



# KŁODZKA GRUPA EME SP6JLW SP6OPN SQ6OPG

Zieleniec 2014

## Sprzęt do pracy EME na 10GHz

Schemat blokowy stacji EME na zakres 3cm, w zasadzie niczym nie różni się od schematów stacji na niższe zakresy. Jak to zwykle bywa „diabeł tkwi w szczegółach”. Specyfika pasma 3cm sprawia, że prawie w każdym elemencie systemu pojawiają się problemy-zjawiska, których negatywny wpływ był do pominięcia na niższych zakresach.

W artykule opisujemy nasze doświadczenia i rozwiązania. Jak to robią inni, można znaleźć w Internecie, więc nie będziemy tego omawiali.

### Antena

W naszym systemie zastosowane jest lustro paraboliczne o średnicy 4m i parametrze  $f/D=0.3$  (niekorzystny). Antena ta pracowała w radioliniach NEC500, w zakresie 4-8 GHz. Waga lustra to ok. 200 kg (Fot. 1 i Fot. 2).



Fot. 1



Fot. 2

W celu określenia wymagań stawianych konstrukcji mechanicznej zawieszenia oraz rotora przedstawiamy parę prostych obliczeń.

Zysk energetyczny reflektora parabolicznego określamy wzorem:

$$G = v \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 G[\text{dB}] = 10 \log v + 20 \log \frac{\pi D}{\lambda}$$

$D$  – średnica reflektora

$\lambda$  - długość fali

$v$  - współczynnik wykorzystania apertury

Współczynnik  $v$  określa sposób oświetlenia lustra. Przy oświetleniu zapewniającym mały poziom listków bocznych, współczynnik ten wynosi  $v \approx 0,65$ .

Zysk energetyczny naszej anteny wynosi

$$G[\text{dB}] = 10 \log 0,65 + 20 \log \frac{4\pi}{0,03} = 50,57 \text{ dB.}$$

Szerokość wiązki głównej (**kąt połowy mocy**) liczymy ze wzoru

$$\alpha \approx \frac{173}{\sqrt{G}}$$

Dla uproszczenia przyjmijmy  $G=50$  dB, czyli 100000 razy.

$$\alpha \approx \frac{173}{\sqrt{100000}} = \mathbf{0,547^\circ}$$

Tak mała wartość **kąta połowy mocy** stawia bardzo wysokie wymagania konstrukcjom mechanicznym systemu antenowego.

Maszt jest wykonany z dwóch elementów (kratownic) windy budowlanej (Fot. 3).



Fot. 3

Sztwność tego masztu jest niewystarczająca, dlatego zamontowaliśmy dwie stalowe struny usztywniające. Pomimo wzmocnienia nadal, przy pewnych wartościach kąta elewacji (niewyważenie systemu) występują odkształcenia (odchylenia od pionu), które należy na bieżąco korygować poprawkami w sterowniku. Poprawki te są różne dla różnych orbit.

Na etapie projektu założono, że aparatura ma być zamocowana przed lustrem w rejonie ogniska. Sprzęt ten może ważyć nawet 50 kg. Lampa TWT wykorzystana we wzmacniaczu na pasmo 3 cm, waży 18 kg.

Aby zapobiec odkształcaniu się reflektora wykonaliśmy specjalny uchwyt, posiadający kilkanaście punktów mocowania na dużej rozpiętości. Do wyważenia anteny (z zamontowaną aparaturą) zastosowaliśmy sześć wałków stalowych o łącznej wadze 420 kg (Fot. 2)



Fot. 4

## Rotor

Sterownik rotora azymutu i elewacji posiada rozdzielczość  $0.1^\circ$ . Jest to konieczne dla anteny posiadającej taki kąt połowy mocy. Można łatwo wyliczyć, że przy tej rozdzielczości rotor horyzontalny uruchamia się co kilkadziesiąt sekund (częściej niż raz na minutę). Przy tak dużej rozdzielczości bardzo istotną rolę odgrywają luzy przekładni napędowych oraz prędkości obrotowe napędów. Nadmierny luz powoduje wzbudzenie się sterownika, co objawia się oscylacyjnym ruchem anteny wokół aktualnej pozycji. Efekt wzbudzenia powstaje również przy nadmiernej prędkości obrotowej. Przy sterowaniu silnikiem, start-zasilanie, stop-zanik zasilania, po zaniku zasilania wał silnika obraca się jeszcze siłą bezwładności powodując niekontrolowany ruch anteny. Sterowanie silników można rozwiązać w oparciu o nowoczesne układy automatyki przemysłowej, jednak ze względu na osiągnięcie celu przy najmniejszym nakładzie finansowym to rozwiązanie nie zostało wdrożone w tym projekcie.

Do napędu elewacji zastosowano bardzo precyzyjny siłownik śrubowy pochodzący z demobilu. Posiada on szlifowaną śrubę. Element odbiorczy (nakrętka) to kulki łożyskowe umieszczone w specjalnej obudowie. Siłownik ten praktycznie nie ma luzów (Fot.5).



Fot. 5

Napęd azymutu wykonany jest na bazie przekładni redukcyjnej z anteny radiolokacyjnej (demobil). Do przekładni tej dołączona jest przekładnia ślimakowa zapewniająca samohamowność oraz odpowiednie przełożenie całego układu (Fot.6). Mechanizm azymutu posiada dwa silniki zapewniające dwie prędkości obrotowe-serwisową 1/5 min i operacyjną 1/90 min. Oba silniki posiadają sprzęgła umożliwiające łatwe i szybkie podłączenie do przekładni. Napęd elewacji ma jedną prędkość obrotową 1/90 min.

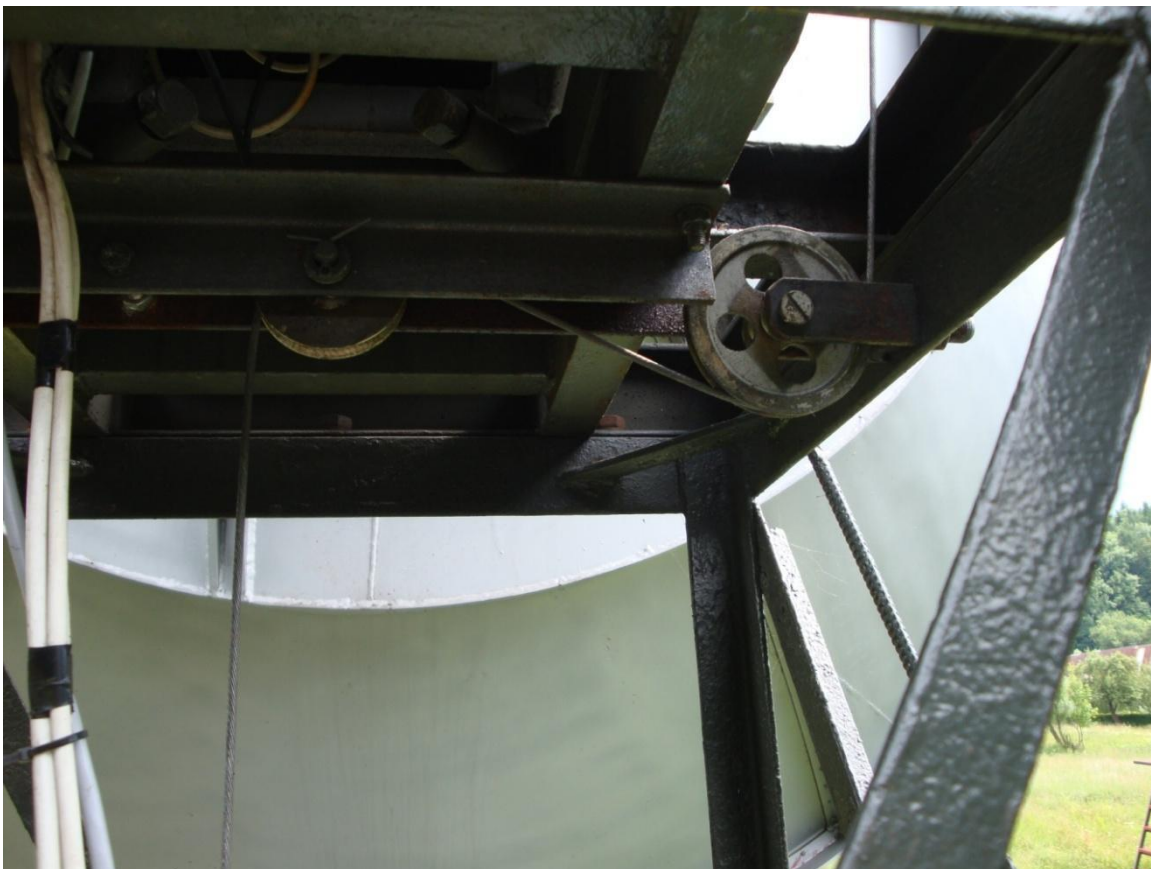
Jak wcześniej wspomniano mechanizm elewacji posiada niewielkie luzy, które nie wpływają na jakość pracy rotora. W mechanizmie azymutu wykonaliśmy prosty i bardzo skuteczny układ kasacji luzów. Idea jest taka, że antena wykonując ruch śledzący podnosi za pośrednictwem układu linkowego ciężarek ok. 15kg. Linka stalowa nawijana jest na bęben o dużej średnicy (60 cm) zamocowany na osi anteny. Wagę ciężarka można zmieniać w zależności od warunków atmosferycznych (prędkość wiatru). Szczegóły tego rozwiązania przedstawiają fotografie 6-10.



Fot. 6



Fot. 7



Fot. 8



Fot. 9



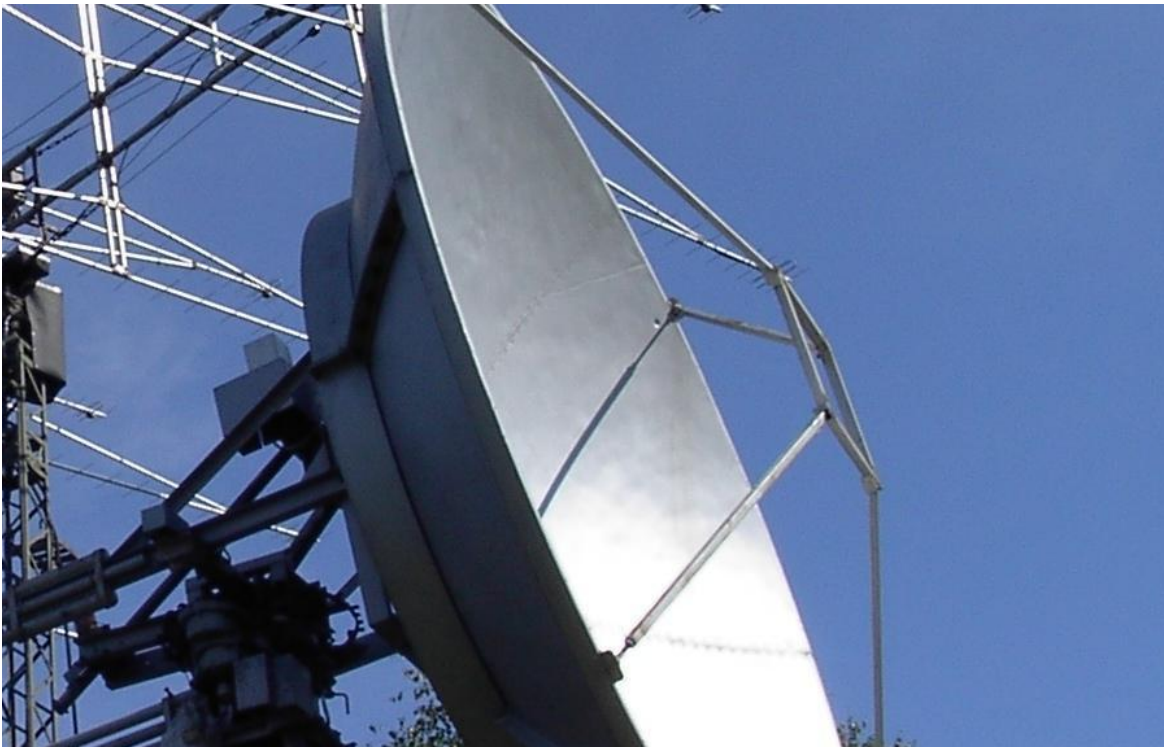
Fot. 10

### **Mocowanie aparatury**

Antena wykorzystywana jest do pracy na dwóch pasmach mikrofalowych (6 cm i 3 cm). Łoże, do którego mocowana jest aparatura to ramka z kątownika stalowego wisząca na czterech zastrzałach wykonanych z profili o przekroju kwadratowym (też stalowe) (Fot. 11). Końcówki zastrzałów są regulowane. Umożliwia to ustawienie ramki w płaszczyźnie prostopadłej do osi anteny (Fot. 12).

Boks z aparaturą zamocowany jest do bliźniaczej ramki stalowej za pomocą systemu śrub regulacyjnych. Ramki łączone są ze sobą czterema śrubami. To rozwiązanie pozwala na zdemontowanie urządzenia na dane pasmo bez utraty wyregulowanej pozycji. Fotografia 13 prezentuje sposób mocowania urządzenia na pasmo 6 cm. System ogniskowania anteny omówiony jest na filmie: [http://www.youtube.com/watch?v=tS-RfqCb\\_eU](http://www.youtube.com/watch?v=tS-RfqCb_eU).

Urządzenie na pasmo 3cm posiada możliwość zdalnej regulacji położenia na osi symetrii anteny. Regulacja ta pozwala bardzo precyzyjnie ustawić promiennik w ognisku (Fot. 14).



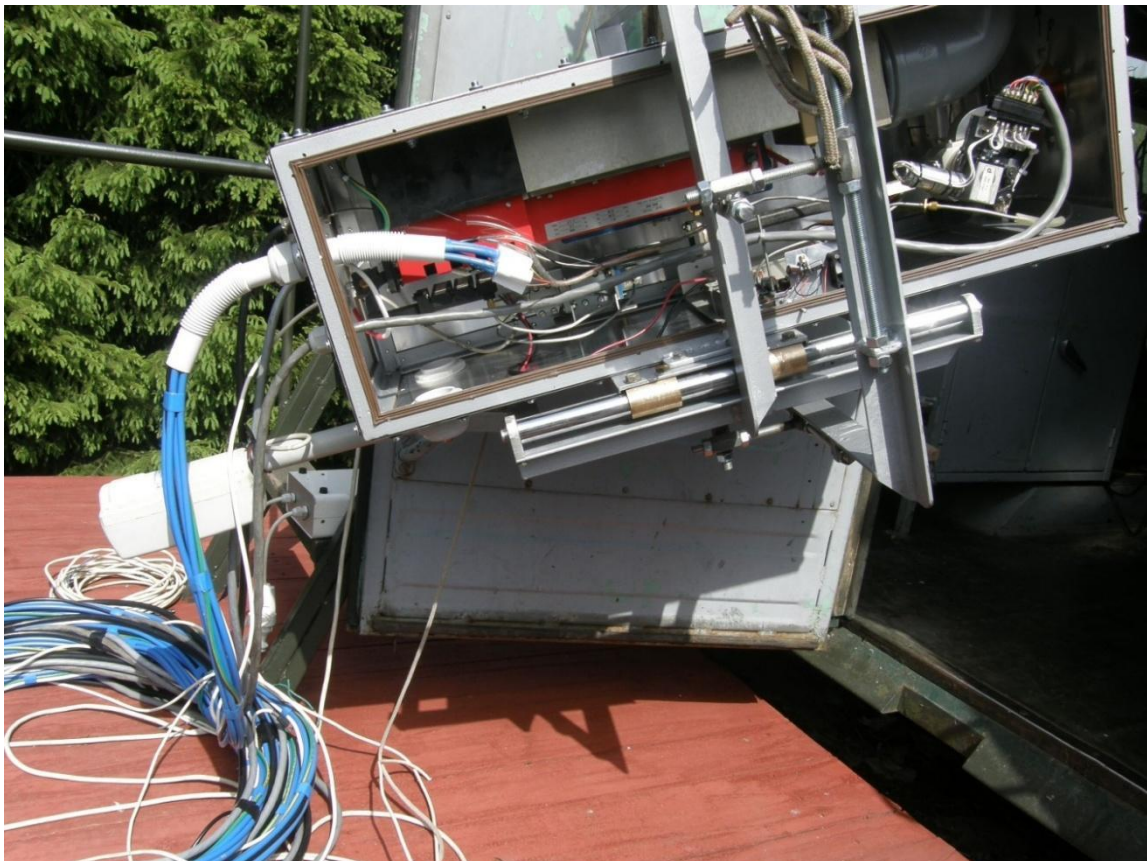
Fot. 11



Fot. 12



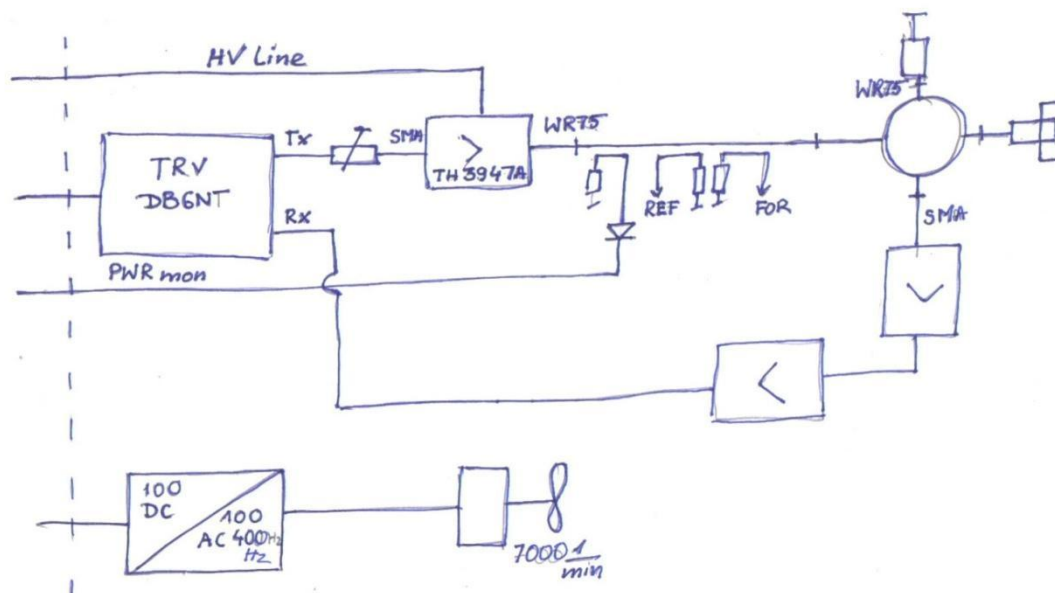
Fot. 13



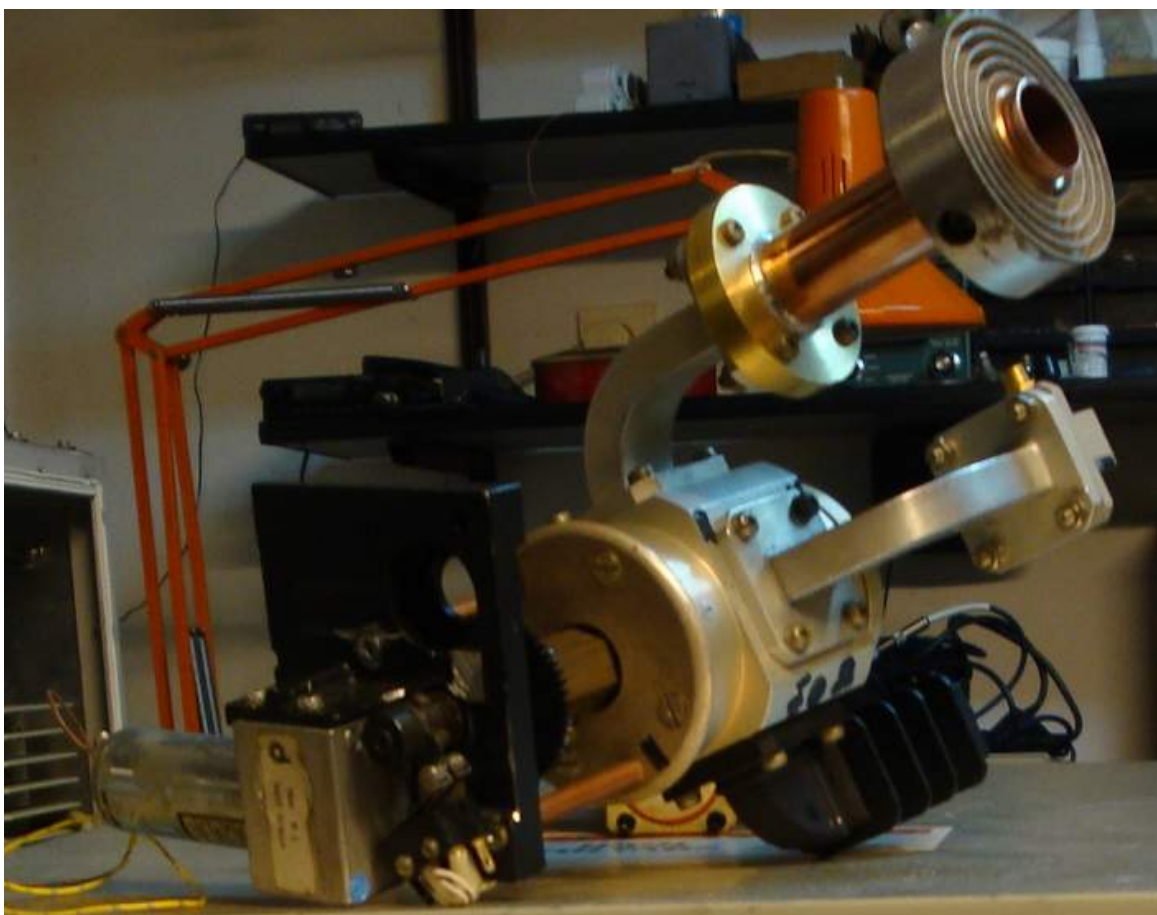
Fot. 14

## Moduł antenowy

Moduł antenowy (Fot. 15) umieszczony jest w kroploszczelnej obudowie na uchwycie opisanym wyżej. W przedniej części boku zamocowany jest oświetlacz, który zespolony jest z przekaźnikiem falowodowym za pośrednictwem kształtki z falowodu WR75. Oświetlacz jest typowy, wykonany z miedzianej rurki hydraulicznej z tym że zasilany jest od tyłu falowodem poprzez specjalny transformator dopasowujący falowód WR75 do falowodu okrągłego.

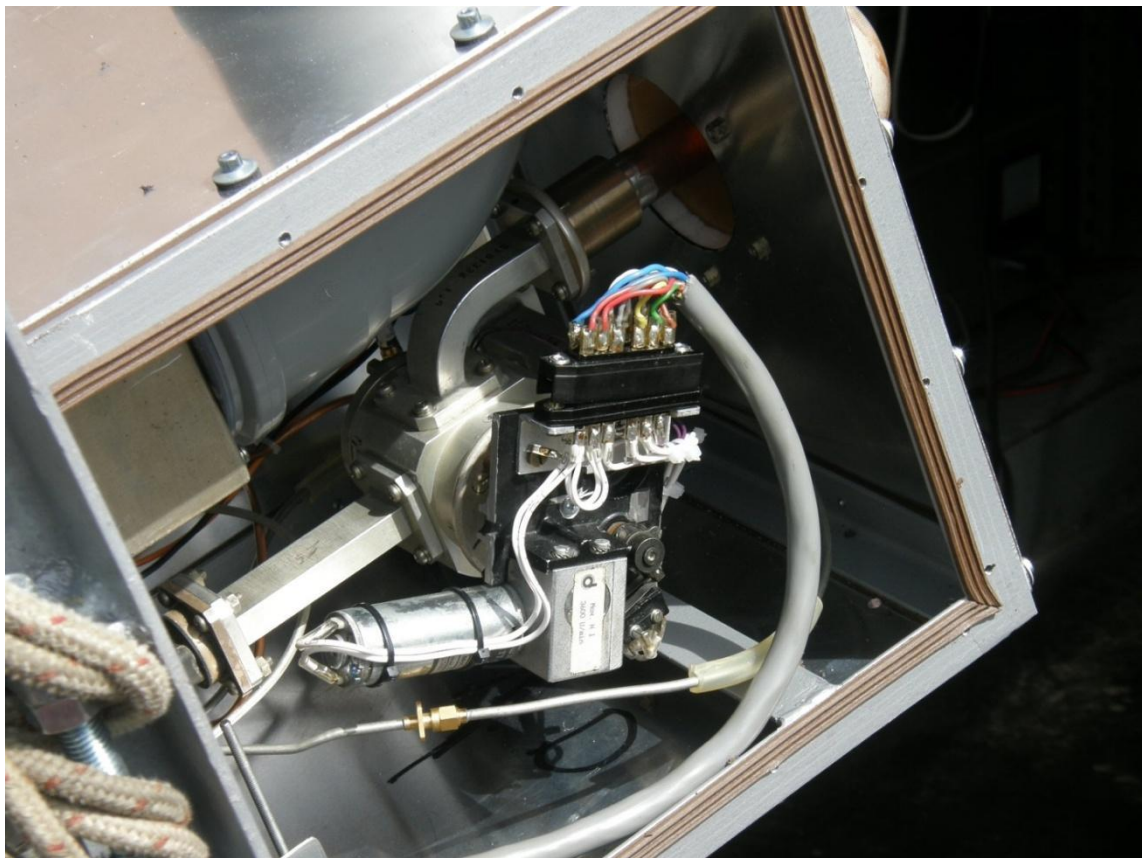


Fot 15

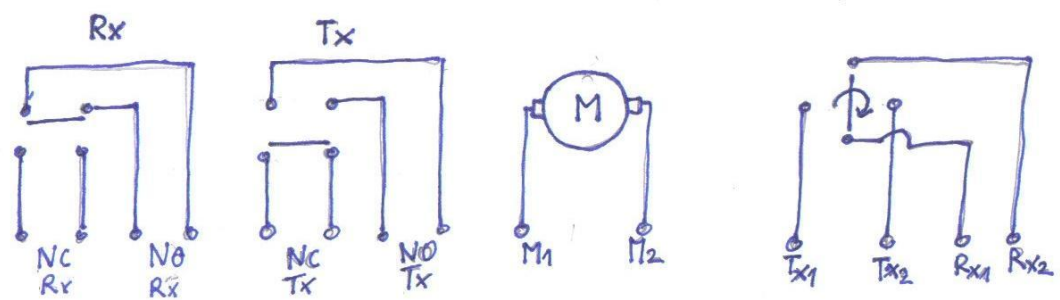


Fot 16.

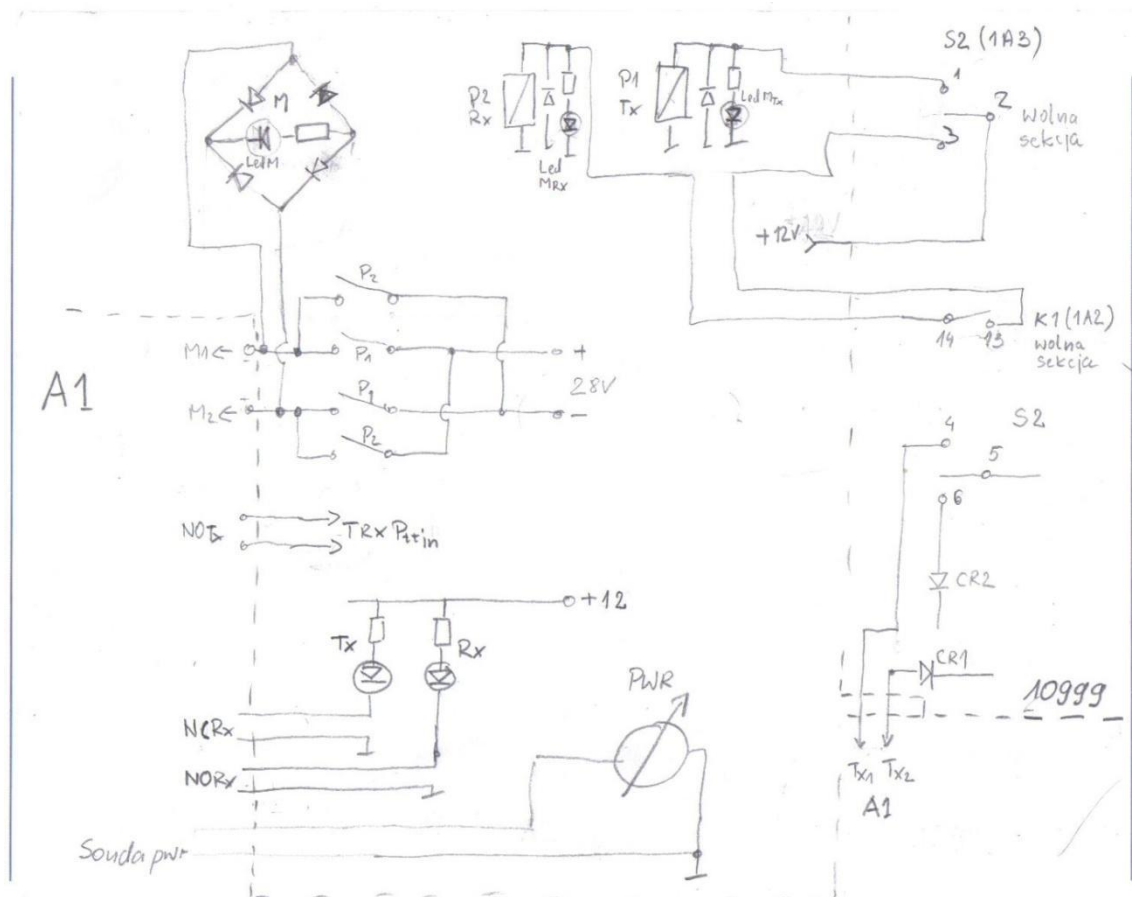
Separacja przekaźnika wynosi -86 dB, co całkowicie zabezpiecza tor odbiorczy przy mocy uzyskiwanej z PA. Serwomechanizm przekaźnika (Fot 17) posiada trzy mikroprzełączniki wysyłające informacje do sterownika i panelu wzmacniacza. Fotografia 18 pokazuje elementy elektryczne przekaźnika, a Fot. 19 przedstawia uproszczony schemat sterownika oraz połączenie z układem wzmacniacza 10999. Pomijamy szczegółową analizę tego układu gdyż dotyczy ona tego konkretnego typu wzmacniacza. Zainteresowanych zapraszamy do indywidualnych konsultacji. Sterownik przekaźnika falowodowego i jego przedni panel pokazano na Fot. 20.



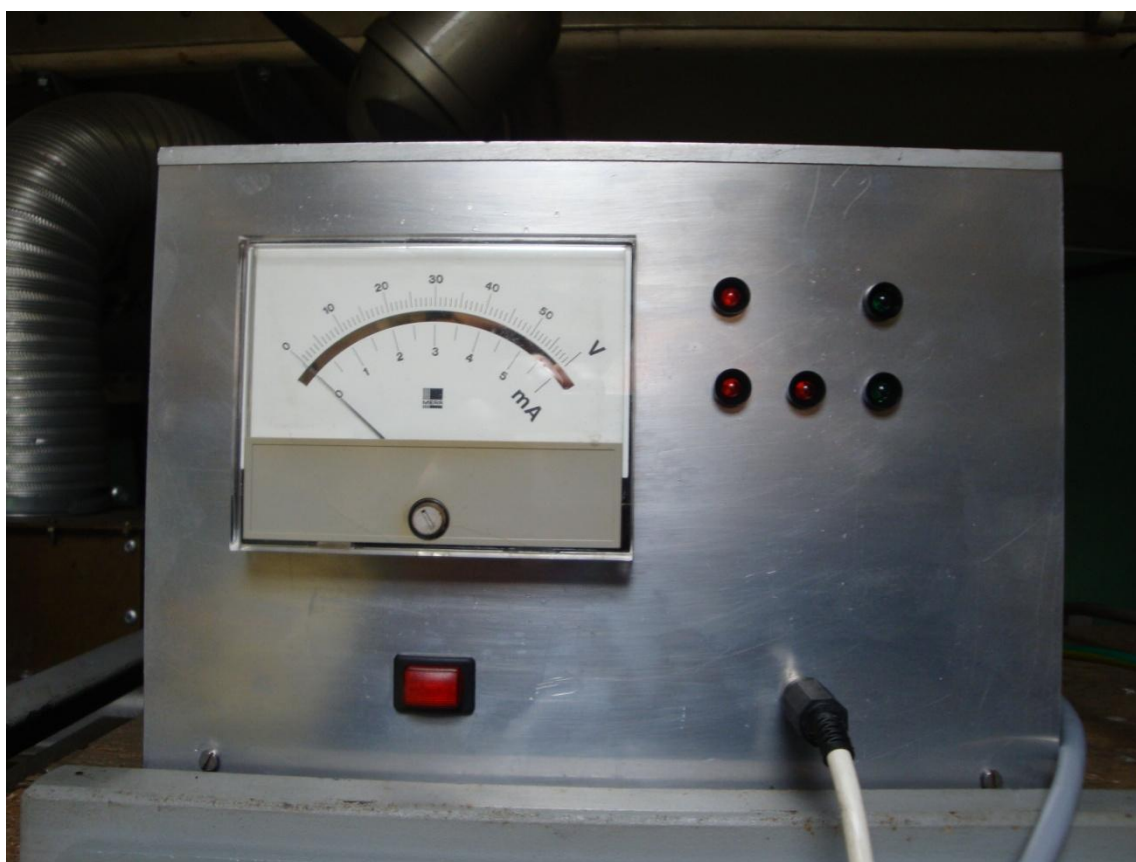
Fot. 17



Fot. 18



Fot. 19



Fot. 20

Sterownik umożliwia manipulację RX/TX całej stacji jednym przełącznikiem (XMIT/STBY) znajdującym się na płycie czołowej wzmacniacza. W Internecie pod adresem [http://www.youtube.com/watch?v=S7Aklm10\\_qQ](http://www.youtube.com/watch?v=S7Aklm10_qQ) dostępny jest film, który prezentuje pracę stacji.

## PA

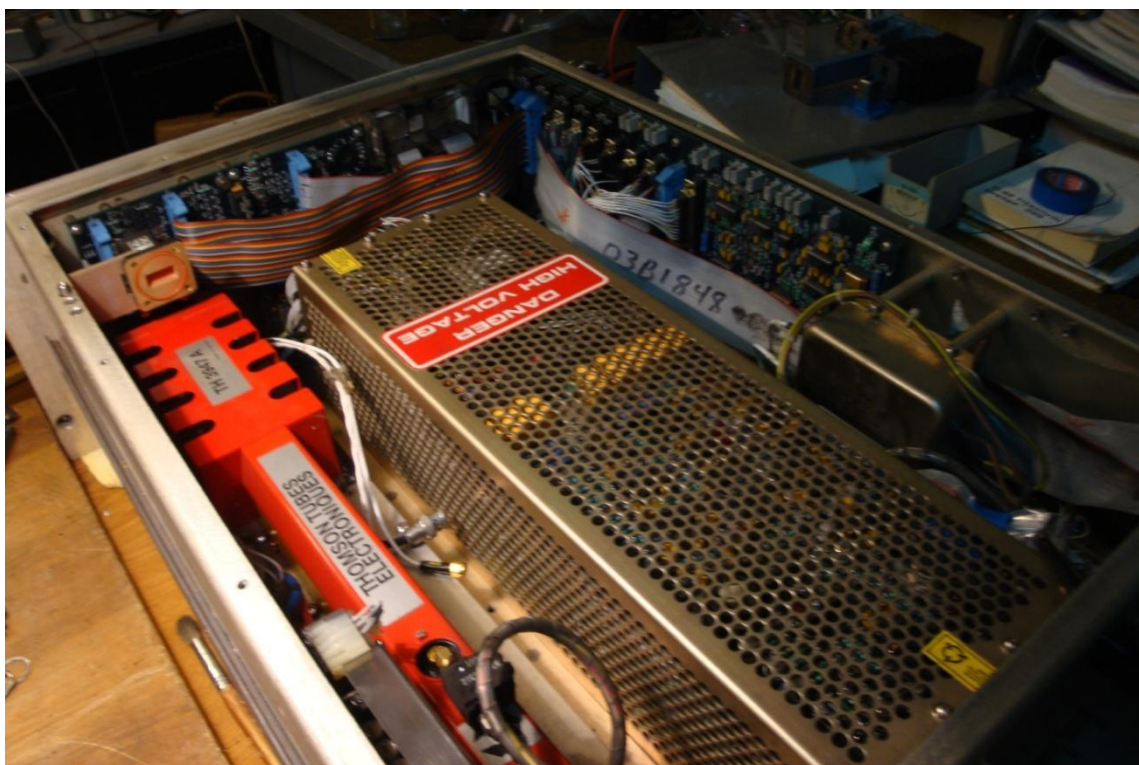
Stopień mocy wykonaliśmy na bazie wzmacniacza mocy firmy MCL typ 10999 z zakresu 12,75-13,25 GHz (Fot. 21-23). Jest to wzmacniacz wycofany z eksploatacji. Moc nominalna oryginalnego wzmacniacza 10999 TWT wynosi 300W. Po adaptacji na pasmo radioamatorskie 3 cm, przy nominalnym sterowaniu uzyskaliśmy ok. 220W.

Adaptacja polegała na:

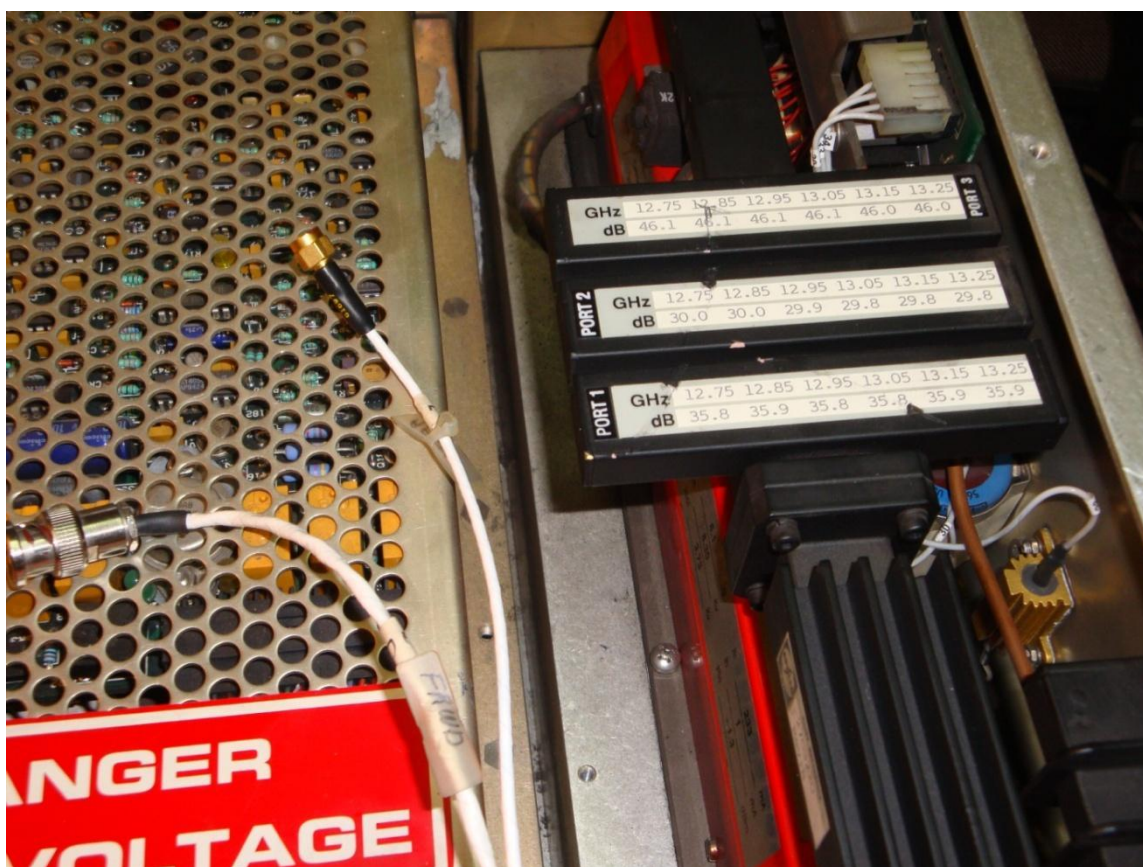
- wyłączeniu z systemu wstępnego wzmacniacza tranzystorowego SSA (przeniesienie go do modułu antenowego wiąże się z zastosowaniem dodatkowej wiązki kabli sterujących);
- dopasowaniu wartości wysokiego napięcia do nowej częstotliwości pracy;
- wydłużeniu kabli zasilających lampę do 10 metrów;
- korekcie napięcia żarzenia uwzględniającej spadek na wydłużonej linii;
- demontażu z panelu wzmacniacza, lampy, dmuchawy i przetwornicy zasilającej dmuchawę;
- montażu tych elementów w module antenowym;
- połączeniu sterownika przekaźnika falowodowego z elementami układu sterującego pracą wzmacniacza.



Fot. 21

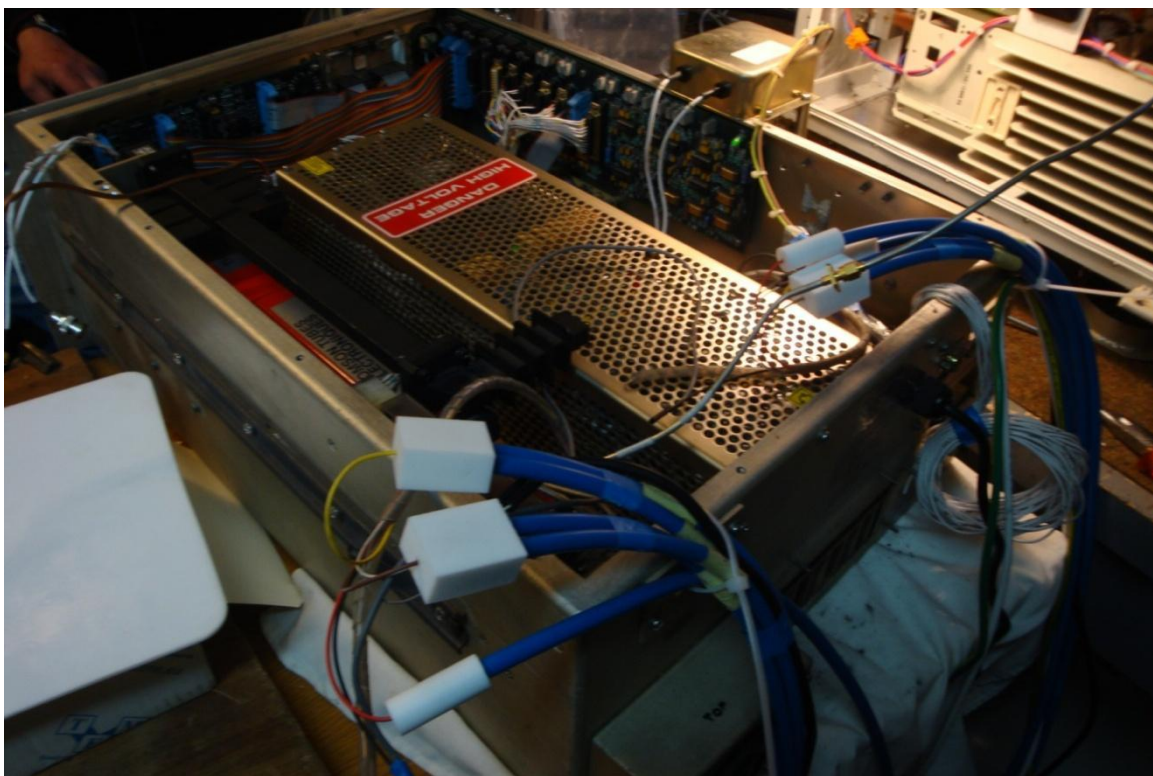


Fot. 22

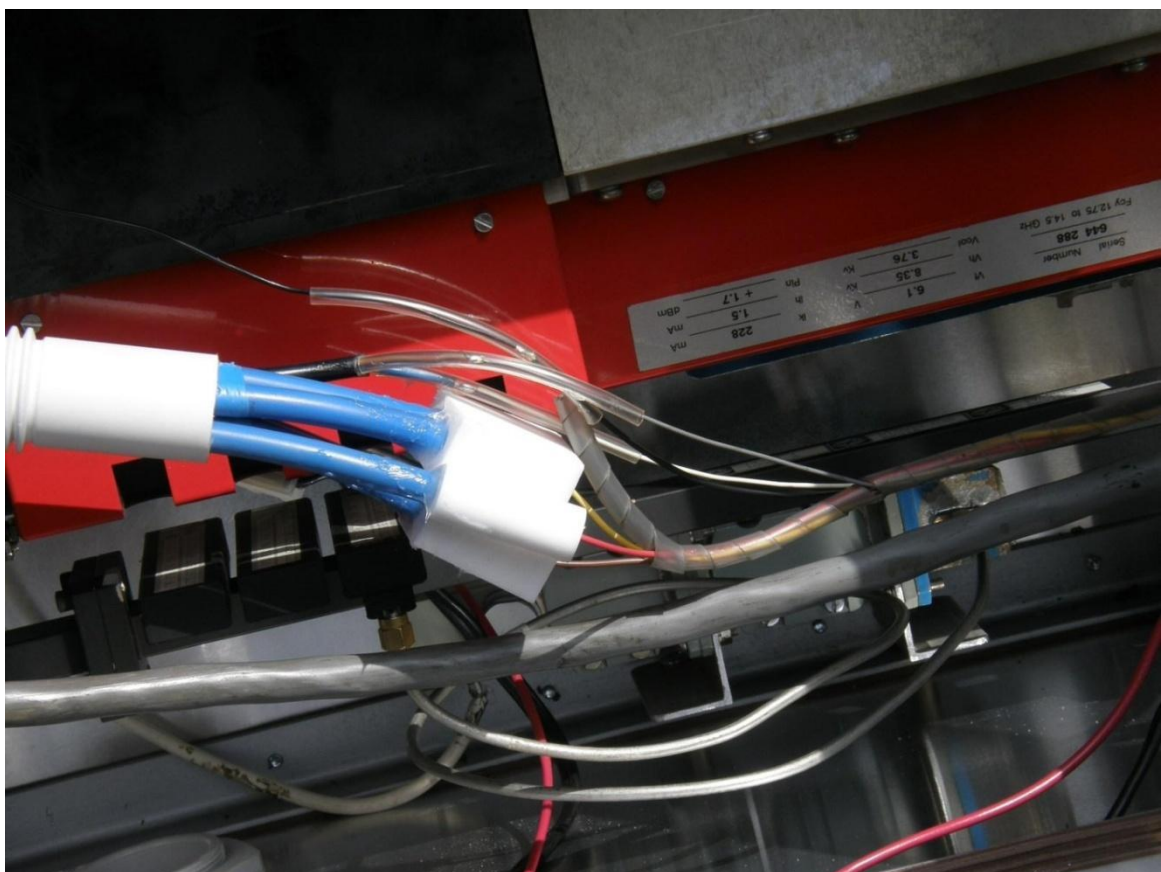


Fot. 23

Przy sterowaniu lampy sygnałem z „naszego” pasma maksimum mocy wyjściowej uzyskaliśmy przy napięciu  $U_k=9100$  V. Oryginalnie ustawione było 8300 V (dla  $f=13$  GHz). Lampa połączona jest z zasilaczem wiązką złożoną z sześciu przewodów. Trzy przewody nie wymagają izolacji odpornej na wysokie napięcia-jeden z nich to masa a dwa pozostałe przesyłają sygnał przegrzania lampy z bimetalicznego wyłącznika termicznego (przerwa-przegrzanie). Pozostałe trzy, pracujące na wysokim napięciu (zasilanie katody, żarzenia i kolektora) zostały przedłużone przewodem FISOL LXY1.3mm<sup>2</sup>. Napięcie testowe tego przewodu wynosi 20000 V, stosowany jest on do zasilania pastuchów elektrycznych i jak zapewnia dystrybutor, może on pracować zanurzony w wodzie. Główną zaletą tego przewodu jest jego niska cena (ok. 3zł/m), wada to duża średnica zewnętrzna (8 mm). Oryginalna wiązka została przecięta w połowie, w celu wykorzystania złącza na bloku WN zasilacza (wtyk jest nierozbieralny). Punkty połączenia przewodów osłonięte są specjalnymi teflonowymi izolatorami (Fot 24) i zabezpieczone pastą silikonową (Fot. 25) przeznaczoną do tego celu. Regulacja napięcia żarzenia okazała się niewystarczająca i dlatego zwiększyliśmy przekrój zasilania katody i żarzenia przez zastosowanie dwóch odcinków kabla połączonych równolegle (podwojenie przekroju). Fotografia 24 przedstawia przedłużenie linii zasilającej lampę podczas prowadzonych przez nas testów.

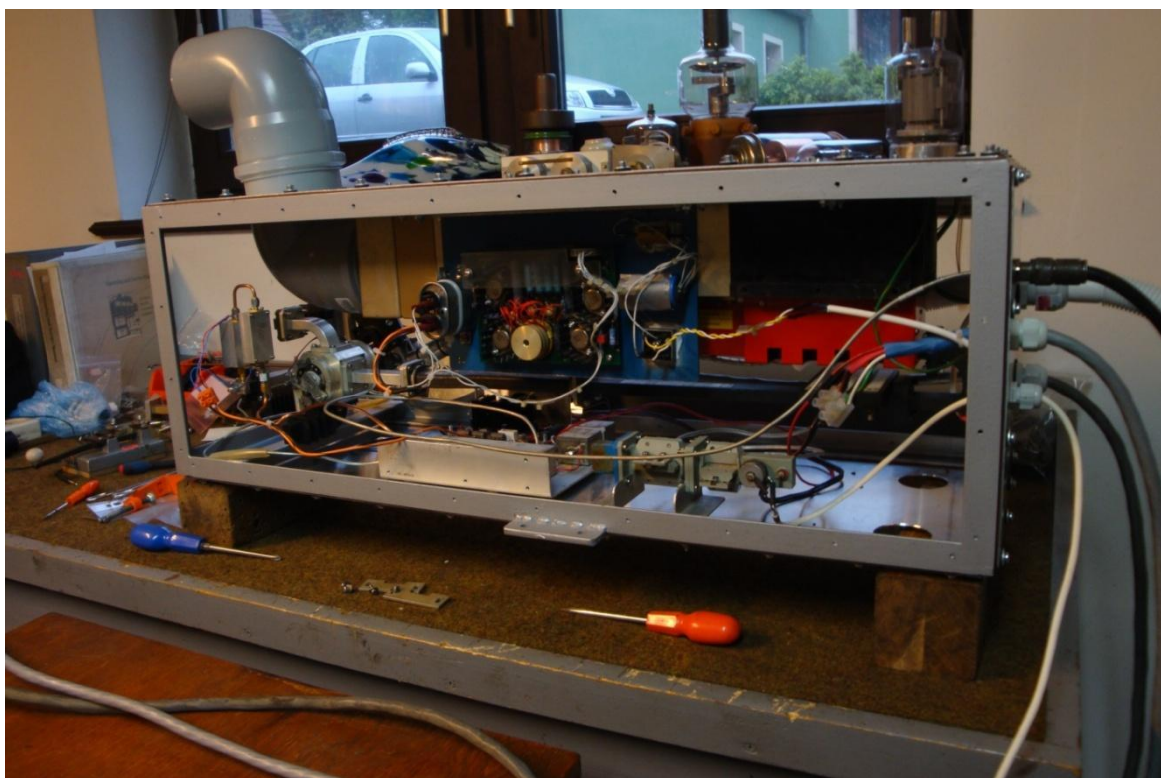


Fot. 24

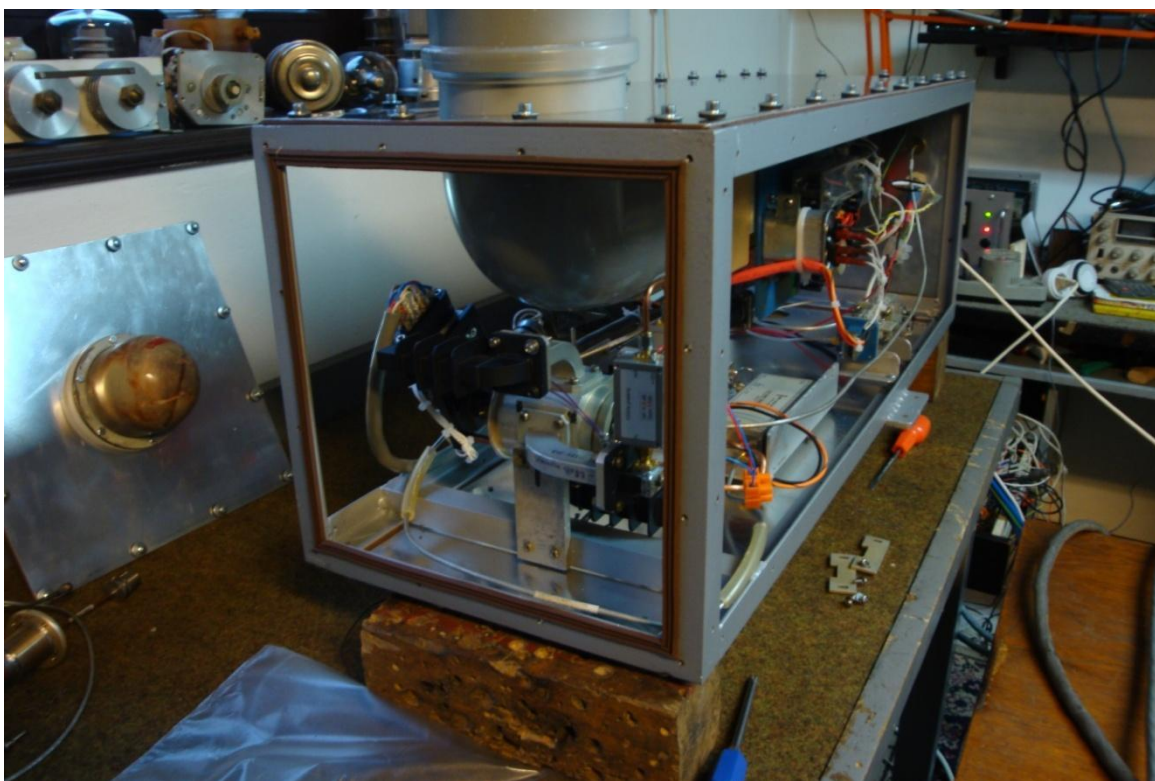


Fot. 25

Rozmieszczenie elementów w module antenowym ilustrują Fotografie 26 i 27.



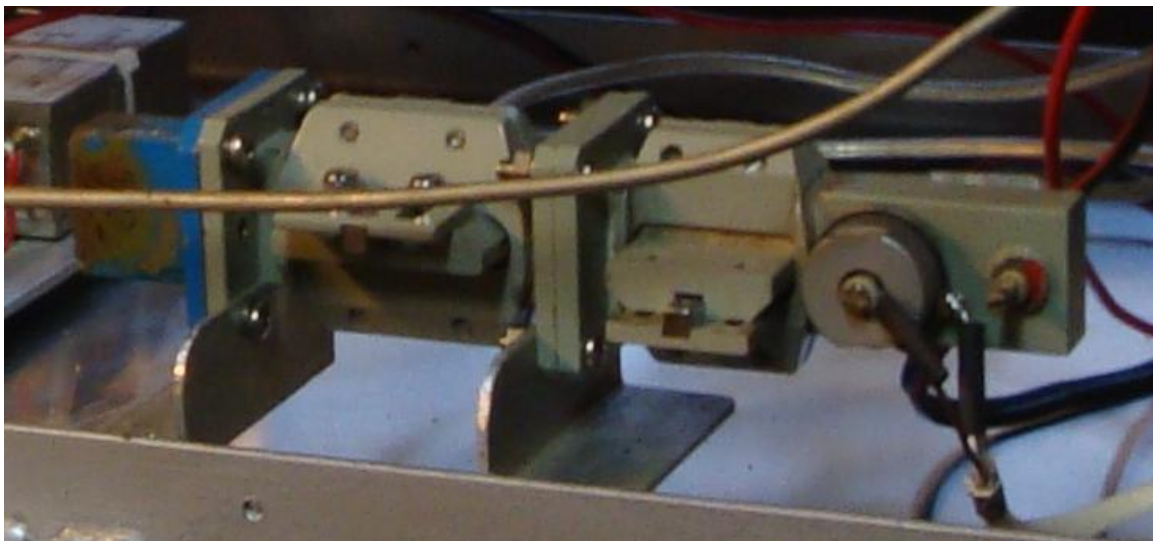
Fot. 26



Fot 27

Na wyjściu wzmacniacza TWT znajduje się zespół sprzęgaczy falowodowych (niewidoczny na fotografiach). Sprzęgacze umożliwiają pomiar mocy padającej, odbitej i monitorowania mocy wyjściowej (Fot. 28). Moc wyjściowa wzmacniacza kontrolowana jest wskaźnikiem umieszczonym na płycie czołowej sterownika przekaźnika. Sygnał pobierany jest z trzeciego portu zespołu sprzęgaczy. Do monitorowania mocy wyjściowej wykorzystujemy detektor falowodowy z zespołem regulowanych tłumików falowodowych przedstawiony na (Fot. 29).





Fot. 29

Moduł antenowy wyposażony jest w system zabezpieczający przed zawilgoceniem podczas parkowania w niekorzystnych warunkach atmosferycznych. Otwory wlotowe powietrza chłodzącego zaślepione są wkładkami z grzałkami. Jako grzałki użyto żarówek halogenowych 12V/10W (Fot 30).



Fot. 30

## Montaż modułu antenowego



Dziękujemy za uwagę i zapraszamy do dyskusji.

|        |                  |
|--------|------------------|
| SP6JLW | Andrzej Matuszny |
| SP6OPN | Jacek Masłowski  |
| SQ6OPG | Paweł Matuszny   |