

Notatka nr 2

ostatnia zmiana tekstu: 1.05.2013

Anteny spiralne/śrubowe (helicalne)

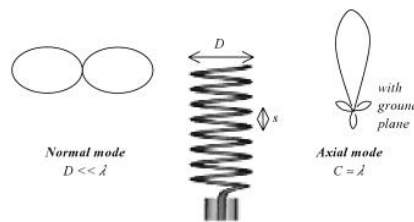
Wstęp

Nazewnictwo omawianych tutaj anten budzi wśród specjalistów pewne kontrowersje. Chodzi o stwierdzenie, czy kształt anten jest spiralny czy śrubowy?

Praktyków pogodziło stosowanie wziętego z języka angielskiego określenia – antena heliakalna (helicalna).

Kolejne komplikacje spowodowane są faktem, że określenie to dotyczy dwóch typów anten, z konstrukcyjnego punktu widzenia różniących się nieznacznie, a z elektrycznego – zasadniczo. Chodzi o wartość średnicy zwoju D , a dokładniej mówiąc iloraz D/λ [1]:

1. $D/\lambda \ll 1$ – antena prowadzi tzw. falę T_0 i promieniuje dookólnie, prostopadle do osi spirali/śruby.
2. $\pi D \approx \lambda$ – antena prowadzi falę T_1 i promieniuje wzdłuż osi spirali/śruby



Rys.1. Charakterystyki promieniowania anteny heliakalnej dla dwóch wartości D/λ [9]

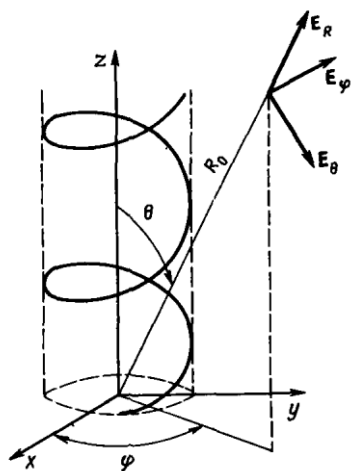
Obie anteny różnią się polaryzacją – antena 1 promieniuje z polaryzacją liniową równoległą do osi spirali/śruby, natomiast antena 2 z polaryzacją kołową – kierunek wirowania (lewy lub prawy- w zależności od kierunku nawijania) wzdłuż osi struktury. Jednorodność polaryzacji pogarsza się przy kierunkach obserwacji różnych od przedstawionych wyżej (odpowiednio dla obu anten).

Kolejną różnicą jest długość przewodu którym zostały nawinięte obie struktury. W przypadku anteny 1 długość ta równa jest ok. $\lambda/2$, natomiast w przypadku anteny 2 – krotności długości fali (długość każdego zwoju – ok. λ).

Antena 2 nie będzie tutaj omawiana, ponieważ jest szeroko opisywana we wszystkich podręcznikach antenowych (np. [1], a także dlatego, że można w Internecie znaleźć kalkulatory do jej obliczania (niektóre adresy w [2])).

1. Antena heliakalna

Struktura regularnej spirali cylindrycznej została przedstawiona na Rys. 1.



Rys.1.

Zakłada się, że w spirali/śrubie rozchodzi się, bez tłumienia, fala bieżąca. Ponieważ długość przewodu antenowego równa jest ok. 0.5λ , dlatego wszystkie elementy struktury pobudzone są w fazie.

Istotna cecha anten śrubowych z fala T_0 jest stosunkowo mały wpływ wielkości i kształtu ekranu na jej parametry. Można powiedzieć, że wypromieniowywana energia magazynuje się w zwojach. Przypomina to magazynowanie energii w cewkach.

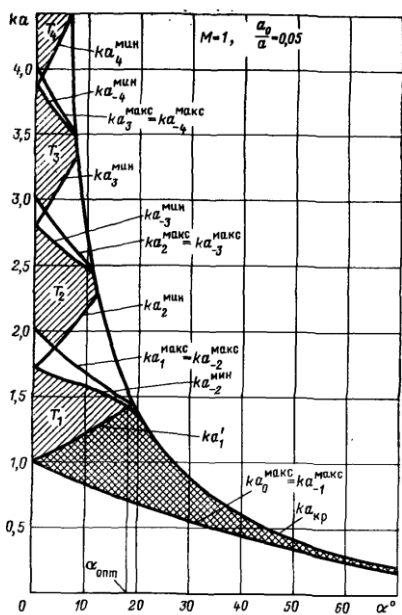


Рис. 3.2. Зависимость ka от α для одножидной спирали.

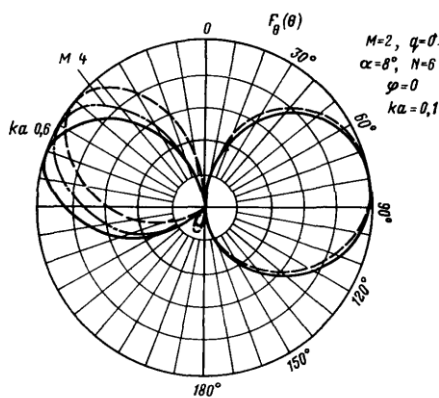


Рис 5.16. Теоретические диаграммы направленности двухжидной спиральной антенны в режиме T_0 .

Rys.2. a. Strefy istnienia różnych fal w antenie spiralnej/śrubowej dla struktury jednowejściowej., b. charakterystyki promieniowania dla anteny dwuwiejściowej (dwuprzewodowej) [3]

W [3] przedstawiono szereg wariantów anten śrubowych. Z punktu widzenia omawianych tutaj anten z $D/\lambda \ll 1$, (nazwanych na potrzeby tego tekstu - antena 1) istotnym parametrem jest ilość przewodów tworzących strukturę. Omawiane tutaj warianty są antenami z jednym przewodem, czyli mają jedno wejście (inaczej struktury jednowejściowe). Na Rys.3. pokazano, że struktura spiralna może składać się z wielu przewodów (struktury wielowejściowe). Wejścia te mogą być zasilane sygnałami z różnymi fazami, co daje

możliwości sterowania kształtem charakterystyk promieniowania i polaryzacyjnej. W szczególności można uzyskać polaryzację wirującą, jeśli zastosować strukturę 4-wejściową z odpowiednim ich fazowaniem (wykorzystywane jest to w antenach typu QHA- Quadrifilar Helix Antenna [7]).

Na Rys. 2a przedstawiono wykres pokazujący strefy istnienia poszczególnych fal w spirali. Parametrami są – liczba falowa ka - ($ka=(2\pi/\lambda)a$, tutaj a - promień zwoju, α - kąt podniesienia spirali). Jak widać, dla fali T_0 wartości kąta α leżą w pełnym zakresie 90° . Promień a zwoju może mieć wartość od 0 (teoretycznie) do $\lambda/2\pi$, czyli do momentu gdy możliwe jest pobudzenie fali T_1 . Praktycznie kąt $\alpha=5^\circ\div 12^\circ$, promień $a=\lambda/100\div\lambda/20$. Wartości a i α w znacznym stopniu zależą od częstotliwości pracy anteny, przy czym zależność ta wynika głównie z uwarunkowań użytkowych związanych z długością anteny L_A (nie mylić z L - długością przewodu spirali), wyrażającej się wzorem:

$$L_A = s N = \pi D \operatorname{tg}(\alpha) N$$

gdzie : N - ilość zwojów
 s - skok spirali

$$L = L_A / \sin(\lambda)$$

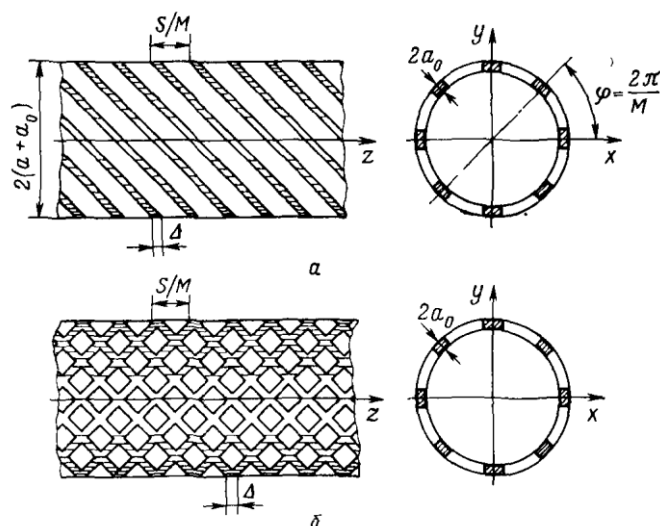


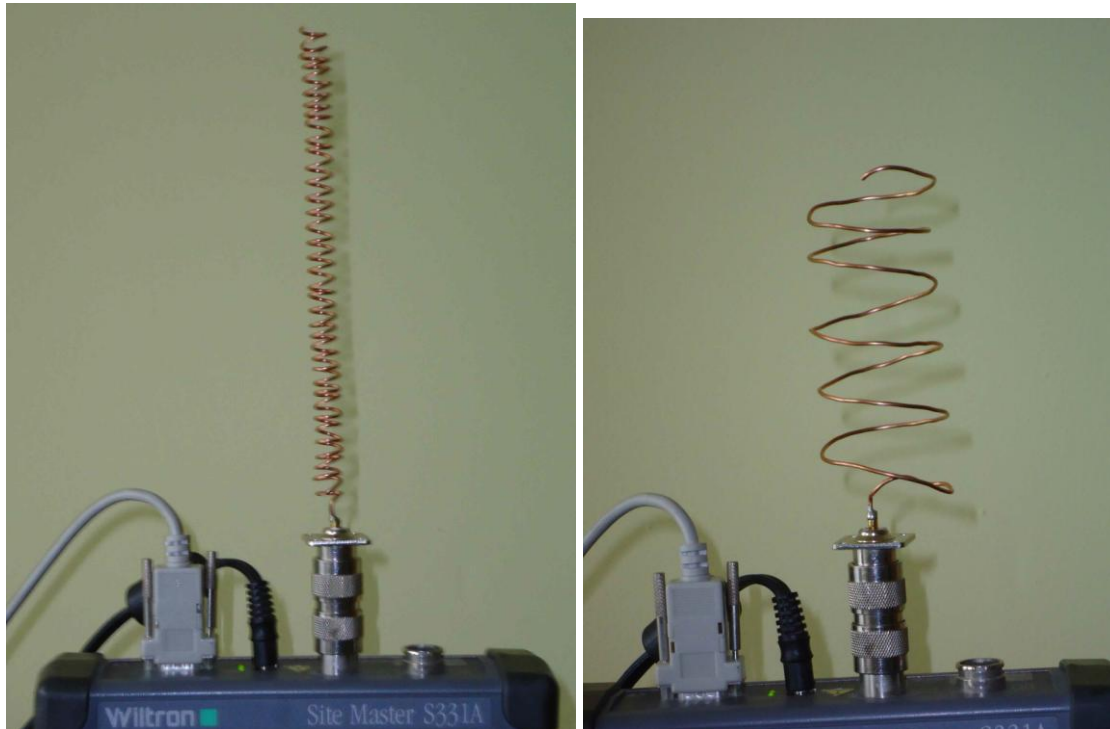
Рис. 2.1. Многозаходные ленточные спирали с одно-сторонней и двусторонней намоткам.

Rys.3. Struktury spiralne wielowejściowe

Tak więc parametry geometryczne omawianej anteny to:

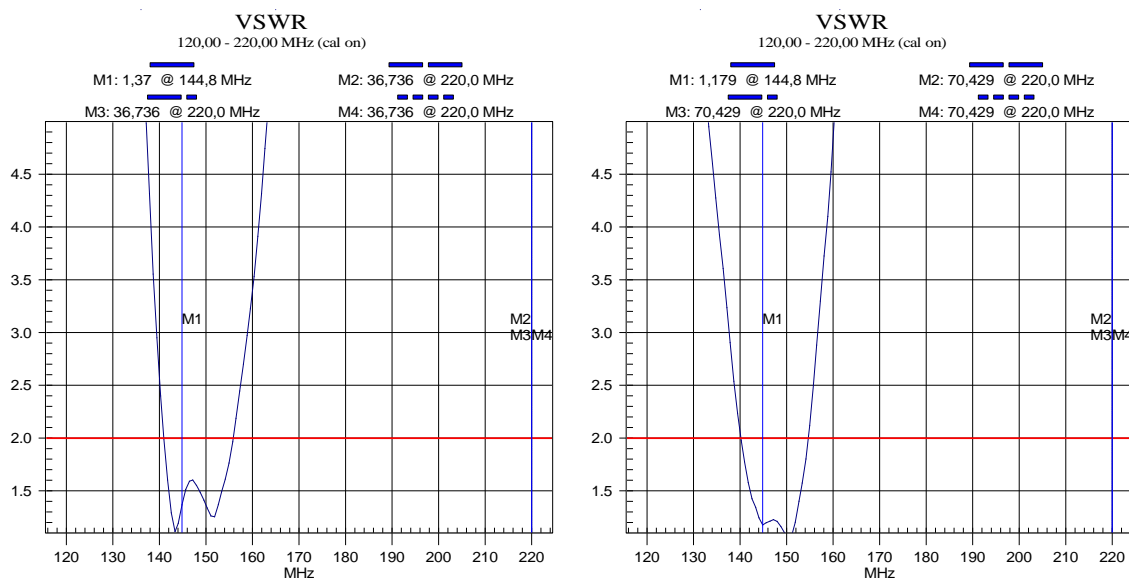
- Promień zwoju a (lub średnica D)
- Kąt podniesienia α
- Ilość zwojów N

Jak stwierdzono wyżej, istnieje duża swoboda z wyborem powyższych parametrów dla określonej częstotliwości – pokazują to Rys. 3 i 4. Anteny pracują w paśmie VHF.



Rys. 3. Antena heliakalna podłączona do przyrządu, a. antena „cienka” długość $L=200\text{mm}$, średnica wewnętrzna $D=17\text{mm}$, ilość zwojów - 41, b. antena „gruba” $L=130\text{ mm}$, $D=38\text{ mm}$, ilość zwojów – 5.

Przykłady takich anten, na pasma 27, 117 oraz 144 MHz podano w [4].



Rys. 4. Dopasowanie a. anteny „cienkiej”, b. anteny „grubej”

Przy wykonaniu anten zastosowano drut miedziany o średnicy 1.5 mm. Długości drutu w obu antenach jest jednakowa i równa 1.2 m.

3. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych

Znalazłem w Internecie praktyczne rozwiązanie anteny helikalnej na pasmo VHF [8]. Warto zwrócić uwagę na zastosowanie w antenie dwóch gęstości zwojów, dużej na początku anteny (10-11 zwojów) i rzadziej (12-15 zwojów) w dalszej jej części. Ponieważ fala T_0 może istnieć w konstrukcjach spiralnych teoretycznie od kąta podniesienia $\alpha \approx 0$ (patrz Rys.2a), więc taki sposób skracania długości anteny może być efektywny.

Należy zwrócić uwagę, że kwestia długości anteny jest kluczowa dla współczesnych urządzeń radiotelefonicznych. Przykładowo, trudno sobie wyobrazić, aby przedstawiony na Rys. 5a radiotelefon PMR mógł mieć, ze względów użytkowych, dłuższą antenę.



Rys.5. a. Radiotelefon PMR, b. modele próbne – gniazdo SMA, co pozwala podłączyć np. do Motoroli DP3601

Literatura

1. S. Rosłonec, *Podstawy techniki antenowej*, OWPW , 2006
2. http://www.changpuak.ch/electronics/calc_12a.php , <http://jcoppens.com/ant/helix/calc.en.php>
 . <http://www.calculatoredge.com/new/Helical%20Antenna.htm>
3. O.A.Юрцев, A.B.Рунов, A.H. *Спиральные антенны*, Советское Радио, 1974
4. <http://elektronikjk.republika.pl/s20.html>
5. xxxxx
6. http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/digitalbeacon/information/Building_QFH_Antenna_Guide.pdf
7. <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-02102000-19330046/>- praca magisterska z Virginia Tech - “*Helical Antennas with Truncated Spherical Geometry*”- rozdział 2
8. <http://www.tmankows.republika.pl/hel.html>
9. Y. Huang, K.Boyle, *Antennas: From Theory to Practice*, John Willey&Sons , 1988 (fragmenty dostępne na Google książki)

LITERATURA - z [7]

References

1. J. D. Kraus, *Antennas*, 2nd editor, McGraw Hill: New York, 1988.
2. J. C. Cardoso, "The Spherical Helical Antenna," Master's Thesis, Virginia Tech, September 1992.
3. A. Safaai-Jazi and J. C. Cardoso, "Radiation characteristics of a spherical helical antenna," *IEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 143, No. 1, pp. 7-12, February 1996.
4. J. C. Cardoso and A. Safaai-Jazi, "Spherical helical antenna with circular polarization over a broad beam," *Electronics Letter*, vol. 29, No.4, pp. 325-326, February 1993.
5. R. Chatterjee, *Antenna Theory and Practice*, John Wiley & Sons: New York, 1988.
6. K. F. Lee, *Principles of Antenna Theory*, John Wiley & Sons: New York, 1984.
7. W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2nd edition, John Wiley & Sons: New York, 1998.
8. H. E. King and J. L. Wong, "Characteristics of 1 to 8 wavelength uniform helical antennas," *IEEE trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-28, No. 2, pp. 291-296, March 1980.
9. D. T. Emerson, "The gain of the axial-mode helix antenna," *Antenna Compendium*, vol. 4, pp. 64-68, 1995.
10. J. L. Wong and H. E. King, "Empirical helix antenna design," *Proc. IEEE Antennas Propagat. Int. Symp.*, pp. 366-368, 1982.
11. H. Nakano and J. Yamauchi, "Characteristics of modified spiral and helical antennas," *IEE Proc.*, vol. 129, Pt. H, No. 5, October 1982.

12. H. Nakano, *Helical and Spiral Antennas –A Numerical Approach*, Research Studies Press: New York, 1987.
13. C. C. Kilgus, "Multi-element, fractional turn helices," *IEEE Trans.*, AP-16, pp. 400-500, 1968.
14. P. K. Shumaker, C. H. Ho and K. B. Smith, "Printed half-wavelength quadrifilar helix antenna for GPS marine applications," *Electronics Letters*, vol. 32, No. 3, February 1996.
15. R. M. Barts and W. L. Stutzman, "A Reduced Size Helical Antenna," *IEEE Ant. & Prop. Soc. Symp. (Montreal)*, pp. 1588-1591, July 1997.
16. P. Eratuuli, P. Haapala and P. Vainikainen, "Dual frequency wire antennas," *Electronics Letters*, vol. 32, No. 12, June 1996.
17. J. S. Chatterjee, "Radiation field of a conical helix," *J. Appl. Phys.*, vol. 24, pp. 550-559, May 1953.
18. H. B. Riblet, "A broad-band spherical satellite antenna," *Proc. Inst. Radio Eng.*, pp. 631-635, April 1960.
19. W. L. Stutzman, *Polarization in electromagnetic systems*, Artech House, Inc.: Boston, 1993.
20. C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons: New York, 1997.
21. A. Safaai-Jazi and E. Weeratumanoon, "Hemispherical Helical Antenna," *IEEE APS/URSI International Symposium*, Orlando, FL, Digest, p. 325, July 1999.
22. E. H. Newman and R. L. Dilsavor, *A User's Manual for the Electromagnetic Surface Patch Code: ESP Version III*, The Ohio State University, ElectroScience Laboratory, NASA Technical Report. No. 716148-19, May 1987.