

(TV) antény Yagi pro pásmo 50 MHz

Jindra Macoun, OK1VR

Očekávané zvýšení sluneční činnosti probouzí zájem o antény na „magické“ pásmo 50 MHz, které donedávna okupovaly TV vysíláče. Z té doby jsou na střechách ještě instalovány TV přijímací antény, kterých lze použít i pro komunikaci na tomto novém amatérském pásmu. Jejich impedanční vlastnosti však nesplňují současné požadavky na radiokomunikační, tzn. vysílací antény. Relativně malou úpravou rozměrů a napájení však lze na dané konstrukci realizovat směrovou anténu, s lepšími elektrickými parametry. Článek popisuje úpravy několika komerčních typů TV antén na 1. kanál.

Vlastnosti krátkých Yagiho antén

Před popisem úprav TV antén zmíníme krátce vlastnosti krátkých Yagiho antén, kam můžeme 2- až 4prvkové TV antény zařadit.

Při návrhu Yagiho antény jde o stanovení základních rozměrů, které by měly zabezpečit optimální nebo požadované elektrické vlastnosti v daném kmitočtovém rozsahu.

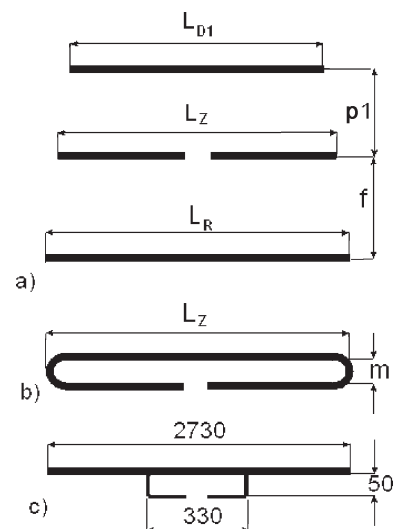
Z hlediska návrhu lze Yagiho antény rozdělit na dvě skupiny. Kritériem pro rozdělení je způsob výpočtu elektrických vlastností.

První skupinu, do které můžeme zařadit 2- až 4prvkové TV antény, tvoří krátké ($L \leq 0,5 \lambda$) antény. Jejich vlastnosti se řeší výpočtem proudů indukovaných ve všech pasivních prvcích. Diagram směrovosti pak vznikne superpozicí diagramů jednotlivých prvků. Velikost a fáze indukovaných proudů je dána vzájemnou impedancí prvků. Jejich výpočet je však velmi složitý. Právě pro tuto složitost bylo možno donedávna počítat jen antény 2- až 4prvkové, tedy krátké. Vzájemné vztahy mezi základními rozměry, ziskem a impedancí, vypočtené tímto způsobem, byly pro praktické použití upraveny do grafů v klasickém díle S. Udy [1], který byl blízkým spolupracovníkem H. Yagiho.

Jejich ukázky na obr. 2 a, b, c zobrazují vliv délky direktoru a jeho vzdálenosti od zářiče na zisk a impedanci (reálnou i reaktanční složku) 3prvkové antény, jejíž reflektor, $0,25 \lambda$ dlouhý, je ve vzdálenosti $0,25 \lambda$ od zářiče – plůvlivného dipólu. V tomto uspořádání se pak získá způsobené 3prvkové antény přibližuje maximu 7 dBd, resp. 9,15 dB. Křivky platí pro průměr prvků $0,005 \lambda$.

Dramatický vývoj výpočetní techniky dnes umožňuje počítat výše zmíněným způsobem, ale pomocí PC s velkou přesností také antény mnohaprvkové, resp. dlouhé, které se dříve řešily jako antény s povrchovou vlnou. Z hlediska výpočtů tedy již není mezi krátkými a dlouhými anténami žádný rozdíl.

Při experimentální optimalizaci rozměrů se však s určitým rozdílem mezi krátkými a dlouhými Yagiho anténami setkáváme. Zatímco u antén dlouhých (víceprvkových) lze nastavovat a optimalizovat směrové a impedanční vlastnosti nezávisle, tak u antén krátkých je to obtížné. Prakticky to znamená, že každá rozměrová změna pasivních prvků se u krátké antény projeví jak na směrovosti (zisku a zpětném příjmu – tzv. činitel zpětného příjmu, ČZP), tak na obou složkách impedance (rezistanci a reaktanci). Krátká Yagi anténa také nemůže být nastavena na maximální možný zisk a zároveň na maximální ČZP.



Obr. 1. Označení rozměrů 3prvkové antény (a), skládaného dipólu (b), bočníkového dipólu (c). Číselné rozměry v mm

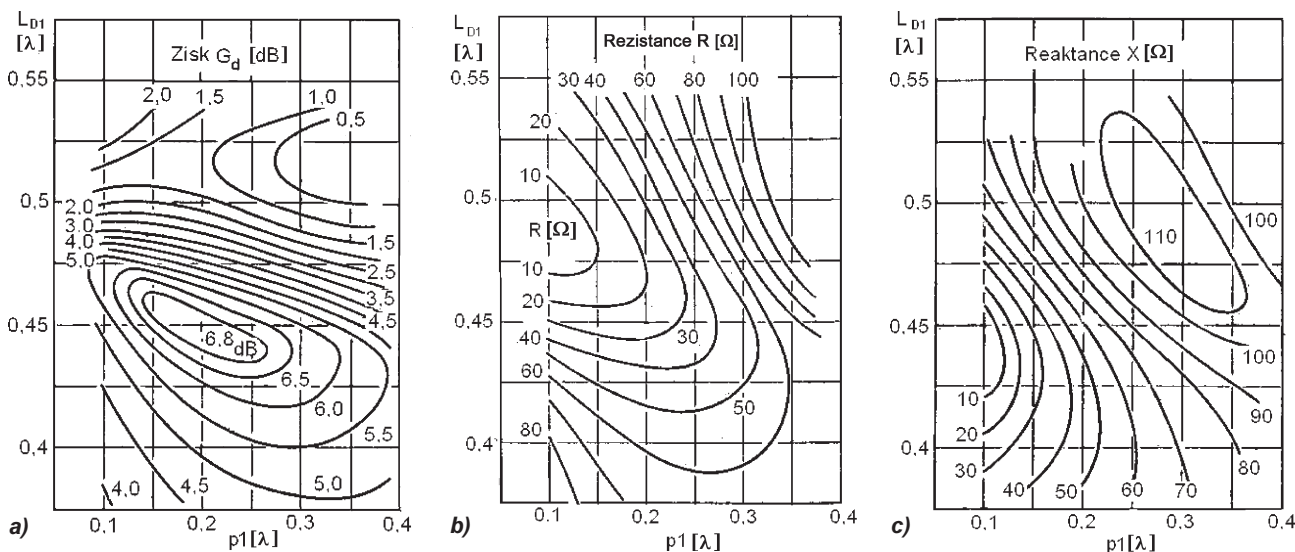
U dlouhých Yagiho antén se s touto vlastností nesetkáváme. Směrové vlastnosti tam ovlivňuje především řada direktorů, prakticky nezávisle na uspořádání nejbližších prvků kolem zářiče, které mají rozhodující vliv na impedanci antény.

Všeobecně platná zásada, která by měla být respektována při nastavování každé směrové antény:

Nejdříve se počítají, resp. nastavují vlastnosti směrové (u Yagiho antény délkou a roztečí pasivních prvků) a pak teprve vlastnosti impedanční (přízpusobení) typem, rozměrem a napájením aktivního prvku – dipólu, tzn. tak, aby se nastavené směrové vlastnosti nezměnily.

Přehled původních TV antén na K1

V tab. 1 najde zájemce antény použitelné pro zmíněnou úpravu. Každý typ antény je doplněn hlavními rozměry dle obr. 1 a, b, c, podle kterých je možné anténu identifikovat a zkontrolovat, popř. porovnat s jinými TV anténami na 1. kanál.



Obr. 2. Zisk v dBd (a), reálná (b) a reaktanční (c) složka impedance v Ω u 3prvkové antény Yagi v závislosti na délce direktoru L_{D1} a jeho vzdálenosti $p1$ od zářiče – dipólu $0,5 \lambda$. Křivky platí pro rozteč dipól – reflektor $f = 0,25 \lambda$ a průměr prvků $t = 0,005 \lambda$.



Anténa	050 KL	030 KL	3Y50 / ČSN
L_R	3130	3150	2860
f	1050	900	900
L_z	2760	2760	2730
p1	680	600	900
L_{D1}	2430	2340	2440
p2	600	–	–
L_{D2}	2510	–	–
p3	640	–	–
L_{D3}	2490	–	–
m	100	100	100
t	18	18	16
G	8,6 dBi	6 dBi	7,9 dBi
Θ_{3E}	60°	70°	64°
Θ_{3H}	87°	143°	155°
ČZP	10 dB	13 dB	8 dB
Za [Ω]	166 + j 137	266 + j 67	53 + j 6
ČSV _{50Ω}	5,7	5,7	3,4
ČSV _{200Ω}	2,1	1,5	4,2
ČSV _{450Ω}	3	1,8	8,6

Anténa	050 KL	030 KL	3Y50 / ČSN	
L_R	2880	2960	2960	2960
f	1240	900	900	900
L_z	2760	2760	2760 skl.dip.	2730 bočník
p1	1730	600	900	900
L_{D1}	2640	2720	2660	2660
m	100	100	100	
t	18	18	16	16
G	9,4 dBi	7,5 dBi	8,4 dBi	8,4 dBi
Θ_{3E}	56°	64°	64°	64°
Θ_{3H}	78°	109°	104°	104°
ČZP	7,6 dB	20 dB	30 dB (!)	30 dB
Za [Ω]	100 + j 190	80 – j 68	97 + j 8	87 + j 83

Tab. 1. Původní antény (vlevo) Tab. 2. Upravené antény (vpravo)
V obou tabulkách rozměry L_R , L_z , L_D , p, m, jsou uvedeny v mm

Dále jsou tam uvedeny elektrické vlastnosti původní neupravené antény vypočtené na aktuálním kmitočtu 50,1 MHz programem EZNEC. Naznačují, co lze na tomto kmitočtu očekávat od neupravené antény, a pomohou při následném porovnání s parametry antény upravené.

Přizpůsobení na kmitočtu 50,1 MHz, vyjádřené činitelem stojatých vln (ČSV) na impedancích 50, 200 a 450 Ω platí při bezprostředním připojení napáječe na svorky neupravené antény.

Do tabulky jsou zařazeny nejrozšířenější antény na 1. kanál I. TV pásma, které ještě někde „přežívají“ na střechách a půdách. Většinou jde o výrobky chlumeckého KOVOPLASTU.

STA 050 KLL je 5prvková anténa Yagi s poměrně robustní konstrukcí dvojitého ráhna, určená pro společné TV rozvody. Má dělené prvky \varnothing 18 mm se zesíleným středem, upevněné přivařenými přichytkami k dvojitému nosnému ráhnu. Stejně rozměry a stejný počet prvků má také lehčí anténa **050 KL** s jednoduchým, 3 m dlouhým ráhmem.

030 KL je nejčastěji se vyskytující 3prvková anténa s odlehčenou konstrukcí a délkou ráhna 1,5 m. V obou antén je zářičem skládaný dipól, 2760 mm dlouhý.

3Y50/ČSN je poměrně lehká 3prvková anténa s bočníkově napájeným dipólem, zhotovená podle dříve platné rozměrové normy ČSN 367211, která byla vydána také jako pomůcka pro výrobce, kteří se v tomto oboru neorientovali a neměli ani potřebná měřicí zařízení. Součástí zářiče je paralelní kondenzátor 36 pF na svorkách antény, kompenzující indukční reaktanci bočníku.

Vzhledem k malému rozdílu v zisku 3prvkové a 5prvkové antény byla 5prvková anténa 050 KL při úpravě rozměrů „přestavěna“ na anténu 3prvkovou.

Dále se tedy popisují tři 3prvkové antény, které zachovávají rozteče prvků původních antén, aby se využilo pevných (přivařených) přichytek na nosném ráhnu. Upravená anténa 3Y50/ČSN je pak ještě popsána se skládaným dipólem, 2760 mm dlouhým.

Nové délky prvků na daných roztečích jsou kompromisem mezi ziskem (G), předozadním poměrem (ČZP) a impedancí (ČSV). Prioritním požadavkem byla úprava impedance na 50 Ω, resp. 200 Ω. Pro televizní antény a jejich rozvody platí normalizovaná impedance 75 Ω, resp.

300 Ω, zatímco pro antény radiokomunikační (vysílací) je to 50 Ω, resp. 200 Ω.

Doporučené úpravy

Většina TV antén na I. pásmo byla navržena tak, aby vyhověla požadavkům na lineární fázovou charakteristiku v kmitočtovém rozsahu každého kanálu. Byly to v podstatě antény „širokopásmové“, které měly mít vyhovující elektrické parametry v pásmu 48,5 až 56,5 MHz. Tomuto kmitočtovému pásmu odpovídalo poměrně značné vzájemné „rozladění“ reflektorů a direktorů, což obecně ovlivňuje zisk krátké Yagi antény. Za „rozladění“ považujeme rozdíl rezonančních délek reflektoru a direktoru. Čím větší je „rozladění“, tím menší je zisk antény. Direktory působí na vyšších kmitočtech pásma a reflektory působí na kmitočtech nižších. Při malém „rozladění“ se jejich zesílený vliv uplatní společně v úzkém kmitočtovém pásmu.

Při přeladění antény na podstatně užší amatérské pásmo 50 až 52 MHz, resp. jen na prvních 250 kHz (kde leží těžiště DX provozu) je proto nutné zmenšit vzájemné rozladění reflektoru a direktorů, tak aby se směrové a impedanční vlastnosti v této užší části pásma zlepšily. Na dané konstrukci, která jednoduše neumožňuje změnu roztečí prvků (jejich přichytky jsou na ráhno přivařeny), proto budou zkráceny především direktory tak, aby přispěly k vyššímu zisku na počátku pásma. Malé zkrácení si vyžádají i reflektory.

Anténa 050 KL

Všech 5 prvků antény je uspořádáno na délce $L_c = 2970$ mm, tj. $0,496 \lambda$ na 50 MHz. Při přeladění antény na užší pásmo zabezpečí na původním ráhnu stejný zisk i anténa 3prvková s roztečemi $f = 1240$ mm ($0,207 \lambda$) a $p1 = 1730$ mm ($0,289 \lambda$). Prakticky to znamená, že anténa bude proti původní úpravě orientována „obráceně“. Reflektor $L_R = 2880$ mm bude upevněn na konci ráhna, v místě původního direktoru D3, direktor D2 odpadne, na pozici původního D1 bude umístěn zářič $Z = 2760$ mm, a na místě původního reflektoru bude nyní jediný direktor $D1 = 2640$ mm. Přichytky původního zářiče a direktoru D2 tak zůstanou prázdné.

Impedance antény s nově uspořádanými prvky činí $100 \Omega + j 190 \Omega$. Z několika možných způsobů přizpůsobení se jeví jako nejjednodušší tento postup:

Paralelním kondenzátorem $C_p = 13$ až 16 pF na svorkách antény (v ochranném krytu) se na kmitočtu 50,1 MHz vykompenzuje reaktanční složka, takže na svorkách bude impedance asi $464 \Omega + j 0 \Omega$. Anténu je pak možné napájet symetrickým „okénkovým“ napáječem 450 Ω.

Transformaci na vlnovou impedanci 50 Ω zabezpečí symetrické čtvrtvlnné vedení s vlnovou impedancí $Z_1 = 150 \Omega$. Toto transformační vedení vytvoří dvojice (televizních) koaxiálních kabelů 75 Ω o délce 988 mm s pevným PE dielektrikem ($k = 0,66$) nebo 1212 mm s PE dielektrikem pěnovým ($k = 0,81$). Stínění obou kabelů se na koncích vodivě spojí (propájí). Pro následný přechod na nesymetrický napáječ – koaxiální kabel 50 Ω se použije kabelový nebo feritový symetrikační obvod 1 : 1. Transformační vedení se připojí přímo na svorky antény nebo v jiném místě symetrického napáječe 450 Ω, popř. až u vysílače.

Koaxiální napáječ 50 Ω lze k anténě bezprostředně připojit také feritovým transformátorem 1 : 9.

Optimalizaci přizpůsobení usnadní proměnný kondenzátor (trimr) na svorkách antény, kterým se nastaví minimální ČSV na výstupu vysílače. Ten se pak nahradí pevným kondenzátorem dimenzovaným na použitý výkon. Kondenzátor C_p lze realizovat nezkrátovaným úsekem koaxiálního kabelu 50 Ω (RG 58) o délce asi 15 cm. [Všechny koaxiální kabely s plným PE dielektrikem a s vlnovou impedancí 50 Ω (75 Ω) mají kapacitu 99 pF/m (67 pF/m).]

Při nastavování ČSV by měla být anténa umístěna tak, aby se vyloučil vliv země, tzn. minimálně $0,5 \lambda$ nad zemí, popř. ještě se svislou orientací (do zenitu), kdy její reflektor omezí vliv země i při menší výšce.

Nové rozměrové údaje a elektrické parametry upravené antény 050 KL jsou uvedeny v tab. 2 červeně.

Komu vyhovují směrové vlastnosti původní (neupravené) antény (dle tab. 1), může částečně zlepšit jen její přizpůsobení paralelním kondenzátorem 8 až 10 pF na svorkách antény. Impedance antény pak bude na počátku pásma reálných 280 Ω, což umožní napájení symetrickým napáječem (TV dvoulínkou) 300 Ω (oválný typ této dvoulínky má ve skutečnosti impedanci 240 Ω) nebo symetrikační půlvlnnou smyčkou 200/50 Ω s přijatel-

Další „neznámý“ transceiver ADT-200A na trhu



Obr. 1. a 2. Pohled na přední a zadní panel transceiveru ADT-200A

Firma ADAT nabízí pro radioamatéry první transceiver s výhradně digitálním zpracováním signálu, a to jak v přijímací, tak vysílací cestě. Jak zdůrazňuje výrobce, nejedná se pouze o moderní technologie na bázi DSP, ale také o moderní design a preciznost charakteristickou pro švýcarské výrobky.

Transceiver naleznete v inzerátech pod označením ADT-200A a jeho „duchovním otcem“ je HB9CBU. Díky digitálnímu zpracování se TRX vyznačuje vysokou citlivostí, selektivitou a čistým audiosignálem. Ve vysílací cestě zase zaručuje spektrální čistotu a výraznou, průzračnou modulaci. Obecně pak vynikající teplotní stálost, linearitu a pro výrobu pak bezproblémovou reprodukovatelnost. Pracuje v pásmech 160 až 10 m s výstupním výkonem 50 W PEP (trvale 45 W).

Přijímací část umožňuje poslech na čtyřech kanálech s libovolným odstupu

m kmitočtů, automatické přepínání rychlosti ladění pouhým stiskem ladícího knoflíku, v přijímací cestě jsou obvody k vyklíčování poruch včetně poruch impulsního charakteru s vysokou amplitudou. Použitý princip S-metru má široký rozsah od -148 dBm do +14 dBm s chybou ± 1 dBm. Při šíři pásma 500 Hz je dynamický rozsah +120 dB. 8 nezávislých VFO (!!)) umožňuje nejrůznější varianty pro split provoz i na různých pásmech. Je možné také digitálně zaznamenat přijímaný signál v délce až jedné hodiny.

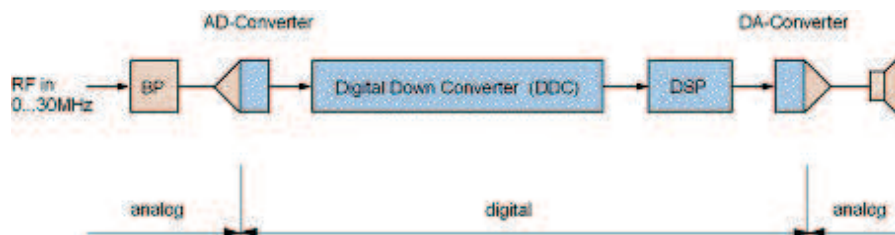
Ve vysílací cestě jsou obvody pro snížení výkonu až na 70 % při zvýšené úrovni zkreslení, pochopitelně účinný kompresor a také přesný měřič výkonu a PSV-metr pracující od dodávaného výkonu 100 mW. V koncovém stupni jsou použity výkonové a vysokonapětové tranzistory MOSFET. Vestavěný anténaskop umožňuje zjišťovat komplexní

impedanci antény. Jako doplněk lze využít i speciální modul umožňující dálkové ovládání. Pohled na zadní panel (obr. 2) prozradí, že jsou použity anténní N-konektory a USB port k propojení s PC nebo pro dálkové ovládání.

Rozměry zařízení jsou 260 x 103 x 260 mm, hmotnost 4,5 kg. Výrobce udává IP3 28 dBm, dynamický rozsah 112 dB, selektivitu stupňovitě pro CW 50 – 1200 Hz, pro SSB 0,3 – 3,5 kHz, pro AM 3 – 10 kHz, ekvalizér v nf cestě ± 18 dB. Od konce letošního roku by měly být k dispozici i rozšiřovací moduly jako spektrální analyzátor při spojení s PC, dekodéry pro morseovku a digitální druhy provozu, speciální směrová anténa pro přijímač pro všechna amatérská pásma, analyzátor pro přesné měření anténních impedancí a TRX modul pro pásma 2 m a 70 cm.

Zájemce pravděpodobně odradí vysoká pořizovací cena (asi 4000 € včetně DPH), přičemž základní (a podstatné) vlastnosti jsou srovnatelné s transceiverem K3, který je již delší dobu na trhu, nebo s novým TS-590S, které pořídíte za méně jak poloviční cenu. Přitom u zařízení v této cenové relaci bychom předpokládali spíše výstupní výkon 200 W. Bohužel zatím nebyl k dispozici nezávislý test, jen doporučující posudky několika málo radioamatérů, kteří tento model již vlastní.

QX



Obr. 3. Blokové schéma transceiveru ADT-200A

ným nepřizpůsobením ČSV = 1,4 u antény.

Anténa 030 KL

Zkrácením reflektoru na 2960 mm a prodloužením jediného direktoru na 2720 mm se na 50,1 MHz zvýší zisk antény o 1,5 dB na 7,5 dBi a ČZP na 20 dB.

Impedanci $80 \Omega - j 58 \Omega$ přizpůsobí na (symetrických) 50Ω symetrické vedení $Z_1 = 100 \Omega$ (sestavené z dvojice koaxiálních kabelů RG 58 s plným PE dielektrikem) o délce 486 mm.

Stejně, ale o 0,25 λ delší vedení (celkem 1475 mm) přetransformuje svorkovou impedanci antény na symetrických 200Ω . Ze symetrických výstupů se pak přejde na koaxiální napáječ s vlnovou impedancí 50Ω buď symetrickým transformátorem (balunem) 1 : 1, nebo symetrickou půlvlnnou smyčkou 200/50 Ω o délce 1976 mm. ČSV_{50 Ω} by mělo být v obou případech $\leq 1,4$.

Uvedené délky všech kabelových úseků již zahrnují zkrácení 0,66 na koaxiálním napáječi s plným PE dielektrikem.

Anténa 3Y50/ČSN

Rozměrové úpravy podle tab. 2 zvětší zisk antény „jen“ o 0,5 dB, ale vzájemná konstelace (jiných) roztečí a délek prvků zlepší činitel zpětného záření (ČZP) až na 30 dB, což se již zřetelně projeví při praktickém provozu.

Použije-li se původního bočníkového zářiče (dle obr. 1 c) bez kondenzátoru, bude se impedance antény blížit hodnotě $87 \Omega + j 83 \Omega$. Paralelním kondenzátorem $C_p = 18$ až 20 pF se opět vykompenzuje reaktanční složka, takže svorková impedance bude 165Ω reálných. Symetrickou půlvlnnou smyčkou 200/50 Ω se s mírným nepřizpůsobením (ČSV = 1,2) přejde na koaxiálních 50Ω .

Výměnou bočníkového dipólu za dipól skládaný ($L_z = 2760$ mm) se nezmění zá-

řivě vlastnosti antény, ale jen její přizpůsobení.

Svorková impedance bude prakticky 100Ω reálných (výpočet vychází $Z_a = 97 - j 8 \Omega$). Nejjednodušeji se na 50Ω přejde elevátorem 2 : 1. Jiným řešením je přejít čtvrtvlnným symetrickým transformátorem 150Ω (vytvořeným dvojicí čtvrtvlnných koaxiálních kabelů 75Ω) na symetrických 200Ω a pak přejít půlvlnnou symetrickou smyčkou 200/50 Ω na koaxiální napáječ 50Ω . Při této transformaci nezáleží na vlnové impedanci koaxiálního kabelu půlvlnné smyčky, ale jen na jeho zkrácení. Většina TV kabelů s impedancí 75Ω má pěnové PE dielektrikum se zkracovacím činitelem 0,81.

Zisky antén jsou zaokrouhleny na desetiny, úhly záření na celé stupně.

Literatura

[1] Uda, S.; Mushiake, Y.: Yagi-Uda Antenna. Research Inst. of Elec. Com. Tohoku University, Sendai 1954.