

Amatorska radioastronomia w zakresie długofalowym

Radioteleskop długofalowy

W okresie zwiększonej aktywności słonecznej natężenie sygnałów o niskich częstotliwościach wzrasta. Zjawisko to pozwala na śledzenie zmian aktywności słonecznej poprzez obserwację siły sygnałów wybranej, dalej położonej radiostacji długofalowej pracującej w zakresie 20–100 kHz

W ŚR 2/08 został zamieszczony opis radioteleskopu na 12 GHz.

Natężenie docierającego do Ziemi promieniowania rentgenowskiego i ultrafioletowego waha się w takt zmian aktywności słonecznej i wraz z nim zmienia się także stopień jonizacji jonosfery, a co za tym idzie również i warunki propagacji fal radiowych. Silniejsza jonizacja warstwy D może doprowadzić nawet do tak znacznego tłumienia fal krótkich, że utrudni to lub uniemożliwi komunikację radiową w tym zakresie. Ze względu na fakt, że fale długie i bardzo długie rozchodzą się w falowodzie ograniczonym powierzchnią ziemi i dolną granicą jonosfery, sytuacja w tym zakresie jest dokładnie odwrotna – w okresie zwiększonej aktywności słonecznej natężenie sygnałów o niskich częstotliwościach wzrasta.

Wybuchy na Słońcu powodują zwiększenie ilości docierającej do Ziemi energii m.in. w zakresach promieniowania X i ultrafioletowego. Ponieważ promieniowanie to jest falą elektromagnetyczną, rozchodzi się ono z szybkością światła i dociera do Ziemi po około 8 minutach od opuszczenia powierzchni Słońca. Dodatkowa energia do-

Tab. 1. Częstotliwości niektórych stacji długofalowych

Stacja	Znak wywoławczy	Częstotliwość kHz	Uwagi
Rosnay	HWU	15,1	Pd. Francja, 400 kW
Różne	RDL	18,1	Rosja
Le Blanc	HWU	18,3	Pd. Francja
Ramsloh	DHO35	18,5	Pn. Niemcy
Anthorn	GBZ	19,6	W. Brytania
Archangielsk	UGE	19,7	Rosja
Tavolara	ICV	20,27	Sardynia, 43 kW
Le Blanc	HWU	20,9	Pd. Francja
Londyn	GYA	21,37	W. Brytania
Le Blanc	HWU	21,75	Pd. Francja
Anthorn	GQD	22,1	W. Brytania
Burlage/Rhauderfehn/Ramsloh	DHO	23,4	Pn. Niemcy
Kaliningrad	UGKZ	30,3	Rosja
Keflavik	NRK	37,5	Islandia
Sycylia	NSC	45,9	
Teddington	MSF	60,0	Sygnały czasu, W. Brytania, 60 kW
Neuchatel	HGB	75,0	Sygnały czasu, Szwajcaria, 20 kW
Frankfurt	DCF77	77,5	Sygnały czasu, Niemcy, 60 kW

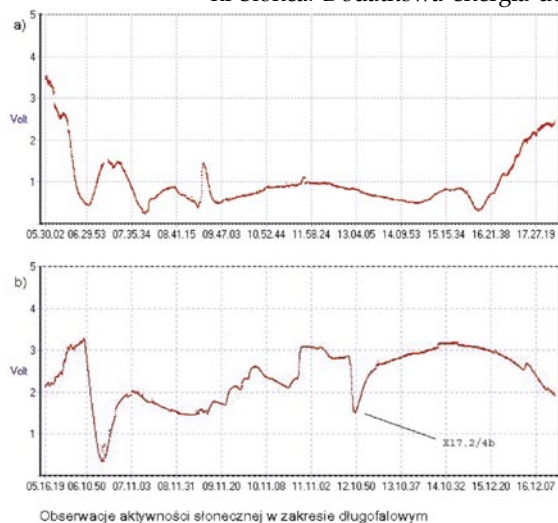
cierając do jonosfery, powoduje wzrost jej jonizacji i związane z nim zmiany warunków rozchodzenia się fal radiowych. W zakresie fal długich i bardzo długich zwiększenie gęstości elektronów w warstwie D oznacza zmniejszenie strat energii fali (czyli jej tłumienia) a co za tym idzie – wzrost natężenia pola rozchodzących się fal.

Zjawisko to pozwala na śledzenie zmian aktywności słonecznej poprzez obserwację siły sygnałów wybranej, dalej położonej radiostacji długofalowej pracującej w zakresie 20–100 kHz. Częstotliwości niektórych z tych stacji podano w tabeli 1, ich spisy znajdują się także w Internecie m.in. pod adresami [18] i [19]. Alternatywą do odbioru stacji radiowych może być obserwacja siły sygnałów naturalnych wyładowań atmosferycznych dochodzących z większej odległości. Wymaga to zastosowania czułego odbiornika pracującego w paśmie około 1,5 – 8 kHz.

Liczba wybuchów jest mocno zależna od aktywności Słońca i tak w okresie minimum cyklu słonecznego odstęp między nimi mogą wynosić wiele dni lub nawet tygodni, a w okresie maksimum występują one wielokrotnie w ciągu dnia. Ponieważ nadchodzący

cykl słoneczny zapowiada się jako szczególnie silny – być może o 30–50 % silniejszy niż ostatni – warto już teraz pomyśleć o rozpoczęciu obserwacji.

Jak wiadomo, fale o niskich częstotliwościach rozchodzą się wokół Ziemi w falowodzie, którego ścianki stanowią powierzchnia ziemi i dolna granica jonosfery. W dzień dolną granicą jonosfery jest warstwa D – powstająca stosunkowo szybko po wschodzie słońca i równie szybko zanikająca po jego zachodzie. Jej przewodność w tym zakresie fal jest niższa od przewodności ziemi, co oznacza, że stan jej jonizacji decyduje o zasięgu stacji i sile odbieranego sygnału. W porze nocnej natomiast, po zaniknięciu warstwy D, fale długie ulegają odbiciu od pozostałości warstwy E charakteryzującej się pomimo szczątkowego stanu większą przewodnością. Oznacza to, że po zapadnięciu zmroku siła odbieranego sygnału długofalowego wzrasta, a o zasięgu stacji decydują w większym stopniu straty w ziemi. Zmiany natężenia pola na granicach dnia i nocy oraz ich przebieg w nocy nie wchodzą oczywiście w zakres obserwacji bieżącej aktywności słonecznej. Przykładowy przebieg siły sygnału widzimy na rys. 1a.



Rys. 1.

W godzinach rannych widoczne jest wyraźne przejście z propagacji nocnej do dziennej, a w wieczornych – odwrotnie, natomiast około 9.15 widoczne są skutki wybuchu słonecznego trwające mniej więcej 15 minut – w wielu przypadkach mogą one być znacznie dłuższe. Oprócz tego można zauważyć wzrost siły sygnału w południe związany z dziennym przebiegiem intensywności napromieniowania słonecznego – dzienny wykres przebiegu natężenia sygnału ma charakter grzbietu. Czasami daje się też zaobserwować zjawisko odwrotne – osłabienia siły sygnału (rys. 1b) w momencie zaburzenia. Najprawdopodobniej następuje to w wyniku interferencji fal docierających do odbiornika różnymi drogami, czyli fal bezpośredniej i odbitej od jonosfery. W godzinach nocnych zjawisko takie może być spowodowane dotarciem do jonosfery wiązki promieniowania gamma pochodzącej od bardziej odległych obiektów kosmicznych.

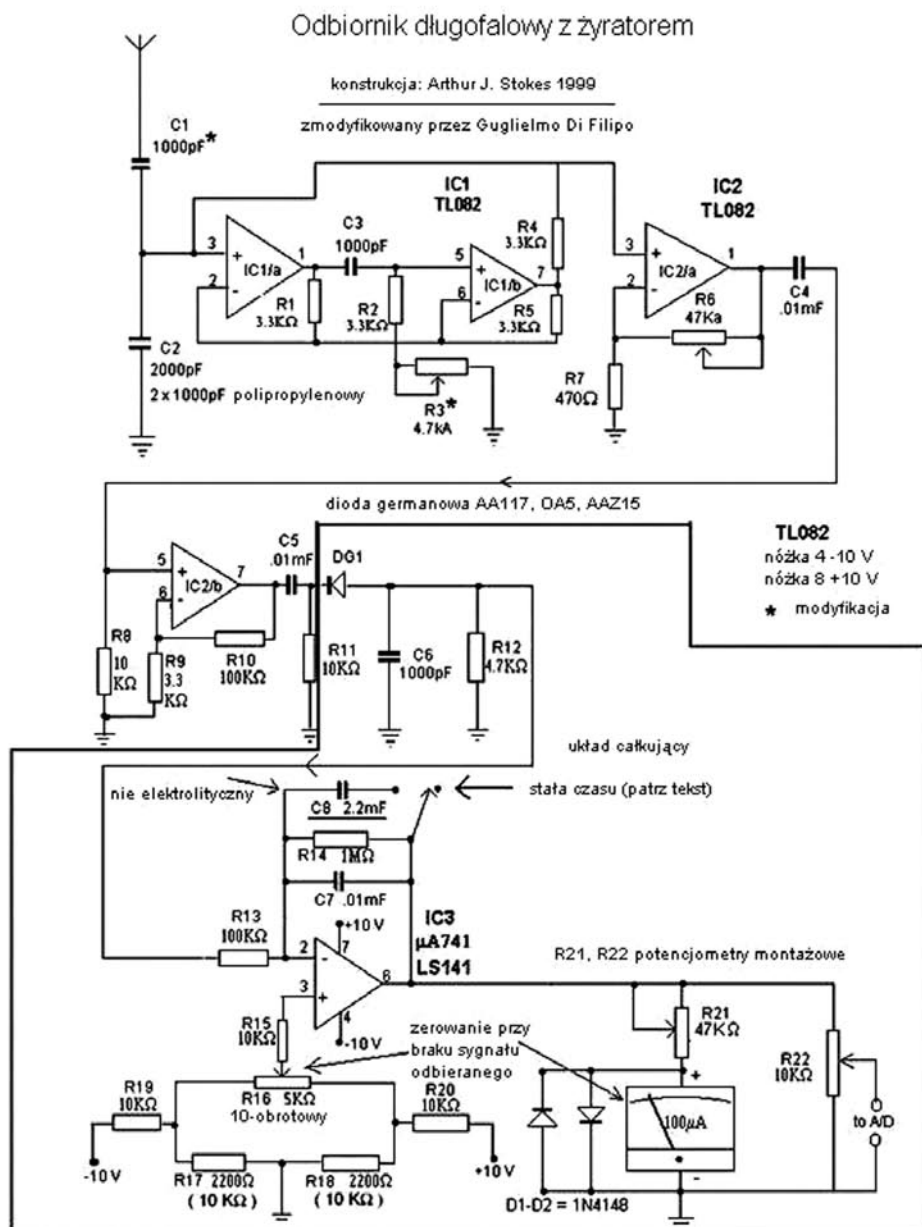
Możliwe jest także dodatkowe sporządzenie wykresów odzwierciedlających przeciętny poziom aktywności słonecznej w dłuższym okresie po obliczeniu średniej dziennej wartości siły sygnału.

Wybuchy słoneczne powodują też wyrzucanie w przestrzeń kosmiczną znacznych ilości materii – plazmy, której część dociera do Ziemi po około 72 godzinach od opuszczenia Słońca. Powoduje ona wystąpienie zorzy polarnej i wpływa na propagację fal w zakresach wyższych częstotliwości, ale nie jest to przedmiotem obecnych obserwacji.

Odbiornik z żyratorem

Podobnie jak w przypadku radioteleskopu mikrofalowego również radioteleskop długofalowy składa się z trzech podstawowych elementów: anteny, czułego odbiornika i rejestratora.

Indukcyjności obwodów rezonansowych dostrojonych do niskich częstotliwości przyjmują znaczne wartości, co wymaga zastosowania rdzeni o odpowiednio dużej przenikalności magnetycznej i nawinięcia znacznej liczby zwojów. Indukcyjność cewki można jednak zastąpić przez układ aktywny zwany żyratorem. Zawarty w nim wzmacniacz, obciążony pojemnościowo, powoduje takie przesunięcie fazy prądu względem napięcia na zaciskach wejściowych, że urządzenie zachowuje się jak induk-



cyjność. Zakres pracy żyratora jest ograniczony właściwościami zastosowanego w nim wzmacniacza, a uzyskiwane dobroci są dla wyższych częstotliwości przeważnie niższe, aniżeli w przypadku cewek.

Schemat z rys. 2 przedstawia rozwiązanie odbiornika długofalowego z żyratorem opracowanego przez Guglielmo Di Filippo (obserwatora AAVSO [6] nr A-93). Obwód rezonansowy odbiornika stanowią kondensator C2 i żyrator pracujący na wzmacniaczach operacyjnych IC1a i IC1b (TL082). Do strojenia obwodu służy potencjometr R3. Odebrany sygnał jest wzmacniany w dwustopniowym wzmacniaczu pracującym na obwodzie IC2 i poddawany detekcji na diodzie germanowej (dowolnego typu). Zdetekowany sygnał jest podawany na stopień całkujący o przełączanej stałej czasu (IC3)

i następnie na miernik wychyłowy. Potencjometr R16 służy do wyzerowania wskaźnika przy braku sygnału, a R21 – do ustawienia zakresu pomiaru (w zależności od czułości miernika). Potencjometr R22 pozwala na dostosowanie poziomu napięcia do wymogów użytego przetwornika analogowo-cyfrowego. Przykłady rozwiązań przetworników i obsługujących je programów przedstawiono m. in. w poz. [20]. Zamiast układu przetwornika własnej konstrukcji można użyć cyfrowego miernika uniwersalnego podłączonego do PC poprzez złącze RS-232 (i dodanego do niego oprogramowania) lub gotowych układów akwizycji danych dla PC – na przykład w postaci płytek wtykanych do komputera.

Opisy podobnych rozwiązań odbiorników znajdują się także w poz. [7] i [8].

Rys. 2.

Literatura i adresy internetowe

- [1] www.iaragroup.org/sole/index.htm – włoska grupa zajmująca się badaniem Słońca
- [2] www.astrosid.it – witryna G. Di Filippo, urzędnika, wyniki obserwacji
- [3] solar-center.stanford.edu/sid.html – program szkolnych obserwacji Uniwersytetu Stanforda
- [4] solar-center.stanford.edu/solar-wheather – informacje o aktywności słonecznej
- [5] solar-center.stanford.edu/observe – obserwacje Słońca
- [6] www.aavso.org – obserwacje amatorskie
- [7] www.aavso.org/observing/programs/solar/gyrator1.pdf
- [8] www.aavso.org/observing/programs/solar/gyrator.shtml
- [9] www.aavso.org/observing/programs/solar/sid/html
- [10] www.aavso.org/observing/programs/solar/sidsoftware.shtml – programy służące do akwizycji i wyświetlania danych
- [11] www.ihz2007.org – informacje dotyczące Międzynarodowego Roku Heliofizycznego.
- [12] spaceweather.com – informacje o aktywności słonecznej
- [13] www.exploratorium.edu/spaceweather – j. w.
- [14] www.windows.ucar.edu/spaceweather – j. w.
- [15] sidstation.lionel-loudet.homedns.org/ – witryna obserwatora AAVSO nr. A118
- [16] www.radiotelescopebuilder.com
- [17] www.vlf.it – witryna poświęcona falom bardzo długim
- [18] www.vlf.it/trond2/list.html – spisy częstotliwości stacji w zakresie do 30 kHz
- [19] www.vlf.it/itulist/itulist.htm
- [20] „Amatorska radioastronomia w paśmie 12 GHz”, „Świat Radio”
- [21] krzysztof.dabrowski@brz.gv.at

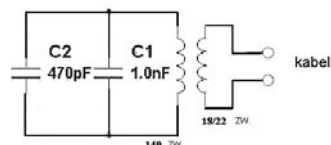
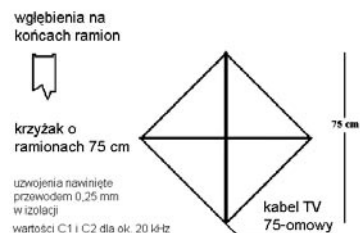
Antena ramowa

Antena ramowa (rys. 3) składa się z uzwojenia pierwotnego zawierającego 140 zwojów izolowanego przewodu o średnicy 0,25 mm. Uzwojenie to jest nawinięte na krzyżaku drewnianym lub wykonanym z rurek plastikowych (jak to widać na fotografii) o długości ramion po 75 cm. Na końcach ramion wykonanych z drewna wyżłobione są wgłębienia zabezpieczające uzwojenia przed zsunieniem się.

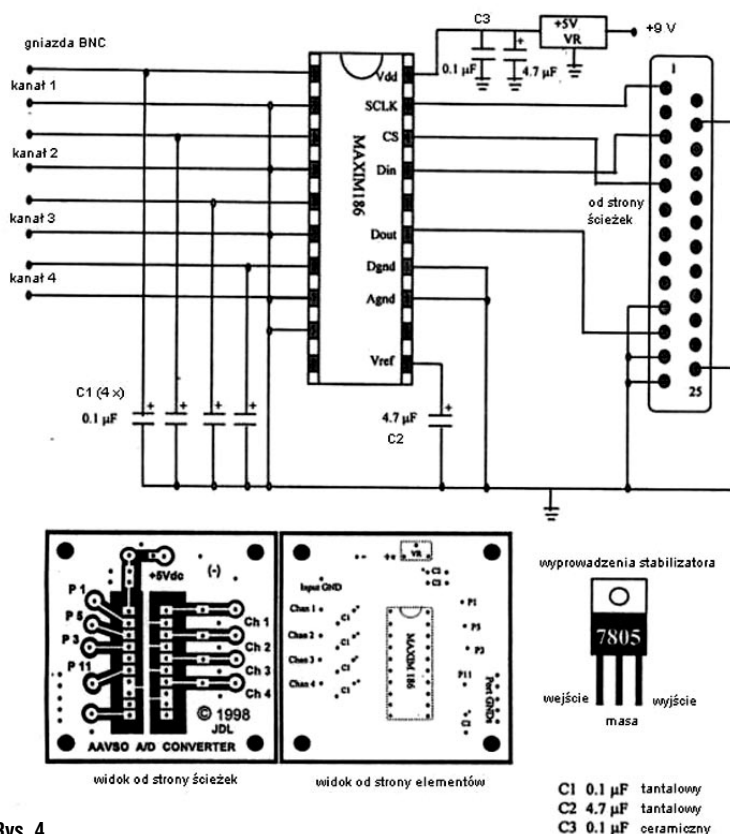
Wraz z równoległym kondensatorem – dla zakresu 20 kHz jest to około 1,5 nF (1 nF i 470 pF równolegle) – stanowi ono obwód rezonansowy dostrojony do odbieranej stacji. Dla wyższych częstotliwości pojemność ta jest oczywiście odpowiednio mniejsza. W fazie dostrajania zamiast pojemności stałych można zastosować kondensator strojeniowy od odbiornika radiowego z obydwoma sekcjami połączonymi równolegle. Cewka sprzęgająca składa się z 18-22 zwojów tego samego przewodu. Antena jest połączona z odbiornikiem za pomocą 75-omowego telewizyjnego kabla koncentrycznego.



Antena pętlowa



Rys. 3.



Rys. 4.

Przetwornik analogowo-cyfrowy

W układzie (rys. 4) użyto czterokanałowego przetwornika firmy MAXIM typu MAX186. Wyjście przetwornika jest połączone ze złączem drukarki (LPT) komputera poprzez 25-nóżkowy wtyk D.

Obserwacje

Podobnie jak w przypadku przedstawionych poprzednio obserwacji Słońca w zakresie mikrofalowym [19], także badaniami z paśmie fal długich warto zainteresować szkolne i pozaszkolne kółka astronomiczne.

Uniwersytet Stanforda prowadzi w ramach Międzynarodowego Roku Heliofizycznego szkolny program obserwacji aktywności Słońca w zakresie długofalowym. Program ten jest wspierany przez Agencję Badań Kosmicznych ONZ i NASA. W jego ramach uniwersytet dostarcza szkołom (odpłatnie) odbiornik długofalowy przestrajany w zakresie 30-50 kHz – specjalnie opracowany do tego celu, materiały dydaktyczne, plany konstrukcji anten ramowych, oprogramowanie akwizycji danych na PC (SIDMON) oraz zapewnia miejsce do przechowywania danych pomiarowych i forum służące wymianie informacji. Oczywiście obserwacje powinny być prowa-

dzone nie tylko w trakcie Roku Heliofizycznego ale systematycznie przez dłuższy czas.

Konstrukcja odbiornika i anteny są z grubsza podobne do przedstawionego powyżej rozwiązania G. Di Filippo. Jako element selektywny w odbiorniku zamiast zrytatora zastosowano scalony pasmowy filtr aktywny typu MAX275 firmy MAXIM.

Programy amatorskich obserwacji astronomicznych i radioastronomicznych prowadzi także amerykańskie stowarzyszenie AAVSO [6], którego członkiem jest wspomniany już G. Di Filippo. W gronie członków stowarzyszenia brakuje niestety Polaków. Najprawdopodobniej niedostatecznie dbamy o upowszechnienie własnych osiągnięć, nie tylko zresztą w tej dziedzinie.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Tab. 2. Klasyfikacja erupcji słonecznych. Poszczególne klasy dzielą się na 9 podkategorii numerowanych od 1 do 9, np. M6 oznacza $6 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$.

Pomiar wartości szczytowej w zakresie 0,1-0,8 nm	
Klasa	Intensywność W/m^2
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$
X	$I > 10^{-4}$