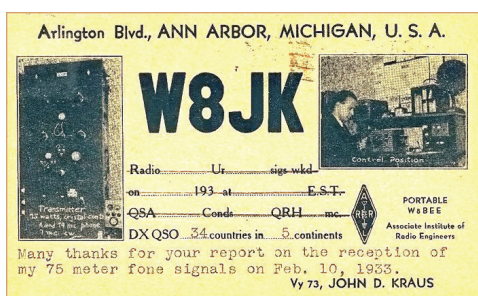


W8JK – – Krausova anténa (1)

Jindra Macoun, OK1VR

Na stránkách PE-AR [1] připomněl OK2QX „Téměř zapomenutý směrový anténní systém W8JK“. Vracíme se k této anténě podrobnější informací pro její původ a užitečné vlastnosti. Navrhl ji jeden z nejuznávanějších anténních odborníků, ale i radioamatér s US licencií W8JK (obr. 1), prof. John D. Kraus, Ph.D. Jako autor významné teoretické publikace „ANTENNAS“ [2] zvolil tento směrový systém jako základní anténu v kapitole věnované „anténním řadám s podélným vyzařováním“ (obr. 2). Anténa W8JK je neprávem považována za nevhodnou k provozu na radioamatérských pásmech, protože není typickou směrovou – přesněji jednosměrnou anténou. Nicméně i dnes může být užitečnou. Z hlediska záření je totiž anténou vícepásmovou. V širokém kmitočtovém rozsahu má dvousměrný (osmičkový) diagram záření s příznivým směrovým ziskem. Je také výchozí modifikací dalších anténních systémů, jako antén HB9CV, ZL speciál apod.



Obr. 1. QSL lístek J. D. Krause, W8JK, z roku 1933

Anténa je obvykle provozována s horizontální polarizací, kdy se dvojice blízkých prvků na vrcholu anténního stožáru podobá (kapacitně) „zatížené anténě“ – proto se v anglické literatuře ujal název flat-loaded, resp. **flat-top antenna**.

Anténu W8JK popsal její tvůrce, prof. John D. Kraus, Ph.D. v lednu 1938 v QST [3]. Tvoří ji dvojice stejně dlouhých, rovnoběžných, horizontálních nebo vertikálních zářičů (dipólů), spojených překříženým, uprostřed napájeným symetrickým dvoudrátovým vedením, které zavádí mezi oba anténní prvky fázový posun 180°.

Oba stejně dlouhé anténní prvky jsou tedy napájeny stále v „protifázi“. Anténa tak pracuje jako **širokopásmová (dvoučlenná) anténní řada s podélným vyzařováním** (endfire radiation), tedy se dvěma maximy, orientovanými do protilehlých směrů. Ve volném prostoru má v širokém kmitočtovém pásmu, omezeném maximální délkou zářičů $L_Z \leq 1,25 \lambda$ na nejvyšším kmitočtu, typický „osmičkový“ diagram se směrovým ziskem (přesněji směrovostí) až 8 dBi. Ve vhodné výšce nad zemí pak lze počítat až se ziskem 14 dBi v obou protilehlých směrech.

Příčinou příznivého zisku je těsná vazba obou anténních prvků, snižující jejich vyzařovací odpor na hodnoty kolem 3 až 4 Ω . S daným výkonem se pak s malým vyzařovacím odporem zvyšují v proudy v anténních prvcích a tím i intenzita vyzářené vlny energie, resp. zisk antény. Za těchto poměrů však mohou být ztráty v anténním systému a nezbytných přizpůsobovacích obvodech srovnatelné s vyzařovacím odporem antény, což může na nižších pásmech skutečný (provozní) zisk snížit.

Pomocí symetrických dvoudrátových, tzn. nízkoztrátových (laděných/rezonančních) napáječů a přizpůsobovacích symetrických pahýlů lze tyto ztráty minimalizovat. Problematiku napájení, resp. přizpůsobení posoudíme v další části článku. Významnější jsou vlastnosti zářivě/směrové.

Směrové vlastnosti

antény W8JK v širokém kmitočtovém pásmu, např. na amatérských pásmech 7 až 28 MHz nejlépe znázorňují vypočtené parametry v tabulkové i grafické podobě.

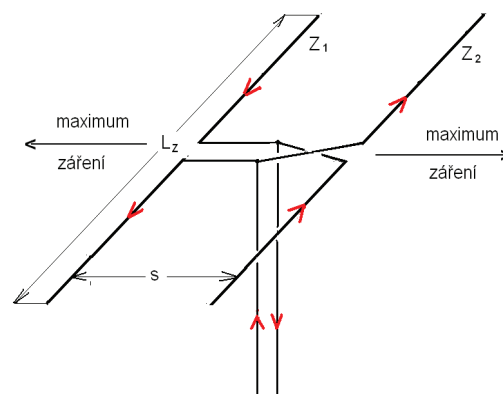
Jako příklad uvádíme v tab. 1 typické hodnoty směrových parametrů dvojice dipólových zářičů (materiál Al \varnothing 20 mm) délky $L_Z = 13,5$ m s roztečí $s = 3$ m na kmitočtech (pásmech) 7, 10, 14, 18, 21, 25 a 28 MHz **ve volném prostoru, nad dokonalou a reálnou zemí**, v konstantní výšce $h = 5$ m.

V očíslovaných sloupcích tab. 1 jsou tyto údaje:

- 1 – kmitočet f [MHz];
- 2 – délka zářičů L_Z [λ] (odpovídající kmitočtu);
- 3 – rozteč zářičů s [λ] (odpovídající kmitočtu);
- 4 – zisk G_i [dBi] ve volném prostoru;
- 4 – zisk G_i [dBi] ve výšce 5 m nad dokonalou zemí v optimální elevaci [°];
- 4 – zisk G_i [dBi] ve výšce 5 m nad reálnou zemí v optimální elevaci [°];
- 5 – elevační úhel [el°] maximálního zisku nad dokonalou zemí;
- 5 – elevační úhel [el°] maximálního zisku nad reálnou zemí;
- 6 – vyzařovací úhel Θ_{3E} [°] ve volném prostoru v rovině prvků (rovině E);
- 6 – vyzařovací úhel Θ_{3E} [°] ve výšce 5 m nad dokonalou zemí v optimální elevaci;
- 6 – vyzařovací úhel Θ_{3E} [°] ve výšce 5 m nad reálnou zemí v optimální elevaci;
- 7 – vyzařovací úhel Θ_{3H} [°] ve volném prostoru v rovině kolmé k prvkům (rovině H).

Několik poznámek k číselným údajům v tab. 1:

● Relativně vysoký směrový zisk (G_i) v širokém kmitočtovém pásmu je zabezpečen příznivým vyzařovacím úhlem (úhlem záření) v rovině kolmé k rovině prvků



Obr. 2. Schéma antény W8JK – dvojice stejných dipólových zářičů napájených v protifázi

(Θ_{3H}), tzn. ve vertikální (elevační) rovině u horizontálně polarizované antény. Ve volném prostoru činí v pásmech 7 až 28 MHz jen 90° až 98°. Je tedy zřetelně menší než např. u jednopásmové a jednosměrné dvouprvkové antény typu HB9CV s $\Theta_{3H} = 140^\circ$.

● Směrovost antény stoupá s kmitočtem, tedy s délkou zářičů až do délky $L_Z = 1,25$ až $1,28 \lambda$, tzn. dokud se neprojeví nepříznivý vliv postranních laloků u dipólových zářičů delších než $1,25 \lambda$ [3].

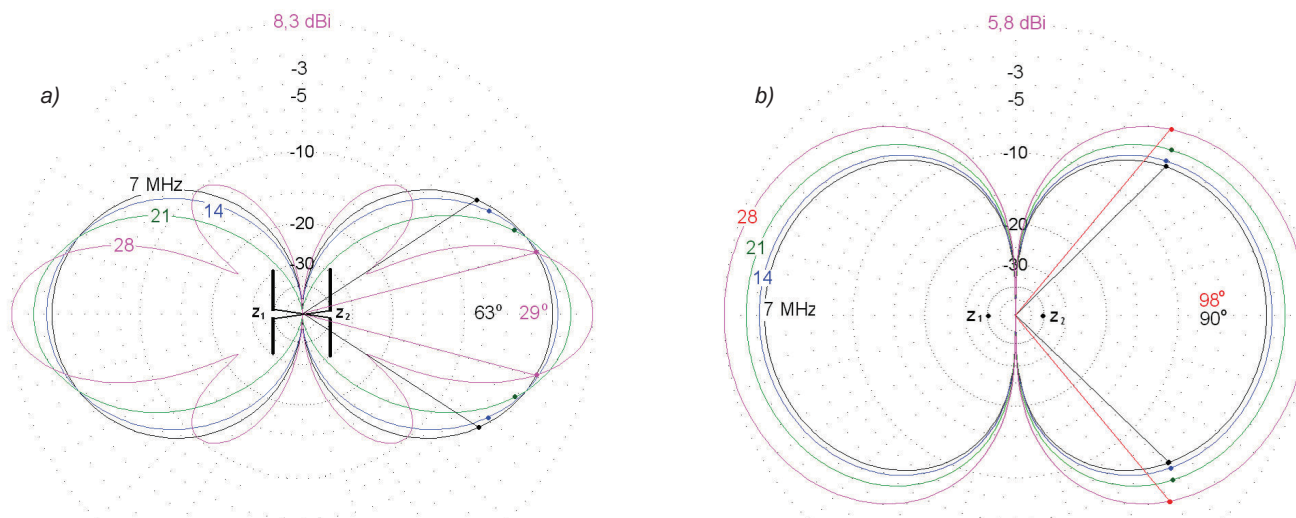
● **Nad dokonalou zemí** může činit zvýšení směrového zisku antény až +6 dB při optimální výšce na daném kmitočtu, tzn. při optimální vzdálenosti reálné antény a jejího zrcadlového „podzemního“ obrazu, které spolu tvoří virtuální dvoučlennou anténní soustavu [4]. V našem případě to je na 28 MHz. Na nejnižších kmitočtech je tato rozteč již malá, anténa je příliš nízko nad zemí (výška $h = 0,1 \lambda$), takže přírůstek zisku proti zisku ve volném prostoru se snižuje.

● **Nad reálnou zemí** zmenšují přírůstek zisku zemní ztráty (závislé na kvalitě země). Jsou největší na nejnižších kmitočtech, tedy u antény umístěné nízko nad zemí. U antény ve výšce $0,5 \lambda$, v našem případě na 28 MHz je zisk ovlivňován zemními ztrátami méně, takže jeho po-

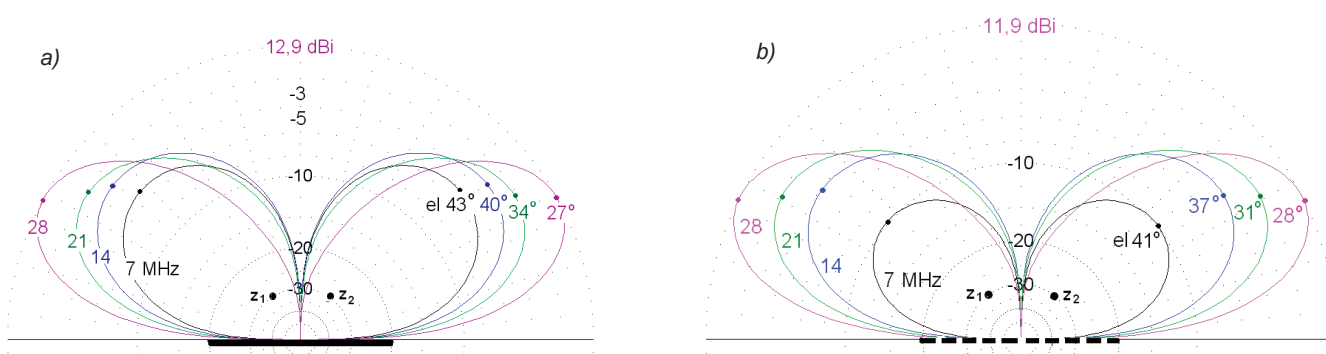
Tab. 1.

1	2	3	4	5	6	7
f [MHz]	L_Z [λ]	s [λ]	G_i [dBi]	el [°]	Θ_{3E} [°]	Θ_{3H} [°]
7	0,315	0,07	5,8 7,8 2,1	63 43 41	63 74 73	90
10	0,45	0,1	5,9 9,2 3,6	61 42 39	61 71 69	91
14	0,63	0,14	6,1 9,7 7,8	57 40 37	57 66 63	92
18	0,81	0,18	6,5 10,1 9,0 6,9	50 37 34 44	50 59 58 44	93 94
21	0,945	0,21	6,9 10,7 9,8 7,8	49 34 31 36	49 51 49 36	96
25	1,125	0,25	7,8 11,9 11,1 8,3	31 29 29 29	31 41 40 29	98
28	1,26	0,28	8,3 12,9 11,9	28 28 27	28 32 32	

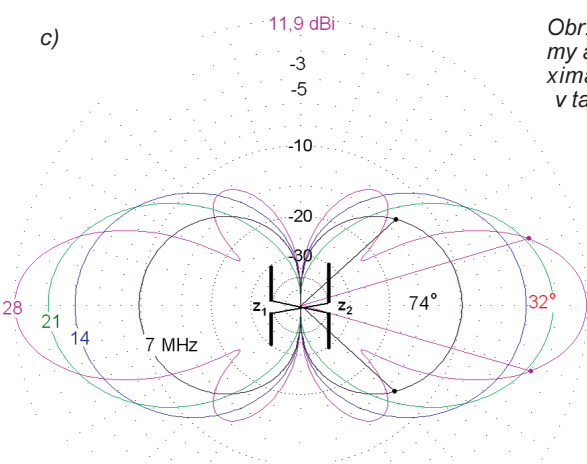
Hodnoty zisku jsou zaokrouhleny na desetiny dBi, vyzařovací úhly na celé stupně.



Obr. 3. Azimutální (a) a elevační (b) diagramy záření dvojice horizontálních dipólů délky $L_z = 13,5$ m s roztečí $s = 3$ m, napájených v protifázi (180°) ve volném prostoru na kmitočtech 7, 14, 21 a 28 MHz. Číselné údaje „dB“ na svislé stupnici zisku jsou vztaženy k maximálnímu zisku antény na nejvyšším kmitočtu, resp. na 28 MHz



Obr. 4. Elevační diagramy záření antény dle obr. 3 nad dokonalou zemí (a) a reálnou zemí (b) na kmitočtech 7, 14, 21 a 28 MHz. Na každém kmitočtu je vyznačen elevační úhel maxima



Obr. 4 c. Azimutální diagramy antény dle obr. 4 b v maximální elevaci (sloupec 5 v tab. 1) nad reálnou zemí

ci (pro dosažení optimálního elevačního úhlu).

5. Je vhodnou anténou pro průzkum podmínek šíření, umožňujících radiokomunikaci kolem zeměkoule (round-the-world communication path).

6. Anténa prakticky nezáří ve směru prvků, ale ani kolmo k rovině prvků.

7. K napájení lze využít nízkoztrátové dvoulinky, tzn. symetrické drátové napáječe.

8. Je relativně malou kompaktní (směrovou) anténou. Její 6pásmová verze pro 14, 18, 21, 25, 28 a 50 MHz „zabírá“ horizontální plochu $7,3 \times 2,6$ m s maximálním poloměrem 3,8 m.

9. Anténa není širokopásmová z hlediska napájení, které je možné realizovat několika způsoby.

10. Pro všesměrové pokrytí postačí otáčet anténu jen v úhlovém rozsahu $\pm 90^\circ$.

kles činí zde jen -1 dB oproti možnému maximu 6 dB nad dokonalou zemí.

● Názorně to na kmitočtech 7, 14, 21 a 28 MHz znázorňují směrové diagramy ve volném prostoru (obr. 3 a, b) a 5 m nad zemí (obr. 4 a, b, c). Na obr. 4 b a 4 c je vidět zřetelný rozdíl v přírůstcích zisku nad dokonalou a reálnou zemí. Reálná země také poněkud snižuje elevační úhel (el°); viz červená a modrá čísla v 5. sloupci tab. 1.

● Skutečný „provozní“ zisk antény W8JK je nakonec ovlivněn účinností celého napájecího systému, tzn. typem a kvalitou napáječů i přizpůsobovacích obvodů včetně případného anténního členu na anténních svorkách TRXu.

Pro větší přehlednost nejsou zakresleny směrové diagramy na kmitočtově mezilehlých WARC pásmech. Jejich tvar však lze odhadnout.

Anténu W8JK tedy charakterizují tyto vlastnosti:

1. Anténa má příznivé směrové vlastnosti v kmitočtovém pásmu až 1 : 3,5, např. na všech radioamatérských pásmech v rozsahu 7 až 28 MHz nebo 14 až 50 MHz.

2. Rozměry vlastního anténního systému tedy nejsou kritické.

3. Odpadají LC trapy i zatěžovací indukčnosti.

4. Může být provozována s proměnnou (horizontální nebo vertikální) polariza-

Literatura

- [1] Peček, Jiří, OK2QX: Téměř zapomenutý směrový anténní systém W8JK. PE-AR 11/2016.
- [2] Kraus, John, D., W8JK: Antennas. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1950.
- [3] Kraus, John, D., W8JK: Directional Antennas with Closely-Spaced Elements. QST, Jan. 1938.
- [4] Macoun, J., OK1VR: Anténa $1,25 \lambda$ (1), (2). PE-AR 12/2008, 01/2009.