslovit předpověď, že vznik PZ je pravděpodobný. Prvým předpokladem je již dříve jmenované sluneční vzplanutí, t. zn. zvýšený výkon nabitých částic ze Slunce v důsledku poruchy na jeho povrchu, např. erupce. Průvodním zjevem takového vzplanutí je obvykle t. zv. šumová bouře. Za klidného stavu se jeví Slunce jako zdroj šumu na radiových kmitočtech, přičemž to není bodový zdroj, ale prstenec asi o  $\rho 1^\circ$  a vnitřním průměrem asi  $0,5^\circ$ . Tento šum má náhodnou polarizaci. Klidné Slunce se zdá být zdrojem o teplotě asi  $500\ 000^\circ\text{K}$ , a právě při poruchách šumová teplota vzrůstá až na teploty kolem  $1\ 000\ 000^\circ\text{K}$ , tedy na dvojnásobek. Tak např. podle amatérských pozorování vykonaných během roku 1966 v pásmu 70 cm s parabolickou anténou o  $\rho$  asi 5 m bylo zjištěno, že při vážnějších slunečních poruchách vzroste šum Slunce až o 10 dB, t. zn. šumový výkon Slunce se zesateronásobí. Stejnými metodami je Slunce neustále sledováno na četných světových astronomických, nebo lépe řečeno radioastronomických observatořích a při větším nastalém slunečním vzplanutí obvykle se dostane o tom zmínka i do denního tisku, že je pravděpodobná PZ. Druhá podmínka vzniku PZ je ta, že vyvržené částice ze Slunce musí zasáhnout vhodně zemskou atmosféru a v důsledku jejich pohybu potom nastává geomagnetická porucha. Nastalá geomagnetická porucha tudíž signalizuje, že elektricky nabitě částice jsou již v magnetickém poli Země, a je-li porucha silnější, je vznik PZ velmi pravděpodobný. Při větší geomagnetické poruše mluvíme o magnetické bouři. Projevuje se tím, že magnetické pole kolísá a magnetická střílka na kompasu mění svou polohu až o  $1^\circ$ . Geomagnetické poruchy lze indikovat i amatérským způsobem, amatérskými prostředky. Jeden ze způsobů je např. měření zemních proudů. Jak je znázorněno na obr. 7, jsou do země zaraženy ve vzdálenosti asi 60 - 300 m dvě kovové tyče, asi 1,5 až 2,5 m dlouhé a mezi ně je připojen stejnosměrný zesilovač

o zisku asi 1000. Při magnetické bouři se mění zemské magnetické pole a to dává vzniknout zemním proudům, které lze indikovat na výstupním měřicím přístroji. Jiný takový magnetometr je znázorněn na obr. 8. Je to v podstatě kompas, kombinovaný se zrcátkovým systémem pro zjištění i velmi malých výchylek magnetické střelky, zde tedy magnetické tyčky. Na křemenném vlásku je zavěšen permanentní magnet, např. ze slitiny ALNiCo o rozměrech přibližně 1x1x2,5 cm. Na jednom čele nese malé zrcátko, které je osvětlováno světelným svazkem a vrháno na stínítko. Při vzdálenosti stínítka asi 5-6 m lze snadno indikovat i velmi malé pohyby magnetu, který zde zastupuje vlastně magnetickou střelku kompasu. Samozřejmě tento systém musí být upevněn na místě, které nepodléhá chvění, tedy podobně jako seismograf nejlépe v nějakém sklepě.

Geomagnetická porucha bývá doprovázena i změnami podmínek šíření radiových vln na KV. Při větších poruchách a magnetických bouřích vzniká známý Dellingerův efekt. Je to úplné vypadnutí šíření radiových vln, takže krátkovlnná pásma jsou zcela jakoby hluchá a efekt je někdy tak intenzivní, že to vypadá, jako by měl přijímač poruchu. Prostě není nic slyšet, jen několik málo nejbližších stanic. Jako velmi dobrý indikátor možnosti výskytu PZ se ukázalo sledování pásma 3,5 MHz v podvečerních hodinách. Jsou-li signály stále, stabilní, je PZ velmi málo pravděpodobná. Jsou-li ale signály slabé, mění-li se jejich intenzita, a prostě tak nějak podmínky nestojí za nic, je PZ dosti pravděpodobná.

K registraci již nastalých PZ slouží i některé majáky, položené v amatérském pásmu 144 MHz. Nejdůležitější z nich je maják SK 4 MPI. Jeho QRA je HU 46d. Maják má kmitočet 145,960 MHz a pracuje nepřetržitě. Výkon je 150 W a anténa 4 x 5 el. Yagi, kterýžto systém je zaměřen na azimut 330°. Vysílání je trvalé a značka majáku je vysílána každých 60 vteřin.

Další vhodnou pomůckou pro zjišťování PZ je poslech kmitočtového a časového standardu WWV, umístěného v Coloradu, případně WWVH na Havaji. Tyto kmitočtové standardy pracují na kmitočtech 2,5-5-10-15-20-25 MHz, přičemž výkony se pohybují mezi 2,5 až 20 kW. Kromě časoměrných signálů s údaji korekcí přesného kmitočtu vysílají se z Colorada (WVH) každou 19 min. předpovědi sluneční aktivity. Kmitočtový standard na Havaji (WWVH) vysílá na kmitočtech 2,5-5-15 MHz a vysílá stejná hlášení sluneční aktivity každou 49 minutu. Tato hlášení jsou vysílána mo-

dulovanou telegrafii (A2) velmi pomalu (35 zn/min). Vysílané zpráva vypadá takto:

GEO BDD EEE EEE UT2AD ORO

GEO značí, že následuje poplachová zpráva. UT2 atd. je korekce světového času. Jednotlivé symboly jsou vysílány třikrát za sebou a značí:

první skupina	D	- ohřívá se stratosféra, očekává se vzplanutí
druhá	"-	E - není pozorováno dosud vzplanutí
třetí	"-	E - není pozorována geomagnetická porucha

Takto vypadá hlášení v době klidného Slunce, kdy se neočekává žádná mimořádná událost. Po vzplanutí Slunce vypadá zpráva takto: GEO TTT III EEE

což znamená: T - očekává se mag. bouře (tento údaj se vysílá obvykle když bylo zpozorováno vzplanutí Slunce)  
 I - určuje, kdy nastala pozorovaná příhoda, písmeno I znamená, že pozorovaná porucha na Slunci nastala mezi 00 až 04 hod. světového času, tj. GMT.  
 E - značí, že zatím není pozorována žádná příhoda, tj. žádná mag. bouře.

A nyní úplný přehled významu vysílaných symbolů:

První písmeno za známkou GEO má tento význam:

- E - žádný poplach, nic neobvyklého se neočekává
- I - očekává se vzplanutí, obecný typ
- S - očekává se protonové vzplanutí, je již mnohem vážnější typ vzplanutí a téměř vždy je doprovázen PZ, pokud ovšem částice zasáhnou Zemi.
- T - očekává se magnetická bouře (obvykle následuje po zpozorování vzplanutí)
- U - očekává se vzplanutí a mag. bouře (totiž obvykle již nastalo vzplanutí, které způsobilo poruchu a další vzplanutí se očekává)
- V - očekává se protonové vzplanutí a mag. bouře (podobně jako U)
- H - stratosférické ohřívání
- D - stratosférické ohřívání a očekávané vzplanutí
- M - stratosférické ohřívání a očekávaná mag. bouře

Druhé písmeno za známkou GEO:

- B - příhoda nastala mezi 00 - 06 gmt předešlý den vyhlášení poplachu
- T - příhoda nastala mezi 06 - 12 GMT předešlý den

- H - příhoda nastala mezi 12 - 18 GMT předešlý den
- S - příhoda nastala mezi 18 - 24 GMT předešlý den
- I - příhoda nastala mezi 00 - 04 GMT v den poplachu
- E - žádný poplach, žádná pozorovaná příhoda

Třetí písmeno za znakem GEO:

- U - příhoda nastala den před poplachem 00 - 06 GMT
- A - " " " " mezi 06 - 12 GMT
- B - " " " " " 12 - 18 GMT
- D - " " " " " 18 - 24 GMT
- N - příhoda nastala v den poplachu mezi 00 - 04 GMT
- E - žádný poplach, žádná pozor. příhoda, žádné poruchy

Časový údaj o nastalé příhodě, především o vzplanutí je dosti důležitý, poněvadž lze podle něho určit kdy asi lze očekávat geomagnetickou poruchu a tudíž i výskyt PZ. Jak již bylo řečeno, trvá to obvykle 12 - 30 hodin než dospějí vyvržené částice ze Slunce k Zemi. Kromě těchto poplachů, vyhlašovaných symbolem GEO, kmitočtový standard WWV udává každých 5 min. pozorované podmínky šíření na severoatlantické trase na KV. Hlášení je opět vysíláno ICW, tedy modulovanou tlg(A2) před každým fonickým ohlášením stanice. Toto hlášení se skládá z písmene N, což znamená podmínky šíření normální (normal) nebo písmene U, což znamená podmínky nestálé (unstable), což značí, že obvykle již existuje nějaká geomagnetická porucha. Číslo, které následuje za písmenem N nebo U, označuje relativní kvalitu spojení na severoatlantické trase. Číslice 1 je pro nejhorskou kvalitu, číslice 9 pro nejlepší kvalitu. Tak např. znak U3 již značí značnou poruchu. Obvykle musí být vysíláno hlášení U4, U5 a U6, aby byla porucha tak velká, že může znamenat vyvinutí PZ.

A nakonec několik poznámek k provozu při použití odrazu od PZ. Pochopitelně nejdůležitější je PZ zastihnout. Po této stránce jsme si jako organizace ještě leccos dlužni, poněvadž v řadě zemí je vybudována poplachová služba za tím účelem, aby co nejvíce amatérů mohlo využít nastalé PZ. Výskyt PZ na pásmu, dejme tomu 2 m je velmi dobře rozeznatelný. Na pásmu se objeví šum a praskot takového typického charakteru a je nejsilnější při směřování antény na sever. Signály, které uslyšíme, mají velmi špatný tón, pokud lze vůbec o tónu mluvit a v řadě případů lze je skoro přijímat lépe bez EFO. CW signály nelze obvykle přijímat při příliš úzkém propustném pásmu přijímače, jak je obvyklé u běžné-

ho provozu a selektivita přijímače se musí rozšířit na alespoň 1 kHz. V pásmu 70 cm je to ještě horší a jak již bylo řečeno, signály jsou široké asi 2,5 až 3 kHz. Směrování na max. síly signálu nebývá obvykle ostře vyhraněno. Poloha PZ se obvykle posouvá a to tak, že se začátku je optimální směr antény přibližně na SV a pak se během vývinu PZ přesouvá přes S až na SZ. Podle toho se také obvykle mění okruh stanic, s kterými je možno pracovat. Nejdříve tedy obvykle stanice z pobaltských republik Sov. svazu, potom stanice severní, Švédsko, Norsko, Finsko a nakonec obvykle stanice v Západní Evropě. Vzhledem k tomu, že PZ trvá omezenou dobu, bývá na pásmu často rušno a je proto žádoucí celkem hbitý telegrafní provoz, spojení krátká, bez zbytečného vyprávění. Obvykle nelze používat rychlotelegrafie nebo rychlého telegrafního provozu právě proto, že signály pro svůj zašuměný a "široký" charakter jsou hůře čitelné. Při předávání reportu se neudává z téhož důvodu jakost tónu, protože i vysílač s tónem T9fb pomocí odrazu od PZ má charakter spíše podobný vysílači jiskrovému. Předává se proto místo číslice pro tón písmeno A, tj. např.

57A .A je z názvu PZ - Aurora. Velmi účelné je časté a krátké volání výzvy a jak již bylo řečeno ve výkladu o geometrii šíření, nesmí nás překvapit to, že můžeme pomocí PZ pracovat třeba se stanicí, která je od nás vzdálena pouze 20 km, i když skutečná překlenutá vzdálenost k PZ a zpět je třeba 2000 km.

Podle některých praktických pozorování vypadá porovnání signálů na pásmu 70 cm a na pásmu 2 m tak, že signály na 70 cm jsou až o 23 dB slabší než v pásmu 2 m, t. zn. zhruba o 4 stupně S. Protože ale signály v pásmu 2 m často dosahují síly S9, i více, postačí obvykle takto silné odrazy k uskutečnění spojení i v pásmu 70 cm. A to, že jsou spojení na 70 cm tak řídká, spočívá spíše v tom, že je připraveno málo stanic, no a proto tím i ještě méně stanic na 70 cm.

Jak se zdá, PZ nevyklučuje možnost odrazu dokonce na 1296 MHz. Podle měření síla signálu na 23 cm je slabší asi o dalších 9 dB proti pásmu 70 cm, tj. asi o 31 dB slabší než v pásmu 2 m. Zdá se tedy, že i tady by byl možný úspěch. Síla signálu zde bude totiž vyvážena tím, že se na těchto UHF pásmech obvykle používá antén s větším ziskem než v pásmu 2 m.

Závěr pro úspěšnou práci pomocí odrazu od PZ je vlastně tento: i když existuje, jak jsme viděli, mnoho způsobů jak indi-

kovat možnost výskytu PZ, je nejdůležitější vlastně jen jedno: býti na pásmu, poslouchat a také občas dělat nějaký "hluk", tj. vysílat občas výzvu a zejména být připraven i k práci na vyšších pásmech. Jinak spojení pomocí PZ nepotřebují žádného zvláštního zařízení, postačí zařízení, určené k běžnému provozu, i když na UHF pásmech bude samozřejmě žádoucí používání výkonějšího vysílače.

Pozn.: další podrobný popis PZ atd. je uveden v AR 2/62, str. 51-5

### Spojení odrazem od měsíčního povrchu

Pro tento typ spojení se obvykle používá názvu EME z angl. Earth-Moon-Earth, což znamená Země-Měsíc-Země, a nebo též někdy zkratky MB jako Moon Bounce - měsíční spojení. Toto je již vaku-  
tku kosmický typ spojení, který umožňuje spojení s protistanicí, která současně vidí Měsíc. V mezním případě tedy lze navázat spojení i s protinožci a v důsledku rotace Země lze pracovat s každou protistanicí kdekoliv na zemském povrchu. Realizace EME je na samých mezích amatérských možností a nejlépe je zvládnutelná ve větším kolektivu. Nároky jsou nejvyšší na všechny části zařízení stanice. Především je potřeba využít maximálního povoleného příkonu a běžně se pracuje s vysílači o příkonu 1 kW. Je třeba mít velmi výkonné antény o rozměrech řádu 100 m<sup>2</sup>, citlivý přijímač, popřípadě jiná speciální zařízení.

Historie EME je vlastně velmi krátká. Souvisí s rozvojem radiolokace ve druhé světové válce. Poprvé byly získány odrazy od Měsíce při profesionálním výzkumu v roce 1946 a to na kmitočtu 111 MHz. Zařízení bylo asi takové úrovně jako dnes používají radioamatéři. Anténa měla plochu 120 m<sup>2</sup> dávala anténní svazek široký přibližně 14°. Přijímač měl šířku pásma asi 60 Hz. Použitý špičkový výkon, poněvadž se jednalo o radarový vysílač, byl 3 kW.

První amatérské odrazy a to tedy ještě ne spojení byly získány po tříleté práci v roce 1953. Postupně pak byla uskutečněna spojení a to téměř na všech radioamatérských VHF a UHF pásmech. Toto bylo dovršeno až v loňském roce spojením na 220 MHz a zejména na pásmu 13 cm, tj. 2304 MHz. Příprava tohoto spojení až k úspěšnému konci trvala rovněž asi 3 roky. V současné době byl také prostřednictvím EME vytvořen nejdelší spoj v pásmu 2 m, současný světový rekord, na trase mezi Švédskem a Novým Zélandem mezi SM 7 BAE a ZL 1 ARZ. Toto spojení bylo potom zopakováno i pomocí SSB.

Probereme si nejdříve některé základní astronomické údaje a hlavní teoretické předpoklady a zásady, uplatňující se při EME spojení. Měsíc je přirozenou družicí Země a krouží kolem ní po mírně eliptické dráze o střední vzdálenosti 384 000 km. Přitom přízemí-perigeum je ve vzdálenosti 357 000 km a odsemitopogeeum ve vzdálenosti 408 000 km. Sklon dráhy je jen málo odlišný od sklonu ekliptiky, rozdíl činí + 5°. Znamená to, že Měsíc

vykonává zdánlivou dráhu po obloze velmi podobnou dráze Slunce. Pouze může být na obzoru, když vrcholí, o 5° výše. Oběžná doba Měsíce kolem Země činí 27,3 dne. Je to t.zv. siderická perioda, totiž "laický" je to doba, během které Měsíc zaujme stejnou polohu na hvězdném pozadí. Dále rozeznáváme ještě synedickou periodu, t.zv. synedický měsíc, který trvá zhruba 29,5 dne a je to doba, potřebná k tomu, aby Měsíc nabyl stejné fáze, to znamená od úplňku k úplňku. Musíme si vlastně uvědomit, jak lze znázornit na obr.9, že dráha Měsíce není uzavřená, poněvadž Měsíc krouží kolem Země, ale Země současně krouží kolem Slunce. Měsíc krouží kolem Země ve stejném smyslu jako se děje rotace Země, což má za následek, že relativní pohyb Měsíce je pomalejší než se zdánlivě pohybují hvězdy. Pohyb Měsíce je zhruba 14° za hodinu, zatímco u hvězdného pozadí je to 15° za hodinu. Není snad třeba připomínat, že měsíční fáze souvisí pouze s úhlem, pod jakým dopadá sluneční světlo na měsíční povrch vůči Zemi, a že nemají na spojení typu EME žádného vlivu.

Průměr Měsíce je přibližně asi 1/4 průměru Země. Přesná hodnota je 3 476 km. Měsíc se proto jeví při pozorování ze Země pod zorným úhlem pouze asi 1/2°, naproti tomu Země by se jevila z měsíčního povrchu pod zorným úhlem 2°. Tato geometrie je znázorněna na obr.10. Měsíc má dále svou rotaci, která ovšem souhlasí s dobou oběhu. Znamená to tedy, že k nám přivrací stále stejnou část svého povrchu. Kromě toho ještě Měsíc vykonává kolébatý pohyb, který se nazývá librace a činí asi 8% v délce a šířce. V důsledku toho ze Země lze pozorovat větší část povrchu než 1/2. Librace se též uplatňuje i při EME. Odrazivost měsíčního povrchu je poměrně špatná. T.zv. albedo, což je odrazivost světelných paprsků činí asi 0,15, tedy 15%. Pro radiové vlny se udává koeficient odrazivosti mezi 7-8 %.

A nyní k pochopení některých teoretických předpokladů pro EME podnikneme malou exkursi do radioastronomie. Abychom se dopracovali přibližných poměrů, co se týče útlumu signálu na trase EME, povšimněme si t.zv. radiolokační rovnice, pomocí níž můžeme vypočítat výkon odražené vlny, případně tedy poměr výkonů vysílané a odražené energie. Tento poměr představuje útlum trasy EME. Odražený výkon je dán tímto vztahem

$$P_o = \frac{P_v \cdot G_o^2 \cdot \lambda^2 \cdot S}{(4\pi)^3 \cdot r^4}$$

- kde  $P_o$  - výkon ozvěny (odražené vlny)
- $P_v$  - výkon vysílané energie
- $G_o$  - zisk antény vůči isotropnímu zářiči
- $\lambda$  - vlnová délka
- $S$  - plocha cíle
- $r$  - vzdálenost mezi vysílačem a odraznou plochou .

Často se uvádí tento vzorec v takovém tvaru, kde místo zisku antény je uvedena účinná plocha ústí antény V tom případě, pokud se používá jako, antény rotačního paraboloidu. Potom

$$G_o = \frac{4\pi A \cdot k}{\lambda^2}$$

- kde  $G_o$  - zisk antény proti isotropickému zářiči,
- $A$  - plocha ústí antény,
- $k$  - účinnost ozáření zrcadla,
- $\lambda$  - délka vlny.

Výraz pro výkon odražené vlny se potom změnil takto:

$$P_o = \frac{P_v \cdot A^2 \cdot k^2 \cdot S}{4\pi r^4 \cdot \lambda^2}$$

Jak je všeobecně známo, citlivost přijímače je omezena šumem, a aby signál mohl být rozeznán, musí být dostatečně silný vůči šumové hladině. Nejmenší přijímatelný výkon je dán vztahem

$$P_p \text{ min} = k \cdot T_g \cdot B_g \cdot F \cdot d$$

- kde  $P_p \text{ min}$  - nejnižší přijímatelný výkon,
- $k$  - Boltzmannova konstanta,
- $B_g$  - šumová šířka přijímače,
- $F$  - šumové číslo přijímače,
- $d$  - zvolený poměr signál/šum .

Dosadíme-li do takového vztahu hodnoty, které jsou běžně realizovatelné, t.zn.  $k=1,6 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ ,  $B_g = 100 \text{ Hz}$ ,  $F = 2,5$  (t.j. 3 dB), a poměr s/š např. 1, vychází nám, že přijímač může registrovat nejslabší signály o úrovni  $10^{-18} \text{ W}$ .

Kdybychom nyní tento  $P_p \text{ min}$  porovnali s předcházející rovnicí pro odražený výkon, tedy do radiolokační rovnice, do které bychom dosadili skutečné hodnoty, dostaneme velmi přibližně podmínku, že na vlnové délce 2 m čili na pásmu 145 MHz, potřebujeme zisk antény proti dipólu nejméně 20 dB, v pásmu 70 cm 25 dB a v pásmu 23 cm 30 dB, přičemž výkon vysílače musí být kolem 500 W.

Vliv galaktického šumu:

Dosud uvedené úvahy počítaly s tím, že šumová teplota se rovná běžné teplotě, t.j. přibližně 17° neboli 290°K. Zaměříme-li ale směrovou anténu na oblohu, vypadá situace poněkud jinak. Kosmický prostor, který nás obklopuje, především tedy soustava naší Galaxie Mléčné dráhy produkuje šum v celé oblasti radiových kmitočtů. Galaktický šum je nejintenzivnější ve středu galaxie, který má polohu přibližně v souhvězdí Štřelce a astronomické souřadnice jsou - deklinace -28° a rektascence asi 18 hod, t.j. 275°. Galaktický šum pak ubývá směrem ke galaktickým pólům, které ovšem nejsou přesně v rovině kolmé k Mléčné dráze, ale jsou dosti odchýleny asi o 40°. Galaktický šum je velmi důležitý proto, že omezuje využitelnou citlivost přijímací soupravy. Nelze pochopitelně přijímat signál slabší než je úroveň galaktického šumu, i když malé šumové číslo přijímače by to třeba umožňovalo.

Na VKV pásmech vypadá situace asi takto: v pásmu 2m při nasměrování antény na galaktický střed zjistíme, že šumová teplota není 290°K, ale asi 10-tinásobek, t.j. přibližně 3000°K. Nasměrujeme-li anténu do oblasti minimálního kosmického šumu, naměříme přibližně poloviční hodnotu, asi jen 150°K. Na UHF pásmech je situace daleko příznivější. V pásmu 132 MHz se galaktický šum pohybuje mezi 10°-200°K. V pásmu 1296 MHz by to bylo ještě méně. Úroveň galaktického šumu v závislosti na vlnové délce lze znázornit přehledným grafem na obr. 11. Čáry, označené "max" přísluší max. šumová teplota při namíření antény na střed galaxie, čáry, označené "min", přísluší minimální úroveň galaktického šumu (kosmického šumu). Vidíme, že tyto čáry prudce klesají směrem ke kratším vlnovým délkám. Na grafu jsou vyneseny ještě křivky označené  $\beta = 0^\circ$  až  $90^\circ$ , kde  $\beta$  znamená elevační úhel antény. Na vyšších kmitočtech totiž šumová teplota neklesá podle zmíněných křivek "max" a "min", ale závisí i na náměru antény, protože na vyšších kmitočtech se nepříznivě uplatňuje absorpce v zemské atmosféře, kde zejména hraje roli vodní páry. Je pochopitelné, že při  $\beta = 0^\circ$ , t.j. při nulovém elevačním úhlu, radiový paprsek prochází velmi dlouho zemskou atmosférou. Pakliže však již namíříme anténu pod celkem nízkým elevačním úhlem, např. 5°, poklesá vliv tohoto přídatného šumu přibližně pětinašobně, při elevaci 30° již více než 10 x. V grafu je také dobře patrné t.zv. okno do vesmíru. Vidíme, že pro kosmickou komunikaci jsou nejvhodnější kmitočty přibližně v pásmu 1 ... 10 GHz.

Zmíněným vlivem zemské atmosféry je tedy omezena min. šumová teplota v pásmu 70 cm asi na hodnotu 50°K při elevačním úhlu 0°, max. šumová teplota při namíření do galaktického středu je asi 200°K. V pásmu 23 cm je při nulovém elevačním úhlu min. teplota opět asi 50°K, ovšem při namíření antény mimo střed galaxie nebo pod velkým elevačním úhlem klesá až na 10°K.

Jaký vliv má tato šumová teplota oblohy? Anténa, namířená na oblast oblohy vykazující určitou šumovou teplotu se chová jako zdroj šumu o této teplotě. Znamená to tedy, že ve vztahu pro minimální přijímaný výkon musíme za  $T_g$  dosazovat nikoliv 290°K, jak jsme zvyklí třeba u šumových generátorů nebo v pozemní komunikaci, ale skutečnou šumovou teplotu antény, tedy šumovou teplotu prostoru, do něhož je anténa namířena. Z toho vyplývá, že např. v pásmu 2m omezuje citlivost zařízení prakticky šumová teplota kosmu a nemá tedy význam zlepšovat šumové číslo přijímače asi pod hodnotu 2 dB, t.j. 1,6 kTo. To je hodnota poměrně snadno dosažitelná. Ovšem na UHF pásmech má zlepšování šumového čísla přijímače stále význam a znamená to, že musí být používáno např. parametrických zesilovačů, případně zesilovačů s tunelovými diodami a podobné speciality, které umí dosáhnout šumovou teplotu kolem 50° nebo 100°K.

Vzhledem k tomu, že občas se v literatuře objeví i výraz jako šumová teplota přijímače, bude vhodné uvést vztah, který platí mezi šumovým číslem a šumovou teplotou přijímače:

$$T_g = 290 (F - 1) \quad /^\circ\text{K}/$$

Např. přijímač o šumové teplotě  $F = 290^\circ\text{K}$  má šumové číslo 2 kTo, tedy 3dB či opačně přijímač s  $F = 3$  dB (2kTo) má náhradní šumovou teplotu 290°K.

Šumová teplota celé soustavy se získá sečtením dílčích šumových teplot. Nejlépe si to ilustrujeme na takovémto příkladu: výkon odraženého signálu je např. -170 dBW, t.j. vůči 1 W. Šumový výkon je přitom dán vztahem  $P_g = kTB$ , kde  $k = 1,6 \cdot 10^{-23} \text{ J}/^\circ\text{K}$  (Boltzmannova konstanta),  $T$  je celková šumová teplota soustavy,  $B$  - šumová šířka pásma. Dosadíme-li např. tyto praktické hodnoty:  $B = 1 \text{ kHz}$ ,  $F = 2 \text{ dB}$ ,  $T_{\text{oblohy}} = 400^\circ\text{K}$ , zjistíme, že úroveň výkonu šumu přijímač. soupravy je -142 dB proti 1 mW, t.j. -172 dB oproti 1 W, či -170 dBW. Poměr s/š získáme odečtením výkonu šumu od výkonu signálu, t.j. -170 dB - (-172 dB) = +2 dB. Naproti tomu kdybychom anténu zamířili do oblasti max. galaktického šumu, kde šumová teplota dosahuje asi 3000°K, vyjde nám stejným postupem, že šumový výkon přijímací soupravy je -163 dBW. Poměr s/š pak

má hodnotu -7 dB, t.j. signál je 7 dB pod šumem. To je již na-  
prsto nečitelný signál.

Tato úvaha, promítnutá do praktických poměrů znamená, že  
pro pokusy o spojení EME není vhodná doba, kdy deklinace Měsí-  
ce je nižší než -10° při používání antény se svazkem 15° v obou  
rovinách. Pak totiž Měsíc leží v oblasti, kde kosmický šum znač-  
ně narůstá a v některých případech, když má Měsíc nejnižší de-  
klinaci prochází vlastně přímo proti středu galaxie, kde je  
max. šumová teplota oblohy. Na UHF pásmech se galaktický šum  
již tak neuplatňuje a zejména v pásmu 23 cm je možné spojení  
EME při libovolné poloze Měsíce.

Další efekt, který se uplatňuje při spojení EME je Dop-  
plerův jev. Jak je známo z fyziky, těleso, které vydává nějaký  
třeba tón a vzdaluje se od pozorovatele, se projevuje na pozoro-  
vacím místě tak, jakoby tón klesal. Něco podobného se samo-  
zřejmě děje i při odrazu radiových vln. Vzájemný pohyb Měsíce  
a Země v tomto případě spočívá v rotaci Země. Země se otáčí  
na rovníku rychlostí 40 000 km za den, t.j. obvod rovníku za  
24 hodin. Z toho vychází rychlost na rovníku asi 1580 km/hod.  
a 465 m/s. Tato obvodová rychlost samozřejmě směrem k pólům  
ubývá, na pólech by byla nulová. V našich zeměpisných šířkách  
na 50° je asi 360 m/s. Dopplerův jev se uplatňuje samozřejmě  
nejvíce při východu a západu Měsíce. Prochází-li Měsíc právě  
místním poledníkem, t.j. stojí-li na jihu, je Dopplerův jev nu-  
lový. Posun kmitočtu je dán tímto vztahem:

$$f = \frac{2v \cdot f}{c}$$

kde v je relativní rychlost Země a Měsíce (kladná při vzdalo-  
vání Měsíce od Země a záporná v opačném případě),

c je rychlost světla (300 000 km/s),

f je kmitočet radiové vlny, odrážející se od Měsíce

Praktičtější vztah je po dosazení vlnové délky, a to:

$$f = \frac{2v}{\lambda}$$

Dosadíme-li do tohoto vztahu hodnoty pro vlnovou délku 2 m a  
v=360 m/s (pro 50° s.š.), získáme posuv 360 Hz. To znamená, že  
kmitočet radiové vlny, odražené od Měsíce je o 360 Hz vyšší  
při východu Měsíce, zapadá-li právě Měsíc, bude odražený sig-  
nál mít kmitočet o 360 Hz nižší. Kromě tohoto Dopplerova jevu  
způsobeného rotací Země existuje ještě menší vliv v důsledku  
librace Měsíce. Na 2 m pásmu je Dopplerův posun, způsobený li-

brací Měsíce (t.j. kolébáním Měsíce) asi 2 Hz. Hodnoty se zdají  
být celkem malé, ale uvážíme-li, že při EME se používají často  
filtry o šířce pásma 100 Hz, musí se počítat i s takto malým  
Dopplerovým jevem. Na vyšších pásmech je pochopitelně Dopplerův  
posun větší, neboť odchylka kmitočtu je úměrná kmitočtu. Znamená  
to tedy, že na pásmu 70 cm dosahuje Dopplerův posun hodnoty asi  
1 kHz a v pásmu 23 cm asi 3 kHz.

Na závěr této teoretické partie, potřebné k pochopení  
principu EME se seznámíme s některými výsledky radiolokace Mě-  
síce, provedenými odbornými institucemi. Nejdůležitější byly odra-  
zy prozkoumány v roce 1951 americkým námořním vojenským vý-  
kumným ústavem a to na kmitočtu 198 MHz a o něco dříve ve  
známé observatoři Jordeal Bank. K radiolokaci Měsíce byl použit  
ohromný anténní systém. Anténa měla v průměru 75 m, což dávalo  
na kmitočtu 198 MHz anténní svazek v obou rovinách úzký asi  
1,4° pro poloviční výkon. Reflektor byl vytvořen tak, že byl  
vyhlouben v zemi, vyasfaltován a vyložen pletivem o rozměrech  
ok 7,5 x 7,5 cm. Anténa tudíž byla fixní, a aby Měsíc mohl být  
sledován alespoň nějakou omezenou dobu, bylo používáno vychy-  
lování ozařovače. Princip je podobný jako u přepínání dálko-  
vých a potkávacích světél v reflektoru auta. Vychýlení  
ozařovacího systému poněkud z chňáka lze dosáhnout toho, že  
svazek vystupující z antény se rovněž odchýlí. Tímto způsobem  
bylo umožněno sledovat Měsíc asi po dobu 20 minut. Jako vysí-  
lače bylo používáno jednak radaru s impulsem o špičkovém výko-  
nu 1 MW, ale také CW, případně AM vysílače s výkonem 100 W. Při-  
jímač měl šumové číslo 2 kTo čili 3 dB a šumová šířka pásma  
byla proměnná od 100 Hz až asi do 250 kHz. Při pokusech byly  
zjištěny tyto zajímavé věci: odražený signál se vrací zhruba  
za 2,6 vt., což odpovídá přesně teorii, neboť vzdálenost tam a  
zpět je asi 760 000 km a radiová vlna se šíří rychlostí 300  
000 km/s. Zajímavý byl charakter odrazu. Bylo zjištěno, že 50%  
vyslané energie se vrací během 50 ns; z toho vyplývá, že na odra-  
zu se vlastně podílí jen malá část měsíčního povrchu. Je to  
kruh asi o průměru 340 km. Okrajové části, jak je znázorněno  
na obr. 12 se na efektivním odrazu prakticky vůbec nepodílí.  
"Rozplyzalost" vracejícího se signálu je tedy velmi malá a pro-  
to komunikace přes Měsíc může být širokopásmová, např. AM vy-  
sílač o výkonu 100 W umožňoval příjem dokonale srozumitel-  
ných, naprosto nezkraslených signálů. Při příjmu byly zjiště-



ny dva typy úniků. Jednak rychlý únik řádu vteřin, který odpovídá libraci Měsíce a je způsoben tím, že librací se poněkud posouvá zmíněná odražející oblast a poněvadž povrch Měsíce je nerovný, mění se tím i množství odražené energie, v některých případech se odražející plochy ve fázi sčítaly, jindy je větší rozptyl. Daleko závažnější je druhý únik, který je poměrně pomalý s periodou mezi maximy a minimy 15 až 30 minut. Tento pomalý únik je způsoben t.zv. Faradayovou rotací a roste s vlnovou délkou, t.zn. na nižších pásech je daleko znatelnější a daleko hlubší. Co je to Faradayova rotace? Radiová vlna, která prochází částečně vodivým prostředím, t.zn. ionosférickými vrstvami ve vysokých vrstvách zemské atmosféry se rozštěpí na dva svazky, které začnou rotovat. Výsledkem toho je, že rovina polarizace vyslané radiové vlny se stáčí. To znamená, že například vlna, vyslaná s vodorovnou polarizací se může vrátit nazpět s polarizací třeba svislou a poněvadž používáme téže antény pro příjem, vznikne velmi hluboký únik, neboť horizontálně polarizovaná anténa není citlivá na vertikálně polarizované signály. Hloubka úniku dosahuje 20 - 30 dB. Rychlost otáčení rovinné vlny závisí na hustotě ionosféry, t.j. na úhlu, pod jakým radiová vlna do ionosféry vstupuje. Je-li Měsíc nízko nad obzorem a radiová vlna je tudíž vysílána rovnoběžně se zemským povrchem pod nulovým elevačním úhlem, prochází oblastí s dvou- až třinásobně větším počtem elektronů v ionizovaných vrstvách, než kdyby anténa byla namířena vzhůru. Z toho důvodu se také při anténě namířené nízko nad obzor projevuje daleko intenzivnější a rychlejší rotace stáčení roviny vlny. Rychlost stáčení je podle praktických pokusů asi 90° za 15 až 30 minut. Při průchodu radiové vlny se objevuje ještě další nepravidelnost v šíření, která je nazvána scintilace. Tento úkaz spočívá v tom, že ionosférické prostředí není homogenní a vyskytují se v něm jakési "hrudky", dalo by se říci jakási oblaka. Tyto oblaky mohou působit jako čočky a usměrňují radiové vlny na zemský povrch. Podle charakteru buď provádějí fokusaci, t.j. zaostřují radiovou vlnu, nebo defokusaci, tedy rozptýlení. V prvním případě nastane na přijímací stanici značný vzrůst intenzity signálu, v druhém případě úplné vymizení signálu. Zatímco Faradayova rotace se dá úplně potlačit používáním kruhově polarizované vlny, tato scintilace se prakticky nedá vůbec potlačit ani odstranit.

A nyní k EME v radioamatérské praxi. Jaká je optimální volba pásma pro komunikaci EME? Jako nejvhodnější pásmo pro EME se zdá pásmo 23 cm a to z těchto důvodů:

- 1) předně na tomto pásmu je již zcela zanedbatelná Faradayova rotace,
- 2) je to nejnižší pásmo, kde galaktický šum se prakticky rovněž neprojevuje a neomezuje výkonnost přijímací soupravy,
- 3) je to nejvyšší pásmo, kde ještě lze dnes realizovat přijímač se šumovým číslem kolem 1 dB, samozřejmě pomocí parametrického zesilovače,
- 4) je to nejvyšší pásmo, kde lze dosáhnout s dostupnými prostředky příkonu 1 kW,
- 5) je to pásmo, kde požadovaný anténní zisk přes 30 dB ještě dává rozumné rozměry antény.

Přes tento malý rozbor vypadá to ve světě tak, že největší aktivita radioamatérů při EME se stále odehrává na 2 m pásmu. Ovšem o to větší jsou potíže a anténními systémy. Vhodná a dostatečná anténa, to je kardinální část zařízení určeného pro EME. Anténa je důležitá ze dvou důvodů. Jednak musí zaručovat dostatečný zisk a za druhé musí sledovat s dostatečnou přesností měsíc, aby Měsíc zasahoval střed vyzářovacího svazku. Jakých antén se používá?

Lze říci, že pro EME vyzkoušeli amatéři snad všechny možné antény. Používá se souřazových systémů, soustav dlouhých i krátkých Yagi antén, soustav Yagi antén se zkříženými prvky pro kruhovou polarizaci atd. Dokonce i soustavy třeba 5elementových Quadů a dokonce i rhombických antén, namířených v jednom směru. V řadě případů bylo ke spojení použito i antén profesionálních. Snad nejznámější a nejslavnější je radioteleskop Arecibo, umístěný na Portoricu. Jeho anténní systém je umístěn v kotlině a má průměr 300 m. V roce 1969 byl využit k radioamatérským pokusům v pásmu 70cm a 2 m a tehdy stačilo k uskutečnění spojení, aby protistanice měla výkon asi 100 W a anténu se ziskem 15 dB. Čili celkem velmi rozumné zařízení.

Jedním z nejpopulárnějších a nejrozšířenějších anténních systémů je souřazový systém, 160 elementový, který použil a zavedl K 6 MYC. Anténní systém je znázorněn na obr. 13. Základ tvoří 16-elementový souřazový systém, přičemž pro zvýšení zisku a směrovnosti je před každé patro přidáno po <sup>jednomu</sup> ~~jednomu~~ <sup>direktoru</sup> ~~direktoru~~. Tato

dílčí soustava obsahuje tedy celkem 20 elementů. A takovýto soustav je seřazeno dohromady 8, t. zn. 4 vedle sebe a 2 patra. Anténa vykazuje zisk proti dipólu asi 23 dB. Rozměry jsou ale ohromné, výška antény je asi 8 m, šířka přibližně 20 m. Švédská stanice SM 7 BAE, která drží světový rekord spojením s novozélandskou stanicí ZL 1 AZR, používá soustavy dlouhých Yagi antén. Tato soustava má 16 x 10 el. Yagi. Jeden z nejmenších anténních systémů úspěšného EMEmana je např. anténa W 6 DNG, což je kolineární systém 32-elementový. Je ovšem použito t. zv. expandovaného systému, kdy kdy jednotlivé půlvlnné antény nejsou vzdáleny od sebe o půlvlnu, ale o vzdálenost větší, aby bylo dosaženo max. zisku. Zisk této antény byl původně 18,3 dB, ale W 6 DNG stejně později přidal, podobně jako K 6 MYC, 16 direktorů před tento systém a zisk soustavy vzrostl na 19,8 dB. Velmi dobrých úspěchů dosáhl australský amatér VK 3 ATN s rhombickým systémem. Jeho rhombik měl ovšem ohromné rozměry. Měl 4 patra o rozteči asi 160 cm, ale délka jednotlivých ramen byla 100 m. Teoretický zisk takového monstra je asi 33 dB, kdyby byla zem ideálně odrazivá a vodivá. Praktický zisk se pohyboval okolo 27-30 dB. S touto anténou velmi úspěšně pracoval s příkonem pouhých 100 W. Nevýhoda rhombiku je jasná - není možno měnit polohu vyzařovacího diagramu a Měsíc tudíž prochází diagramem jen velmi krátkou dobu. Aby tuto dobu prodloužil, použil VK 3 ATN zvláštního systému kladek, jímž mohl částečně vychylovat ramena rhombiku. Jeden ze zakladatelů hnutí EME, amatér W 1 FZS se dokonce za účelem EME odstěhoval na Portorico a nyní má značku KP 4 DJN. Vybudoval si na Portorico malou zmenšeninu radioteleskopu Arecibo a má čtvercový parabolický systém o rozměrech 45 x 45 m. Tento systém je fixní a Měsíc se opět sleduje pomocí změny polohy ozařovacího systému. Je nutno si uvědomit, že na Portorico lze velmi snadno tyto rozměry realizovat, a proto zřejmě také bylo vybráno pro velký radioteleskop Arecibo. Portorico leží přibližně na 18° sev. šířky, což znamená, že Měsíc tam prochází často nadhlavníkem a dokonce se pohybuje na severní i jižní hemisféře. V tom případě anténní systém může mířit kolmo vzhůru, do zenitu a lze tak dosáhnout toho, že Měsíc prochází anténním diagramem téměř po 15 dní během jednoho měsíce.

Na vyšších pásmech, t. zn. v oblasti UHF se většinou používají parabolické reflektory. Pro pásmo 70 cm je třeba min. 5m reflektor. Na 220 MHz byly ovšem s úspěchem použity i soustavy šroubovicových antén a soustava Yagi. Při přechodu na vyšší UHF pásma je velmi důležitá jakost povrchu zrcadla nebo

nebo lépe přesnost jeho tvaru. Pokud zrcadlo vykazuje odchylky + nebo - 0,1λ od přesného parabolického tvaru, nastává pokles zisku až o 3 dB. Při přesnosti  $\pm 0,05\lambda$  dosahuje pokles asi -1 dB. Nejvhodnější tvar zrcadla je takový, aby poměr ohniskové vzdálenosti ku průměru zrcadla, čili f/D byl v mezích 0,35 až 0,6. Nejsou-li tyto podmínky dodrženy, vznikají další ztráty. Je-li zrcadlo hlubší, t. zn. je-li tento poměr menší, nelze zajistit rovnoměrné ozáření primárním zářičem. Je-li naopak tento poměr větší nežli 0,6, primární zářič obvykle přezářuje zrcadlo a tím nastává opět pokles zisku. Na pásmu 23cm bylo k pokusům a ke spojením EME použito např. zrcadel o průměru 3 až 5 m, vyrobených i amatérským způsobem.

Nyní k montážím antén a způsobům směřování. Přesné směřování na Měsíc je neméně důležité než zisk antény. Na pásmu 2m má anténa pro EME šíři svazku asi 12° v obou rovinách. Přesnost směřování pak musí být lepší než 2°. Na vyšších pásmech jsou nároky na směřování ještě vyšší, protože zisk antén musí být ještě vyšší. Rozoznáváme několik způsobů směřování, t. j. montáže antén. Nejznámější způsob je t. zv. Az-El, což znamená azimut-elevace. Anténní systém se tudíž otáčí jednak ve vodorovné rovině a jednak je možno měnit jeho elevaci, t. j. náměr antény ve směru vertikálním. Druhým typem montáže antén je montáž paralaktická, neboli polární. Je to montáž obdobná montáži hvězdářských dalekohledů. Má výhodu v tom, že pro sledování nebeského tělesa, v našem případě Měsíce, stačí pohánět jedinou osu. Princip je znázorněn na obr. 14. Vpodstatě je to anténa naklápěná v obou rovinách jako El-Az montáž s tím rozdílem, že původně svíslá osa je nakloněna k zemskému povrchu o úhel, který se rovná zeměpisné šířce dotyčného místa. V takovém případě pak stačí nastavit pevně u antény sklon, označený  $\delta$ , který je deklinační úhel, a hlavní osou natáčet rovnoměrně rychlostí již dříve uvedenou, asi 14° za hodinu. Dalším způsobem jak možno montovat anténu je anténa fixní. Anténa ale nemůže sledovat Měsíc a využívá se jenom toho, že v jisté dny a v jisté hodiny Měsíc prochází anténním svazkem. Z toho důvodu je vhodný neasymetrický vyzařovací diagram v obou rovinách, např. v jedné rovině 3° a ve druhé rovině třeba 30°. Jiným případem je třeba zmíněná rhombická anténa. Je výhodné místo pevné antény používat aspoň montáže t. zv. přechodné, u níž lze měnit alespoň částečně ná-

měr antény v některém směru. Tak dosáhneme využití antény ve větším počtu dní, prostě po větší t.zv. měsíční čas. Klasickým případem přechodného systému je např. pevně umístěné parabolické zrcadlo, používající vychylovaného primárního zářiče. Sklon zrcadla jde třeba stupňovitě přestavovat.

Při rozhodování o tom, který způsob montáže antény zvolit, je třeba uvážit k jakým účelům chceme anténu především používat. Bude-li anténa sloužit výhradně pro EME, je jistě nejvhodnější montáž paralaktická. Ovšem bude-li anténa používána např. i pro MS spojení, případně pro sledování a provoz přes družici, je nejuniverzálnější systém a montáž Az-El. Na druhé straně ovšem systém Az-el přináší jisté obtíže při sledování Měsíce, neboť se postupně s plynoucím časem musí měnit jak azimut, tak elevace antény. Profesionálně používané antény pro sledování družic používají samozřejmě k tomu účelu samočinných počítačů. Transformace souřadnic z paralaktických-polárních na azimutální je počítařsky dosti pracná, pokud máme k dispozici pouze logaritmické pravítko nebo tabulky. Potřebné vztahy jsou uvedeny na obr. 15, kde je zakreslena poloha zapadajícího Měsíce.

V jednodušších případech, pokud se spoléháme na pěkné počasí, postačí, bude-li anténa opatřena optickým hledáčkem, podle něhož se bude zaměřovat Měsíc. Postačí k tomu tubus vhodného průměru, na jehož konci bude např. fotoodpor a Měsíc se pak zaměřuje na min. odpor. Daleko spolehlivější je ale používat predikce, t.zn. předpovědi polohy z astronomických údajů, neboť ne vždy musí být jasná obloha a pokud není Měsíc ve fázi blízké úplňku, nelze ho optickým způsobem snadno zaměřit. Vypracoval jsem proto pro určení polohy Měsíce graf, uvedený na obr. 15, z něhož lze pomocí interpolace snadno určit polohu Měsíce s přesností lepší 2°. Vychází se z toho, že známe průchod Měsíce místním poledníkem. Tento údaj získáme z hvězdářské ročenky, která je každoročně vydávána začátkem roku nakladatelstvím ČSAV. V partii o Měsíci je tabulka, udávající východ, vrcholení a západ Měsíce na 15° východní délky a 50° s.š. Dále je udána deklinace Měsíce vždy pro 0 hod. světového času, t.j. GMT. Na grafu jsou vlastně vyznačeny jednotlivé dráhy Měsíce na obloze pro různou deklinaci, odstupňovanou po 5°. Souřadnicový systém je orthogonální, na vodorovné ose je azimut a na svislé ose je

elevace. Graf je symetrický podle svislé osy, t.zn., že pro vycházející Měsíc platí graf zrcadlově obrácený podél svislé osy. Křivky pro různý deklinační úhel jsou pak protínány druhou soustavou křivek pro hodinový úhel t. hodinový úhel je vlastně časová vzdálenost od průchodu Měsíce místním poledníkem.

Použití grafu osvětlí malý příklad. Pro jistý den odečteme v astronomické ročence, že Měsíc má deklinaci  $\delta = 10^\circ$  a vrcholí třeba v 1100 SEČ, t.j. místního času, na 15° východní délky. Chceme znát jeho polohu ve 1400 hod. SEČ. Rozdíl mezi časem 1400 a časem průchodu nadhlavníkem je tedy 14-11=3 hodiny. T.zn., že hodinový úhel je 3 hod. Křivka pro deklinaci  $+10^\circ$  je protnuta souřadnicí  $t=3$  hod. v bodě, kterému přísluší elevační úhel asi  $35^\circ$  a azimut  $238^\circ$ . Chceme-li tedy anténu mít zaměřenu na Měsíc ve 1400 hod. SEČ, musíme použít elevaci  $35^\circ$  a azimut  $238^\circ$ . Popsaný způsob je pouze přibližný. Deklinace Měsíce, jak zjistíme nahlednutím do hvězdářské ročenky, se mění a kdybychom chtěli získat polohu Měsíce přesněji, museli bychom uvážit opravu deklinace pro dobu, ve kterou chceme znát polohu Měsíce. Deklinace, jak již bylo uvedeno, je udána pro 0 hod. GMT, t.zn., že pro 14 hod. SEČ, tj. pro 1300 GMT museli bychom vypočítat přesněji deklinaci Měsíce a to ze dvou po sobě následujících údajů deklinace.

Graf je vypracován pro zeměpisnou šířku přibližně  $50,4^\circ$  s.š. Lze jej použít s dostatečnou přesností asi pro zeměpisné šířky odlišné přibližně o  $\pm 2^\circ$  od této hodnoty. Pro jiné značně odlišné zeměpisné šířky nutno vypočítat nový takovýto graf podle vztahů, uvedených u grafu. Takový výpočet může být nutný, jestliže je již plánován skutečný EME spoj a je třeba znát polohu Měsíce také u protistanice. Spojení je přirozeně možné jedině tehdy, vidí-li obě stanice Měsíc současně. Ale tyto úvahy a výpočty se již vymykají rámci této přednášky. Ještě poznámka k zeměpisné délce. Ve hvězdářské ročence je údaj průchodu Měsíce nadhlavníkem udán pro  $15^\circ$  v.d. čili pro t.zv. středoevropský poledník, jemuž přísluší čas v SEČ. Jestliže bychom chtěli grafu využít pro místo východnější, dejme tomu na  $18^\circ$  v.d., je nutno si uvědomit, že čas na  $18^\circ$  v.d. předchází čas SEČ a to směrem na východ vždy o 4' na  $1^\circ$  zeměpisné délky. Na  $18^\circ$  východní délky je tudíž místní čas o 12' větší. Je-li v ročence uveden průchod na  $15^\circ$  např. v 1100 SEČ, na  $18^\circ$  v.d. naetal průchod o 12' dříve čili v 1048 SEČ.

Graf je výhodný i pro případné plánování pokusů s pevně směřovaným anténním systémem. Na průsvitný papír se vynese tvar anténního diagramu a umístí se tak, aby jím procházel Měsíc při třeba předem zvolené deklinaci. Lze tak určit jak dlouho bude Měsíc procházet svazkem antény a pod jakým úhlem je nutno anténu směřovat jak v azimutu, tak v elevaci. V důsledku zobrazení je nutno uvážit to, že při větších elevačních úhlech je nutno udělat opravu tvaru diagramu a to ve směru vodorovném. Anténní svazek v diagramu zachovává svůj tvar pouze při 0° elevačním úhlu. Při elevaci 30° je nutno vodorovný rozměr svazku rozšířit o 16%, t.j. znásobit rozměr 1,16 x, a při elevaci 45° násobit 1,41, při 60° hodnotou 2. Takže svazek, který byl třeba kruhový při elevaci 0° nutno do diagramu vynést jako eliptický při větších elevačních úhlech. Tuto opravu nese sebou použitá znázornění, jinak by totiž bylo nutno použít přímo sférického modelu oblohy tak jak je to běžné třeba v planetáriu.

Nakonec ještě několik poznámek k provozu při spojení typu EME. Signály odražené od Měsíce jsou vždy velmi slabé a tomu je nutno přizpůsobit provoz. Vzhledem k tomu, že se používá velmi selektivních filtrů o šířce pásma 1 100 Hz, je nutno používat velmi pomalé telegrafie. Běžná jsou tempa pod 50 zn/min. Jak jsme si již vysvětlili v teoretické části, signály značně trpí kolísavým únikem, což ztěžuje čitelnost. Ukázalo se, že je dosti výhodné používat proto zvláštního kódu pro dorozumění s protistanicí. Kód se skládá především z čárkových signálů, neboť tečky se v úniku snadno ztratí, případně jsou překryty poruchami, které rozezná úzký selektivní filtr. Používá se např. tohoto způsobu:

- vysílané písmeno znamená: T - signály jsou detekovány
- M - písmena a části voláček jsou zaznamenány,
- O - obě voláčky a report zaznamenány
- M+T - téměř dokonalý zápis
- 5 - dokonalý zápis, není potřeba používat tohoto kódu a lze použít běžné abecedy a zkratk.

Vysílací a přijímací relace se obvykle volí 5 minut. V denních hodinách je ovšem lepší používat intervaly kratší a to i až 2 minuty, protože v denní době je Faradayova rotace rychlejší

ší a během 5 minut se vystřídá několikrát minimum a maximum úniku. Všeobecně pro spojení EME jsou vhodnější noční hodiny. Mezi 2200 - 0600 hod. uprostřed trasy je totiž ionosféra nejstabilnější. Z téhož důvodu je rovněž vhodnější zimní období. Faradayova rotace závisí, jak jsme již řekli, na dráze, kterou probíhá radiová vlna ionizovaným prostředím. To má potom takový důsledek, že naše signály mohou být slyšet u protistanice, aniž by bychom slyšeli vlastní odrazy a naopak, např. my budeme slyšet vlastní odrazy, ale, ale protistanice nemusí zrovna v tu dobu slyšet nic, prostě z toho důvodu, že Faradayova rotací stočení polarizační roviny radiové vlny je jiné u protistanice než u vlastní stanice. Aby se tento efekt poněkud potlačil, je opět nejvhodnější doba taková, kdy obě stanice vidí Měsíc zhruba stejně vysoko nad obzorem. Není snad třeba zdůrazňovat, že kmitočtová stabilita a možnost přesného odečítání kmitočtu je enormně důležitá. V pásmech UHF se často používá jako nejjednodušší pomůcky k získání stabilního kmitočtu oscilátoru s krystalovým výbrusem, který je zakopán asi v dvoumetrové hloubce pod zemí. Přitom je umístěn v zaletované plechovce a ta vložena v termoskové lahvi. Je to vlastně nejlacinější způsob získání stabilní teploty, neboť teplota se v takovéto hloubce pod zemí již jen velmi málo mění.

V některých případech se používá zvláštní zařízení k tomu, aby mohl být čten signál, který je již zcela maskován šumem. Používá se t.zv. post-detekčních systémů, které umožní identifikovat signál, který má úroveň i třeba 12 dB pod úroveň šumu. Pochopitelně takový signál již nelze přijímat sluchem, ale pouze vyhodnocovat třeba zapisovačem. V podstatě se vždy používá integračních metod, což vede na velmi nízké telegrafní rychlosti, např. 15 zn/min. Problematika těchto zařízení je také velmi speciální a nebude zde proto probírána. Ovšem pravověrní EME-mani především spoléhají na svůj cvičený sluch. Čistě slabé signály je individuální schopnost a pokusy bylo zjištěno, že lidské ucho dovede rozlišit a číst signály, které jsou o 2 dB slabší, než je úroveň šumu, t.zn., že poměr s/š je -2 dB.

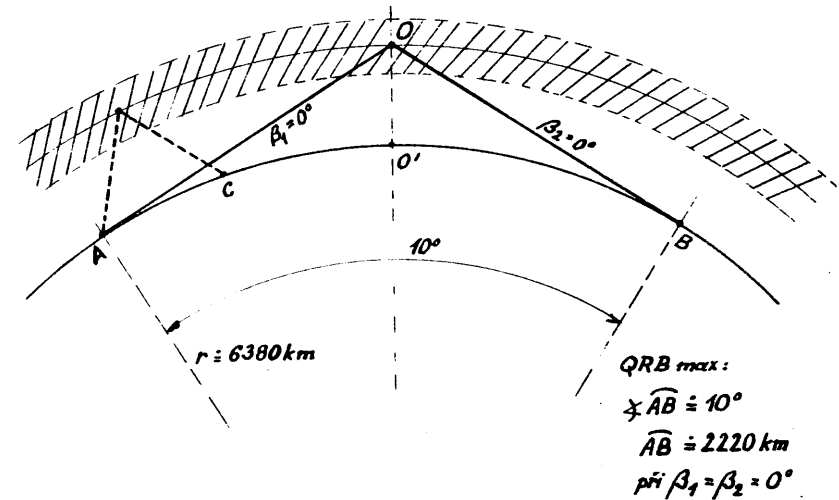
Při prvních pokusech o spojení EME je samozřejmě největší vyhlídka na úspěch, když zvolíme protistanici, která má velký anténní systém. T.č. je takovou stanicí zřejmě jedině zmíněný

KP 4 DJN na Portorieu, který pracuje na 2 m a 70 cm a bude pracovat i na 23 cm. V 2m pásmu používá kmitočtu 144,052 MHz. Udává se, že lze spojení s touto stanicí uskutečnit, má-li protistanice anténu o zisku 17 - 20 dB proti dipólu, příkon 1 kW, t.zn. výkon větší než 500 W a přijímač se šumovým číslem lepším než 2 kTo, t.j. 3 dB. Anténa této stanice je umístěna tak, že dovoluje spojení EME v ty dny, kdy deklinace Měsíce je větší než  $+8^\circ$ , t.j. vždy asi 10 dnů za jeden měsíc. Optimum je asi tehdy, jestliže Měsíc má deklinaci mezi  $+15^\circ$  až  $+20^\circ$ . Čas, který je ke spojení vhodný je např. 0530 hod. po průchodu Měsíce středoevropským poledníkem a kolem této doby asi čas  $\pm 40'$ .

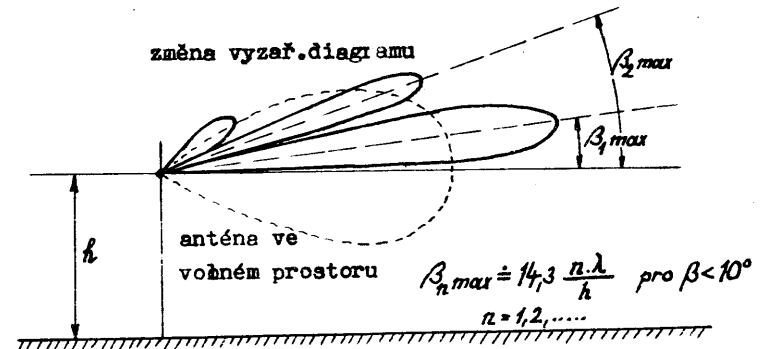
Podobnou takovou dobrou protistanicí bude zřejmě v blízké době VK 3 ATN, který zaměnil své zmíněné rhombiky za podobné parabolické zrcadlo jako na Portorieu.

Doufám, že tento výklad alespoň trochu přispěl k zvýšení zájmu o EME, že se dočkáme brzo toho, že některý čs. amatér nebo kolektiv dosáhne úspěchu i na tomto poli.

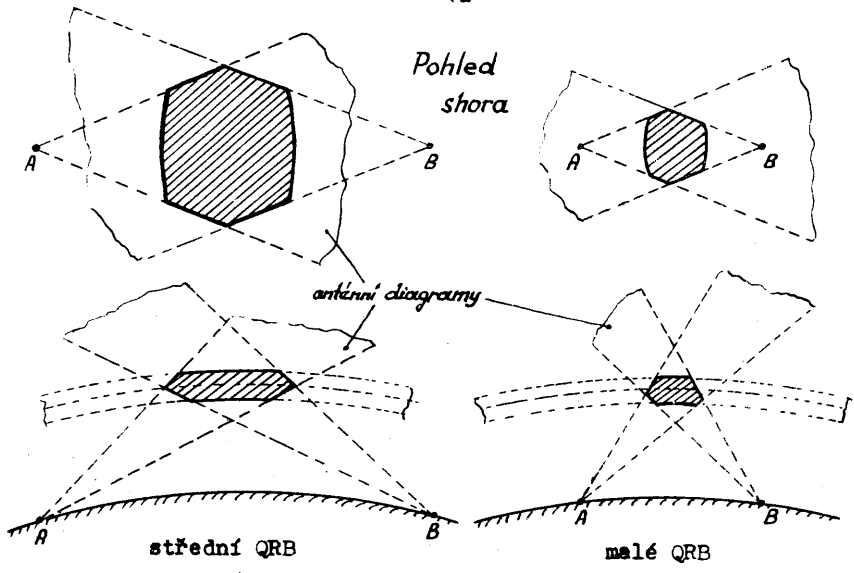
OK 1 BMW



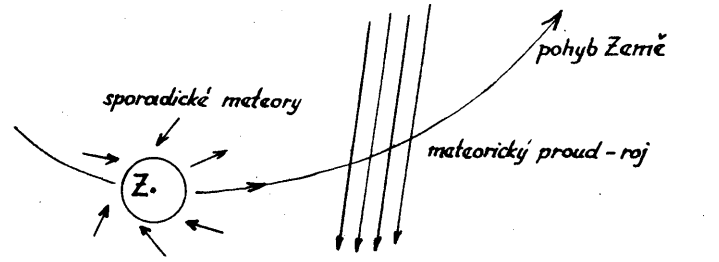
Obr.1. Odraz radiové vlny od ionizovaných stop meteorů.



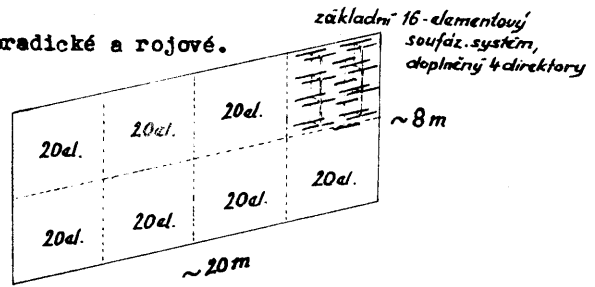
Obr.2. Vertikální vyzářovací diagram antény nad zemí ve výšce h.



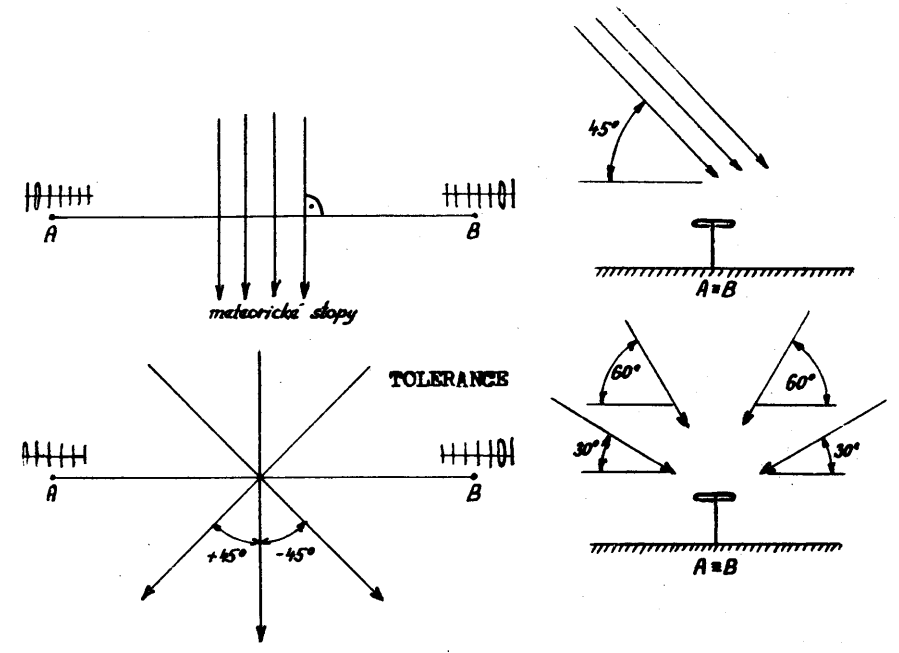
Obr.3. Srovnání poměrů při spoji MS na střední a malou vzdálenost.



Obr.4. Meteory sporadické a rojové.



Obr.13. Princip 160-elementového souřázkového systému pro 144 MHz (K 6 MYC).



Obr.5. Optimální orientace stop a její tolerance.

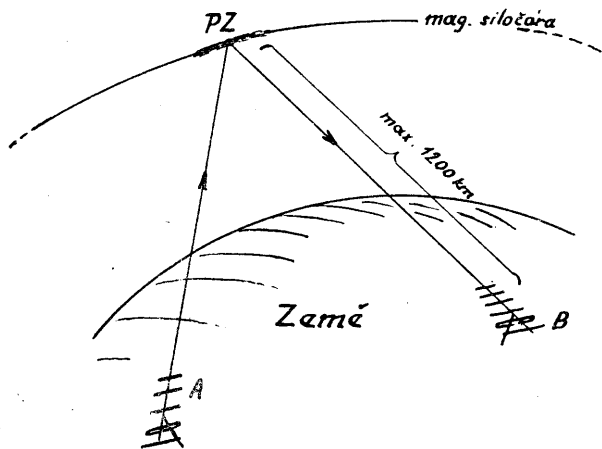
$$\cos d = \sin 1 \sin 2 + \cos 1 \cos 2 \cos (1 - 2)$$

$$\sin a = \frac{\cos 2 \sin (1 - 2)}{\sin d}$$

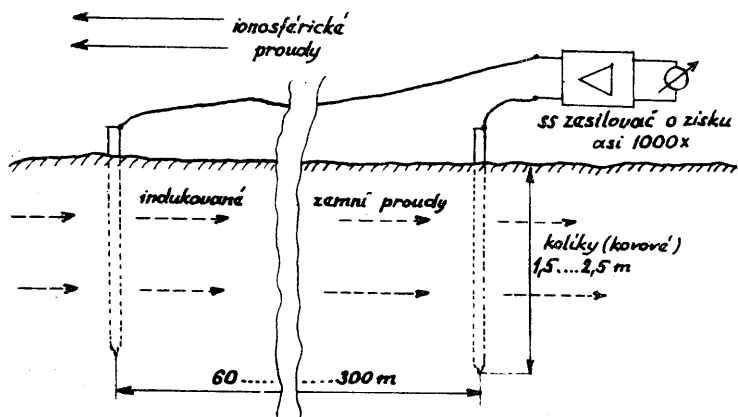
kde d ... pozemní vzdálenost(QRB)ve stupních ...1°= 111,3 km  
1°= 1,855 km

- 1... zeměpisná šířka vlastní
- 2... zeměpisná šířka protistanice
- 1... zeměpisná délka vlastní
- 2... zeměpisná délka protistanice
- a ... azimut trasy

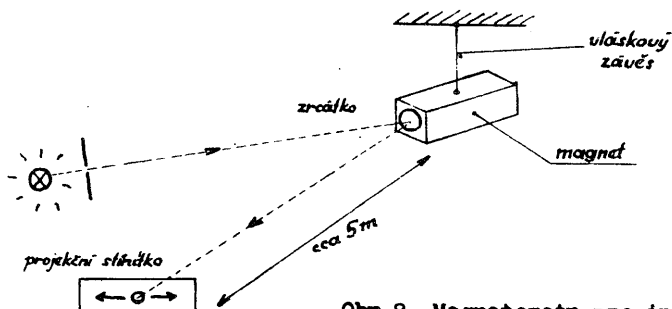
Obr.6. Vztahy pro výpočet přesného azimutu a pozemní vzdálenosti mezi dvěma stanicemi při MS spojení.



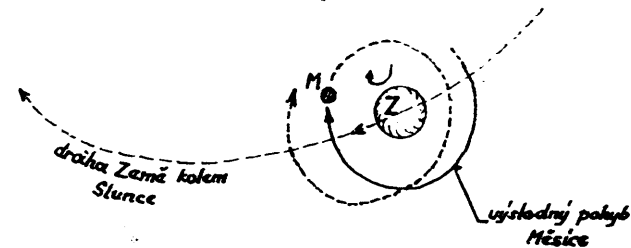
Obr. Geometrie šíření při odrazu radiových vln od Polární záře.



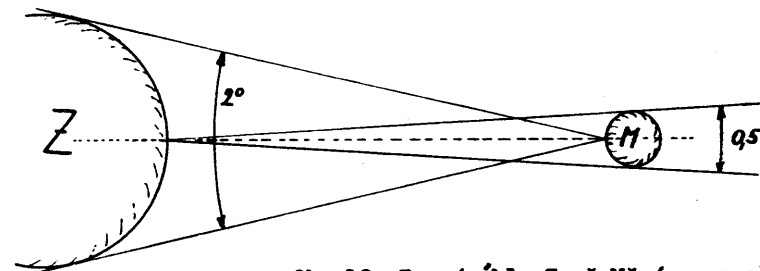
Obr.7. Měření zemních proudů pro predikci Polární záře.



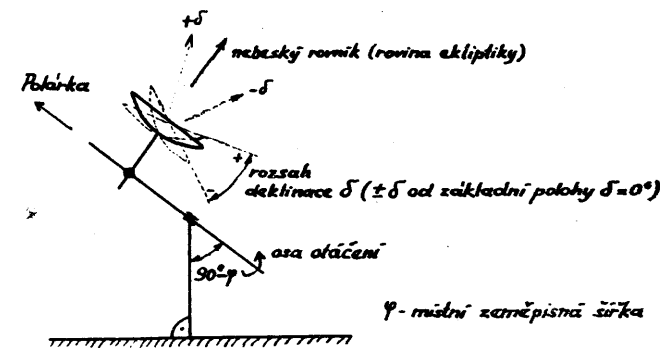
Obr.8. Magnetometr pro indikaci mag.bouře při PZ.



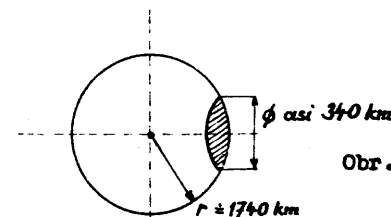
Obr.9. Pohyb Měsíce.



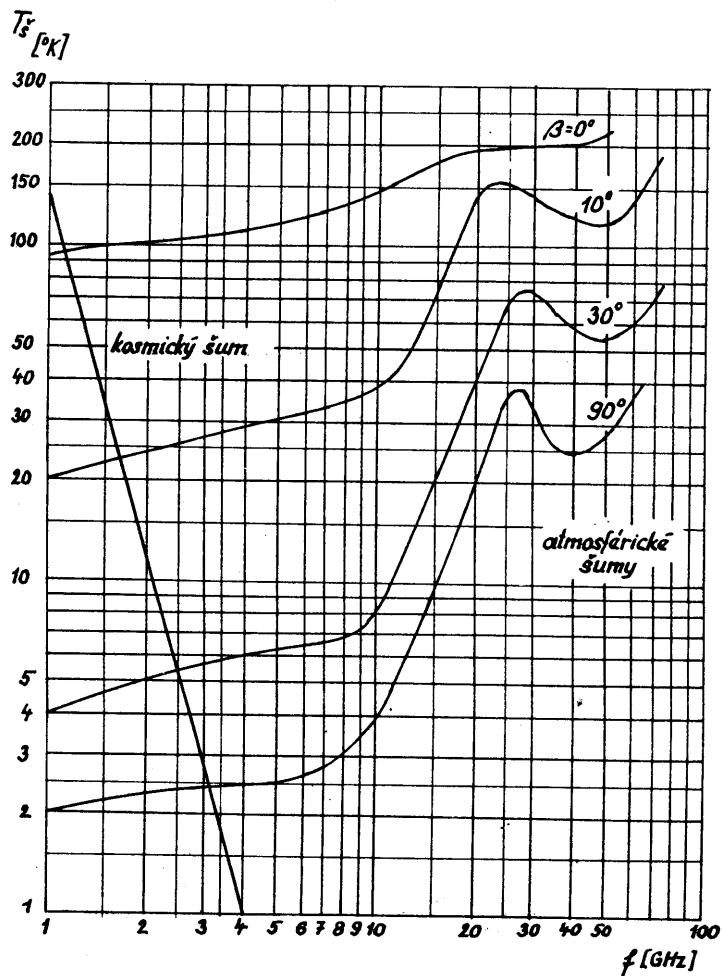
Obr.10. Zorné úhly Země-Měsíc a opačně.



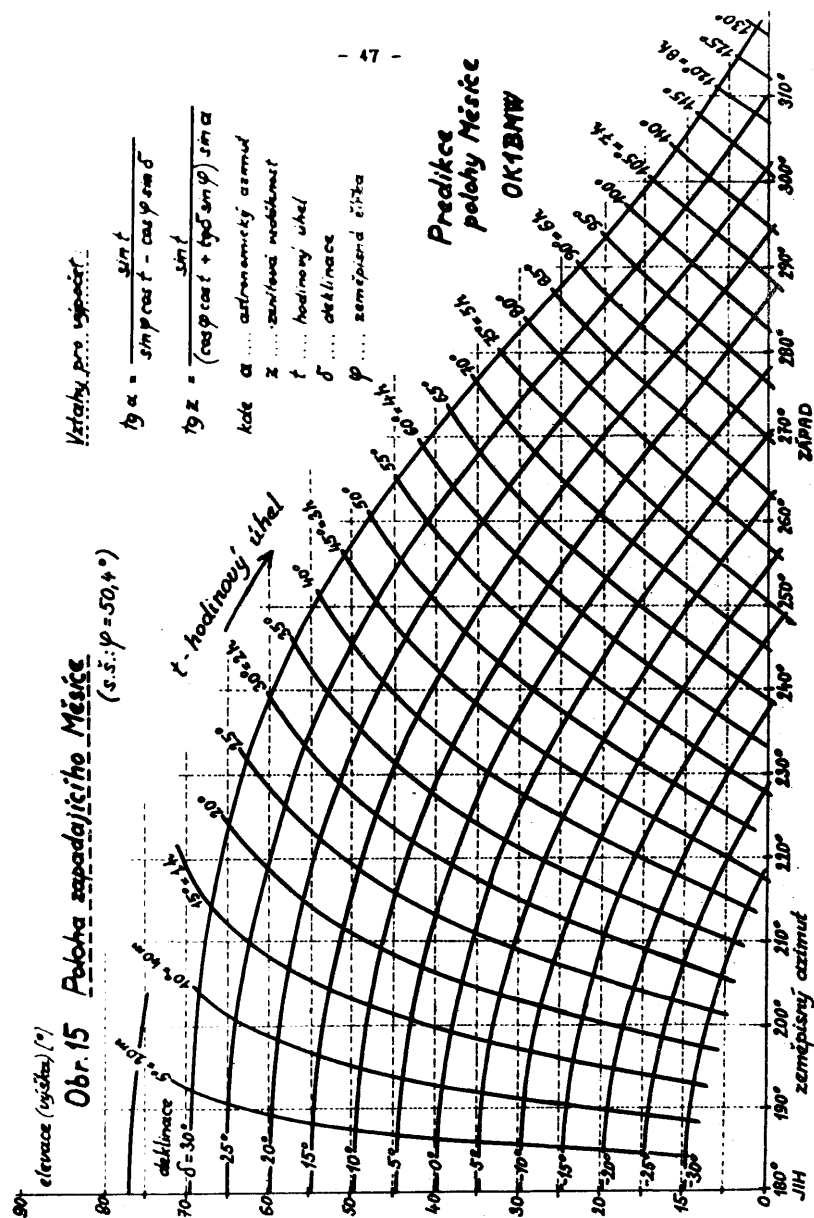
Obr.14. Paralaktická montáž antény.



Obr.12. Efektivní odrazná plocha Měsíce.



Obr.11. Kosmický šum a atmosférické šumy v závislosti na kmitočtu ( 1 - 100 GHz).



Obr.15 Poloha zapadajícího Měsíce (s.s.;  $\varphi = 50,4^\circ$ )

Vztahy, pro výpočet:

$$\lg a = \frac{\sin t}{\sin p \cos t - \cos p \sin \delta}$$

$$\lg z = \frac{\sin t}{(\cos p \cos t + \sin p \sin \varphi) \sin a}$$

- kde a ... azimutální azimut
- z ... zenitová vzdálenost
- t ... hodinový úhel
- $\delta$  ... deklinace
- $\varphi$  ... zeměpisná šířka