Instalacja anteny z zawieszeniem biegunowym

W poprzednim odcinku zapoznaliśmy się ze sposobem instalacji anteny z zawieszeniem azymut-elewacja, umożliwiającym odbiór sygnałów z wybranego satelity. Prawdziwy hobbista telewizji satelitarnej nie poprzestanie jednak na jednym satelicie, on musi odbierać wszystko co tylko jest możliwe. Osiągnięcie tego celu wymaga zastosowania zawieszenia biegunowego.

Działanie zawieszenia biegunowego (ang. *polar mount*) wyjaśnia **rys. 1** (patrz również AV nr 1/88). Ustawmy antenę tak, aby oś wiązki była równoległa do płaszczyzny równikowej i obracajmy ją względem osi równoległej do osi Ziemi. Wiązka promieniowania będzie skierowana ku hipotetycznym satelitom leżącym w płaszczyźnie równika ziemskiego, ale nieskończenie daleko od środka Ziemi **(rys. 1a).** Odchylmy teraz aperturę anteny **(rys. 1b)** od osi obrotu anteny (osi bigunowej), tak aby oś wiązki promieniowania przecinała płaszczyznę równikową w odległości 42 164 km (promień orbity geostacjonarnej). Kąt odchylenia apertury Δ nazywamy kątem deklinacji **(rys. 2).** Oś biegunowa tworzy z lokalną płaszczyzną poziomą kąt μ równy szerokości geograficznej miejsca odbioru φ_R. Kąt elewacji osi anteny (osi głównej wiązki promieniowania wyraża się wzorem

$$\gamma = \text{arc tg}\,\frac{\cos\varphi_R - 0{,}1513}{\sin\varphi_R}. \qquad (1)$$

Kąt deklinacji

$$\Delta = 90^\circ - \varphi_R - \gamma_0. \qquad (2)$$

Ustawienie zawieszenia biegunowego zgodnie z wzorami (1) i (2) nie zapewnia precyzyjnego śledzenia satelitów na orbicie geostacjonarnej. Największy błąd (około 0,4°) występuje przy ustawieniu anteny na równoleżniku $\varphi_R = 45^\circ$. Można zwiększyć precyzję śledzenia satelitów przez nieznaczne odchylenie osi obrotu anteny względem osi równoległej do osi Ziemi w kierunku lokalnego pionu. Kąt między osią obrotu anteny i lokalną płaszczyzną poziomą wyrazi się wówczas wzorem

$$\mu' = \varphi_R + \vartheta, \qquad (3)$$

a kąt deklinacji apertury

$$\Delta' = 90^\circ - \varphi_R - \gamma_0 - \vartheta \qquad (4)$$

przy czym

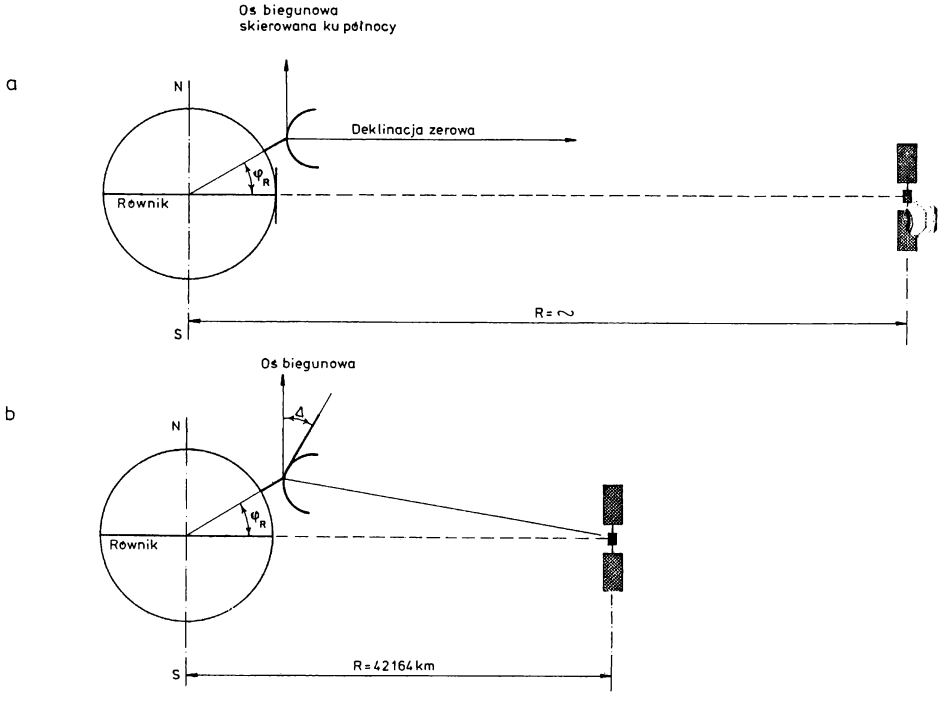
$$\vartheta = 0{,}7^\circ \sin 2\varphi_R \qquad (5)$$

Ustawienie zawieszenia biegunowego według wzorów (3), (4) i (5) zapewnia skierowanie anteny na satelitę geostacjonarnego z błędem nie przekraczającym 0,01°, niezależnie od położenia miejsca odbioru. Wartości kątów określających ustawienie zawieszenia biegunowego podano w **tablicy 1**.

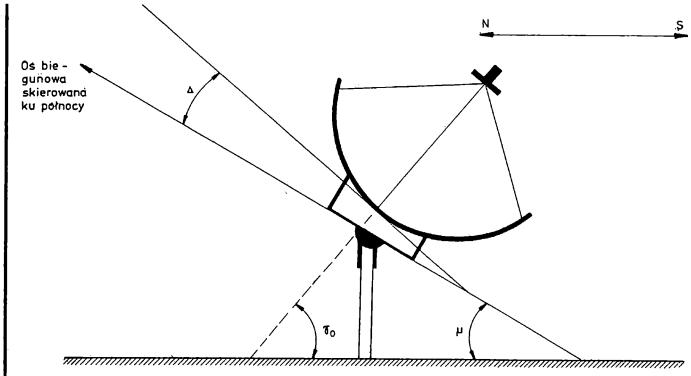
Do zdalnego sterowania anteny z zawieszeniem biegunowym stosuje się siłownik teleskopowy **(rys. 3)** lub silnik z odpowiednią przekładnią. W pierwszym przypadku można zmieniać położenie anteny w granicach $\pm 60^\circ$ od kierunku pionowego **(rys. 4).** W drugim przypadku jest możliwe objęcie zakresem zmian położenia anteny całego widocznego łuku orbity geostacjonarnej; mówimy wówczas o zawieszeniu H-H (ang. *Horizon-Horizon*).

Procedura ustawiania anteny z zawieszeniem biegunowym jest następująca:

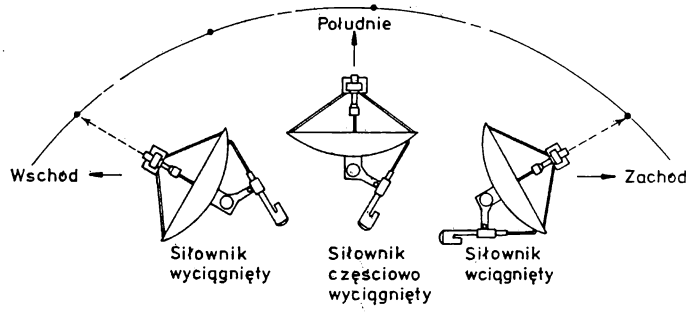
1. Określić współrzędne geograficzne miejsca odbioru i wybrać miejsce na instalację anteny. Posługujemy się przy tym kryteriami opisanymi w pierwszym odcinku cyklu. Pamiętajmy jednak, że teraz prześwit musi być zapewniony dla wszystkich satelitów, z których chcemy odbierać programy telewizyjne.
2. Określić wartości kątów potrzebne do ustawienia zawieszenia biegunowego posługując się wzorami (1) i (2) lub (3), (4) i (5), bądź odczytując je z **tablicy 1.**
3. Ustawić pionowo maszt antenowy z błędem nie przekraczającym 0,1°; jest to istotny warunek prawidłowego działania zawieszenia biegunowego.



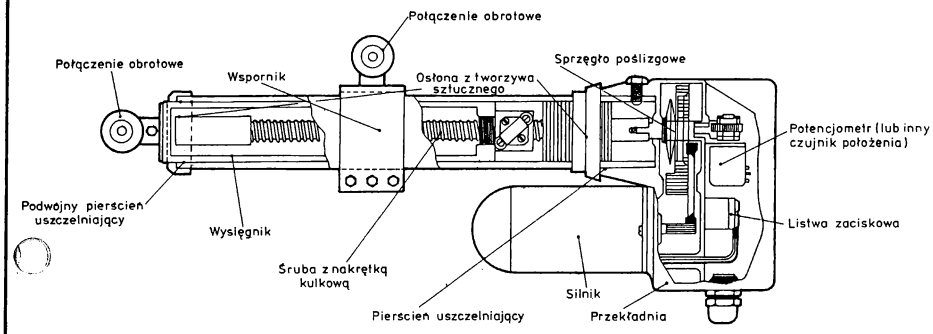
Rys. 1. Zasada działania zawieszenia biegunowego: antena obracana względem osi równoległej do osi Ziemi kieruje się ku hipotetycznym satelitom leżącym w płaszczyźnie równikowej nieskończenie daleko od środka Ziemi (a); odchylenie apertury anteny tak, aby oś głównej wiązki promieniowania przecinała płaszczyznę równikową w odległości 41164 km od środka Ziemi umożliwia skierowanie anteny ku satelitom znajdującym się na orbicie geostacjonarnej



Rys. 2. Kąty określające ustawienia zawieszenia biegunowego



Rys. 4. Zmiany położenia anteny spowodowane działaniem silnika teleskopowego



Rys. 3. Schemat budowy siłownika teleskopowego

można wyznaczyć także metodą astronomiczną **(rys. 6),** oczywiście tylko w nocy i przy pogodnym niebie.

5. Ustawić kąt elewacji osi biegunowej μ (osi obrotu anteny) i zablokować mechanizm regulacji tego kąta.

6. Ustawić kąt elewacji anteny dla hipotetycznego satelity zenitalnego (γ_O) i zablokować mechanizm regulacji kąta elewacji.

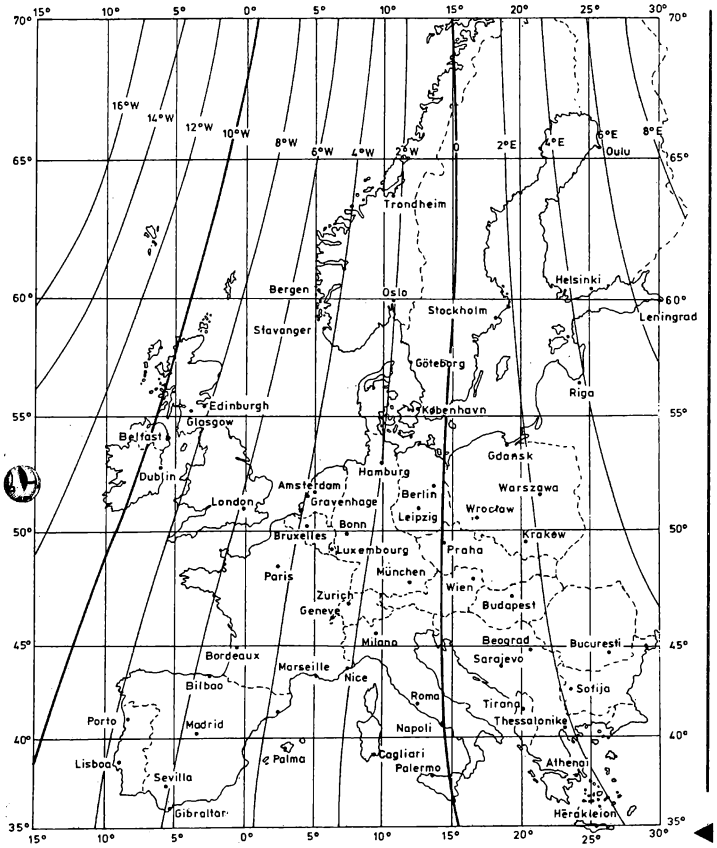
7. Obracać reflektor wokół osi biegunowej i zmierzyć wartość maksymalną kąta elewacji anteny. Kąt ten powinen być równy γ_O i odpowiadać kierunkowi geograficznego południa. Jeżeli tak nie jest, to należy wrócić do punktu 4.

8. Dostroić tuner (lub wskaźnik poziomu) do programu CNN nadawanego z satelity Intelsat-VA F-11 ($\lambda_P = 27{,}5°$ W; f = 11,155 GHz; polaryzacja pionowa), jest to najbardziej na zachód wysunięty satelita; ustawić promiennik.

Tablica 1

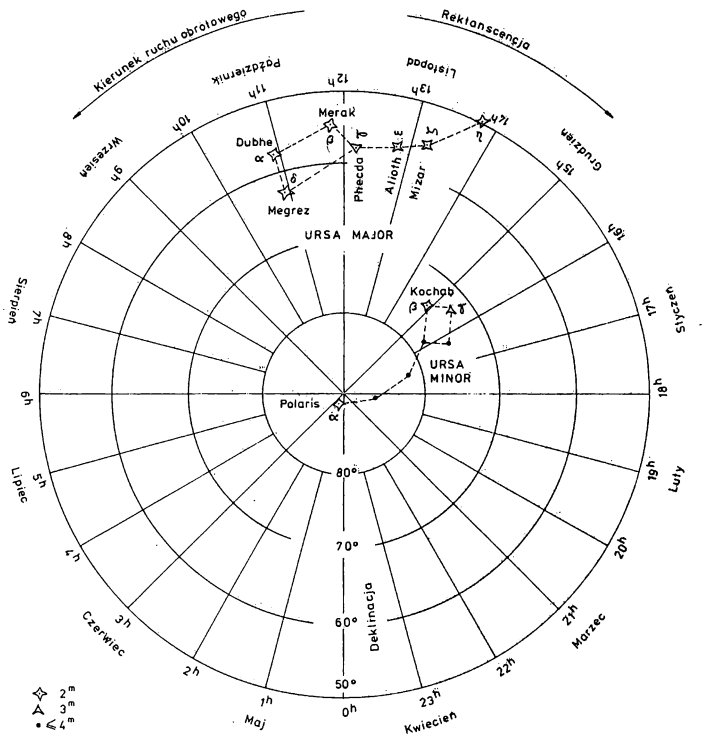
Wartości kątów określających ustawienie zawieszenia biegunowego (w stopniach)

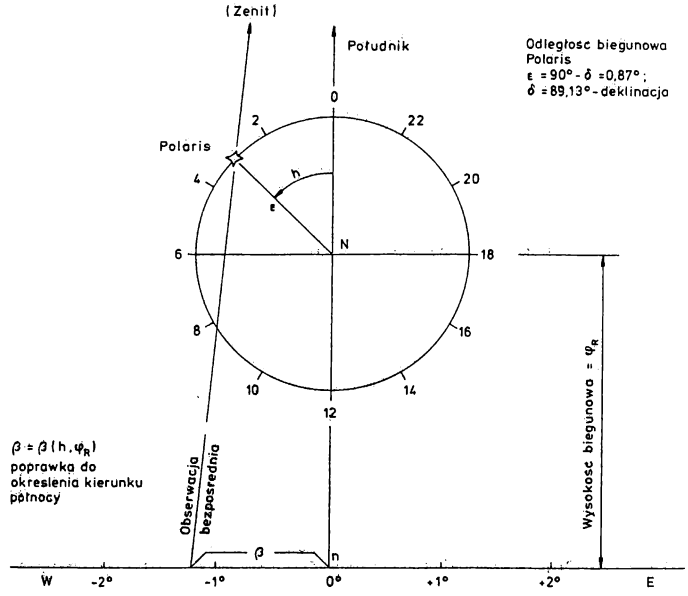
Szerokość geograficzna miejsca odbioru [φ_R]	Elewacja hipotetycznego satelity zenitalnego [γ_O]	Elewacja osi biegunowej [μ]	Deklinacja apertury [Δ]	Skorygowana elewacja osi biegunowej [μ']	Skorygowana deklinacja apertury [Δ']
40	43,7	40,0	6,3	40,7	5,6
41	42,6	41,0	6,4	41,7	5,7
42	41,5	42,0	6,5	42,7	5,8
43	40,4	43,0	6,6	43,7	5,9
44	39,3	44,0	6,7	44,7	6,0
45	38,2	45,0	6,8	45,7	6,1
46	37,1	46,0	6,9	46,7	6,2
47	36,0	47,0	7,0	47,7	6,3
48	34,9	48,0	7,1	48,7	6,4
49	33,8	49,0	7,2	49,7	6,5
50	32,7	50,0	7,3	50,7	6,6
51	31,6	51,0	7,4	51,7	6,7
52	30,5	52,0	7,5	52,7	6,8
53	29,4	53,0	7,6	53,7	6,9
54	28,3	54,0	7,7	54,7	7,0
55	27,3	55,0	7,7	55,7	7,1
56	26,2	56,0	7,8	56,6	7,2
57	25,1	57,0	7,9	57,6	7,2
58	24,1	58,0	7,9	58,6	7,3
59	23,0	59,0	8,0	59,6	7,4
60	21,9	60,0	8,1	60,6	7,5



Rys. 5. Deklinacja magnetyczna na obszarze Europy

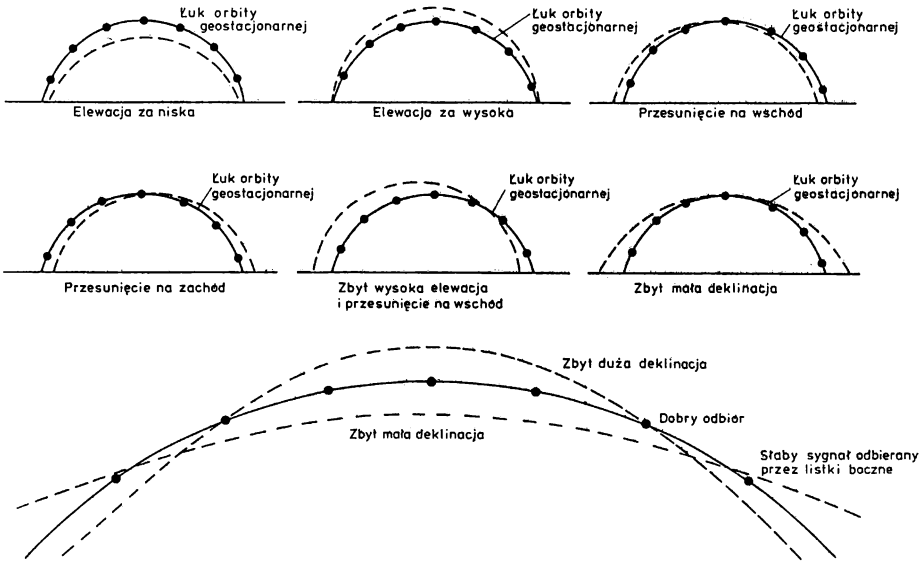
4. Osadzić na maszcie głowicę zawieszenia biegunowego i nakierować ją tak, aby antena była ustawiona dokładnie na południe, a następnie zablokować mechanizm obrotu anteny wokół masztu. Do wyznaczenia kierunku ustawienia głowicy można posługiwać się kompasem; pamiętajmy jednak, że północny biegun geograficzny i magnetyczny nie pokrywają się. Kąt zawarty między południkiem magnetycznym i południkiem geograficznym nazywa się deklinacją magnetyczną. Wykres deklinacji magnetycznej dla Europy pokazano na **rys. 5.** Należy również pamiętać, że ferromagnetyki (np. konstrukja wsporcza anteny) oddziaływują na wskazania kompasu. Kierunek północny





Kąt godzinny h	0	Kulminacja górna (górowanie)
	6	Największa elongacja zachodnia
	12	Kulminacja dolna (dołowanie)
	18	Największa elongacja wschodnia

Rys. 6. Kierunek geograficznej północy można wyznaczyć obserwując Gwiazdę Polarną (Polaris): a — położenie gwiazdozbiorów Ursa Major (Wielka Niedźwiedzica) i Ursa Minor (Mała Niedźwiedzica), b — wyznaczenie kierunku północy



Rys. 7. Prawidłowe ustawienie zawieszenia biegunowego zapewnia pokrywanie się łuku zakreślonego przez oś anteny i łuku orbity geostacjonarnej, błędy ustawienia powodują rozejście się tych łuków

9. Obliczyć lub odczytać z wykresu wartość kąta elewacji satelity Intelsat-VA F-11; obrócić reflektor w kierunku zachodnim do położenia, w którym kąt elewacji osi anteny (głównej wiązki promieniowania) przyjmie obliczoną wartość. Zablokować reflektor w tym położeniu.

10. Poluzować zawieszenie głowicy na maszcie i obracając głowicę wokół masztu uzyskać maksimum odbieranego sygnału. Ponownie zablokować głowicę na maszcie.

11. Dostroić tuner (lub wskaźnik poziomu) do programu Super Channel nadawanego z satelity Eutelsat-II F-1 ($\lambda_P = 13°E$; f = 11,670 GHz; polaryzacja pionowa).

12. Zwolnić blokadę reflektora i obracając nim w kierunku wschodnim uzyskać najlepszy odbiór.

13. Poluzować mechanizm regulacji kąta elewacji osi bigunowej i ustawić reflektor w pozycji najlepszego odbioru; ponownie zablokować mechanizm regulacji tego kąta.

14. Obrócić antenę w kierunku satelity Intelsat-VA F-15 ($\lambda_P = 60°E$. Satelita wysunięty najbardziej na wschód) i uzyskać największy sygnał dla programu AFN-TV (f = 11,495 GHz; polaryzacja pionowa); zablokować reflektor.

15. Naciskając na reflektor lub jego mocowanie w kierunku góra-dół i lewo-prawo stwierdzić, czy satelita znajduje się w środku wiązki. Jeśli tak nie jest, to należy dokonać identycznych działań dla pozostałych satelitów i zorientować się w ułożeniu trajektorii osi anteny względem satelitów **(rys. 7).** Dokonać korekty trajektorii pamiętając, że:

— położenie trajektorii w kierunku góra-dół reguluje się ustawieniem kąta elewacji osi biegunowej.

— rozpiętość trajektorii zależy od kąta deklinacji apertury.

Sądzimy, że teraz nikt nie będzie miał kłopotów z ustawieniem anteny. Życzymy dobrego odbioru.

Daniel Józef Bem