

Uniwersalny wzmacniacz mocy PA – HF -100W na tranzystorach mosfet w obudowach:

case 355 – RD100HHF1, RD70HHF
case 211 - 01 – MRF173, MRF150
case 316-01 - MRF173

- załączanie wentylatora (regulacja ustawienie progu zadziałania) po przekroczeniu temp dopuszczalnej – włącza się tłumik
- możliwość ograniczenia mocy (tłumik na diodzie pin)
- monitorowanie prądu PA z możliwością ustawienia progu zadziałania, układ działa na zwieranie napięcia biasu do masy (zatrzask na tranzystorach pnp-npn) odblokowanie następuje po zwolnieniu PTT
- stabilizacja temperaturowa napięcia biasu stopnia końcowego LM431 + termistor (możliwość regulacji nachylenia charakterystyki U-biasu)
- zabezpieczenie przez podaniem napięcia o odwrotnej polaryzacji i przed przekroczeniem napięcia dopuszczalnego na transilach
- możliwość podania napięcia > 0,7V - np. od zbyt dużego SWR – ograniczenie mocy lub zadziałanie zatrzasku zwierania napięcia biasu.

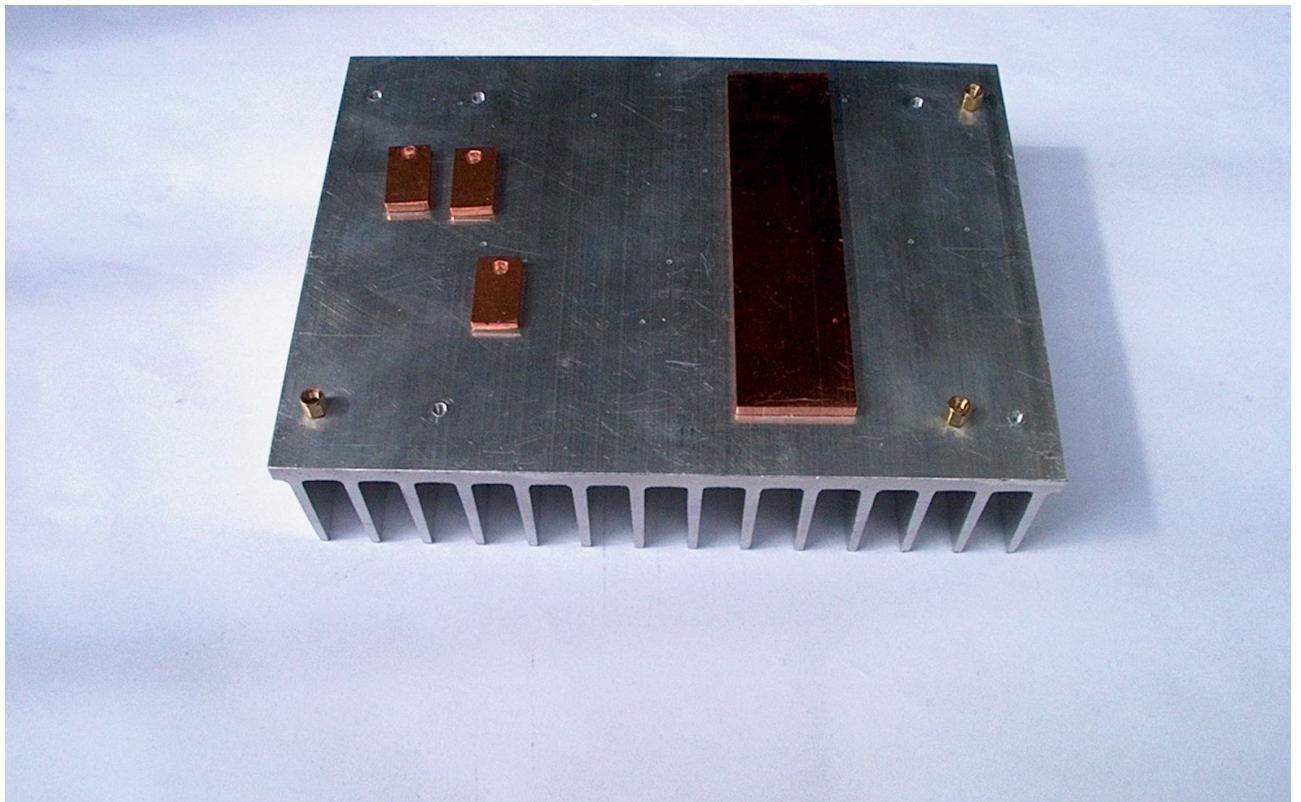
Na wejściu wzmacniacza jest tłumik 2dB - R4,R8,R9 można jego tłumienie dobrać w zależności od wielkości napięcia po mieszaczu Txa i BPF. Stopień wzmacniacza na tranzystorze Q1 ma wzmacnienie 6 dB. Wzmacniacz pracuje w układzie ws-emiter, w obwodzie kolektora jest dławik L1 (chip beat) zapobiegający generacji na wyższych częstotliwościach. Następny stopień to tłumik na diodzie PIN i rezystorach R2,R5,R11 (którymi można dobrać tłumienie). Tłumik jest aktywny jeżeli podajemy stan wysoki > 0,7V na bazę tranzystora Q3. Tranzystor Q2 steruje poprzez dopasowanie na transformatorze T1(1 :1) stopniem drivera na tranzystorach Q4, Q5, które pracują w układzie push-pul w klasie AB – napięcie biasu podawane jest z napięcia 8V stabilizownego układem 78L08 gdzie poprzez prki – P4, P6, ustawiamy napięcia biasu Ugs – Q4,Q5. Tranzystory Q4,Q5 nie oddają pełnej mocy i z tego względu nie przewidziano kompensacji temperaturowej napięcia bias. W celu poprawienia stabilności pracy tranzystorów zastosowano sprzężenie zwrotne dren – bramka i rezystory szeregowe w bramkach tranzystorów Q2,Q4,Q5,Q7, Q8. Tranzystory stopnia końcowego Q7,Q8 (pracują w klasie AB) mają stabilizację temperaturową realizowaną poprzez termistor NTC zamocowany do śruby mocującej tranzystor mocy - w zależności od temperatury obudowy tranzystora sterując diodą referencyjną LM431 możemy ustawić nachylenie charakterystyki poprzez dobrą rezystora R64 w szeregu z termistorem NTC i regulacje Pr-kiem P8 – tak aby prąd biasu tranzystorów nie przekraczał ustalonego prądu Idq tranzystorów mocy.

W wzmacniaczu jest monitorowany prąd pobierany przez stopień mocy. Zrealizowano to na układzie ZXCT1009 wg – aplikacji producenta (przy napięciu przekraczającym 20V są pady na tranzystor Q14) W celu zapewnienia minimalnego spadku napięcia (można dać drut manganinowy) napięcie z układu ZXCT1009 można dodatkowo wzmacnić w LM321 (układ może pracować jako wtórnik emiterowy) – gdzie napięcie poprzez możliwość ustawienie progu Prkiem P7 podawane jest na zatrzask realizowany na tranzystorach Q9,Q10. Wysterowanie tranzystorów Q9,Q10 powoduje zwieranie napięcia biasu do potencjału masy i mosfety Q2,Q4,Q5,Q7,Q8 zostają zablokowane. Układ pośrednio może chronić wzmacniacz przez zbyt nadmiernym prądem spowodowanym dużym swr-em - zwarciem lub przerwą w obwodzie anteny. PA posiada układ do sterowania wentylatora chłodzenia radiatorka na układzie LM358. Temperatura kontrolowana jest termistorem NTC1 umieszczonym blisko tranzystora mocy- próg włączenia wentylatora ustawiamy prkiem P9. Po przekroczeniu temperatury dopuszczalnej (80-90C ustawiamy prkiem P5) jest włączany tłumik na diodzie PIN -D1 i zostaje obniżona moc np. do 10W. Obniżenie mocy

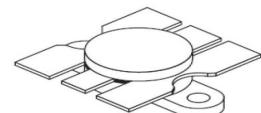
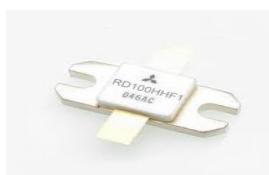
można realizować dodatkowo – jest możliwość sterowania tłumika np. - jak będzie pracowała skrzynka antenowa. W obwodzie biasu tranzystor Q12 przyśpiesza nam rozładowanie pojemności Ubiasu do potencjału masy.

Konstrukcja wzmacniacza mocy została zabudowana na radiatorze typ A4291 aktualnie produkowanego w Kętach. PCB o wymiarach 165 x 99 mm zostało zaprojektowane pod ten radiator gdzie uwzględniając rozstaw użebrowania umieszczone mocowanie tranzystorów.

W miejscach na tranzystory zostały wyfrezowane otwory gdzie mocowane są na podkładkach z CU o wymiarach 11 x 20 mm grubość 3mm tranzystory Q3,Q4,Q5. Pod tranzystory Q7,Q8 zastosowano podkładkę z CU o grubości 2 mm wymiarach 95 x 25 mm.

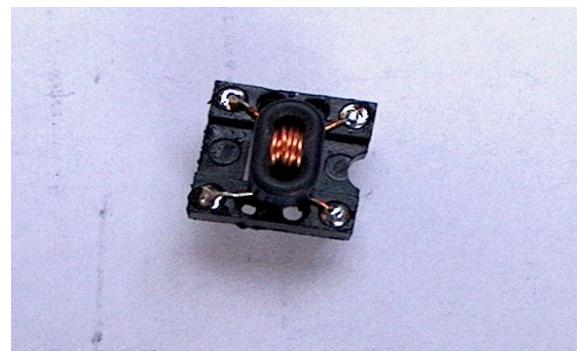


Projekt PCB uwzględnia możliwość zamocowania tranzystorów w innych obudowach (potrzeba wypilowania do danej obudowy) - pcb jest wyfrezowane pod RD100HHF1

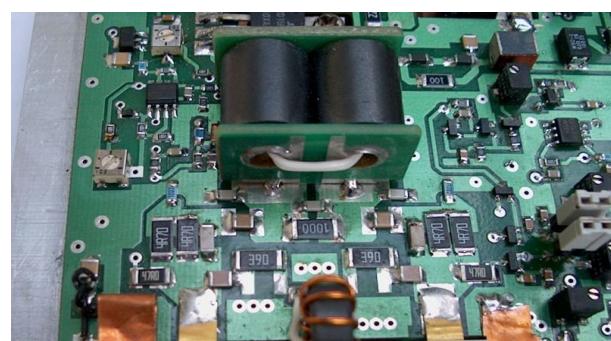
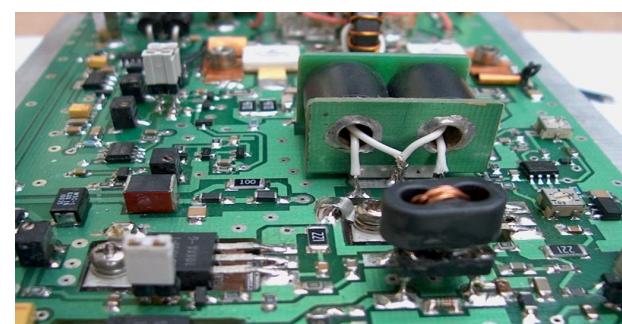
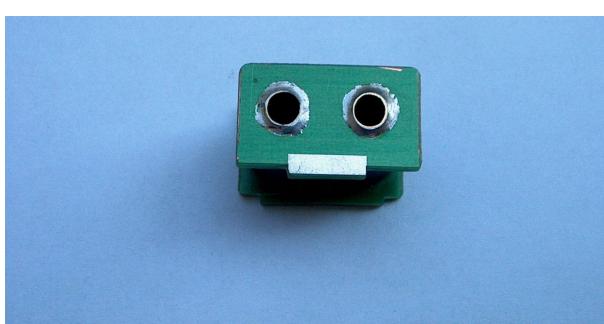
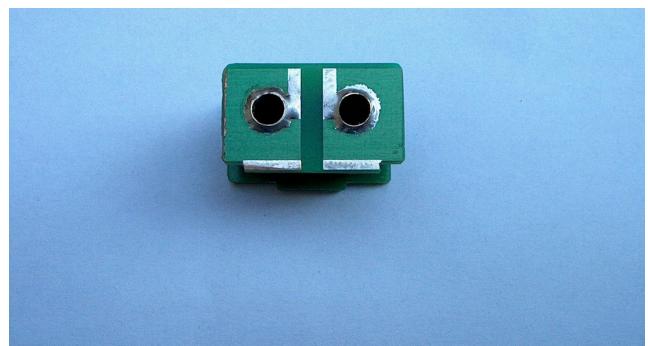


Konstrukcja transformatorów :

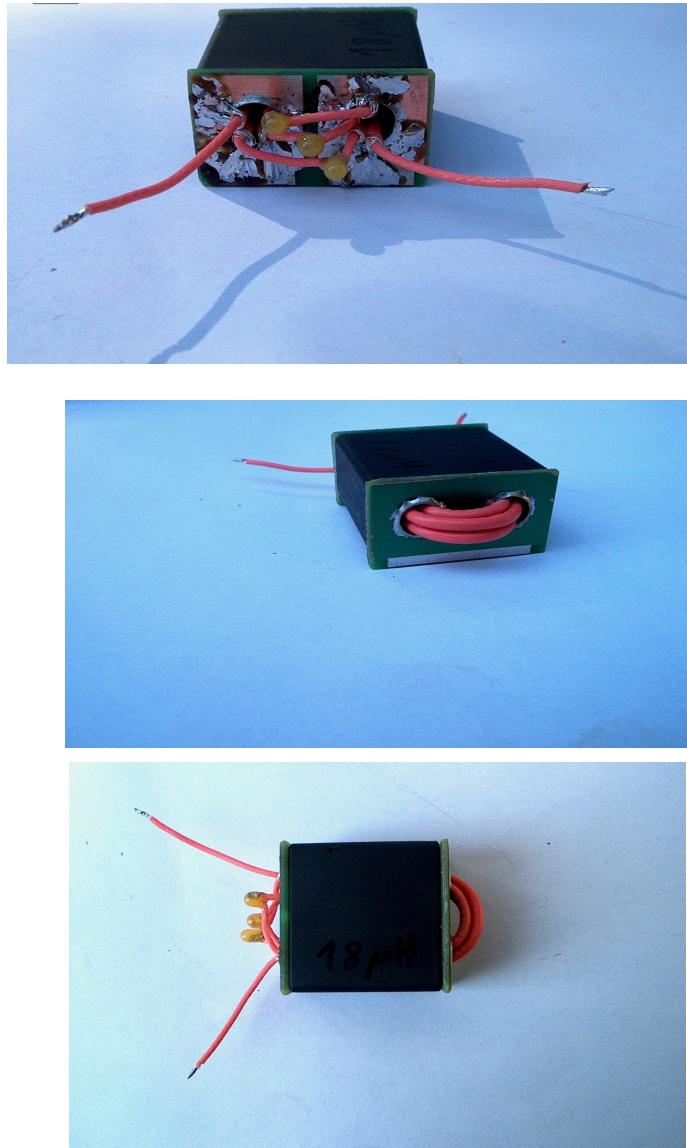
Transformator T1 został nawinięty skrętką dwoma przewodami o średnicy 0,35 CU emalia 4zw na rdzeniu Amidona BN43-1502 (do mocowania trafa wykorzystano podstawke pod DIL-8)



Transformator T2 - wykorzystano rurki mosiężne z anteny teleskopowej o średnicy 5 mm z których wykonano uzw.wtórne wlutowane w płytki laminatu. Uzwojenie wtórne po 1 zw. przewlekany przez rurki uzw. wtórnego. Rdzeń RRH-125-52-150 x2 firmy Richco



Do nawinięcia transformatora T4 - wyjściowego użyto kabla koncentrycznego teflonowego 25 omowego (4 - odcinki kabla , d- zewn. 2,2mm, żyła środkowa linka 0,7mm) oraz rurki z anteny teleskopowej o średnicy 6 mm. Rdzeń ferytowy to BN61-002 lub BN43 – 7051



miejsca połączeń lutowanego kabla izolowano kroplami żywicy epoksydowej.Ten sposób nawijania zapewnia najmniejszą szkodliwą indukcyjność rozproszenia, co decyduje o częstotliwości granicznej wzmacniacza.

Impedancja kabla wynika z wzoru :

$Z_{opt} = \text{pierwiastek z } R_{in} (\text{oporność wejściowa}) \times R_o (\text{oporność obciążenia})$

Indukcyjność główna obwodu pierwotnego nie może być mniejsza :

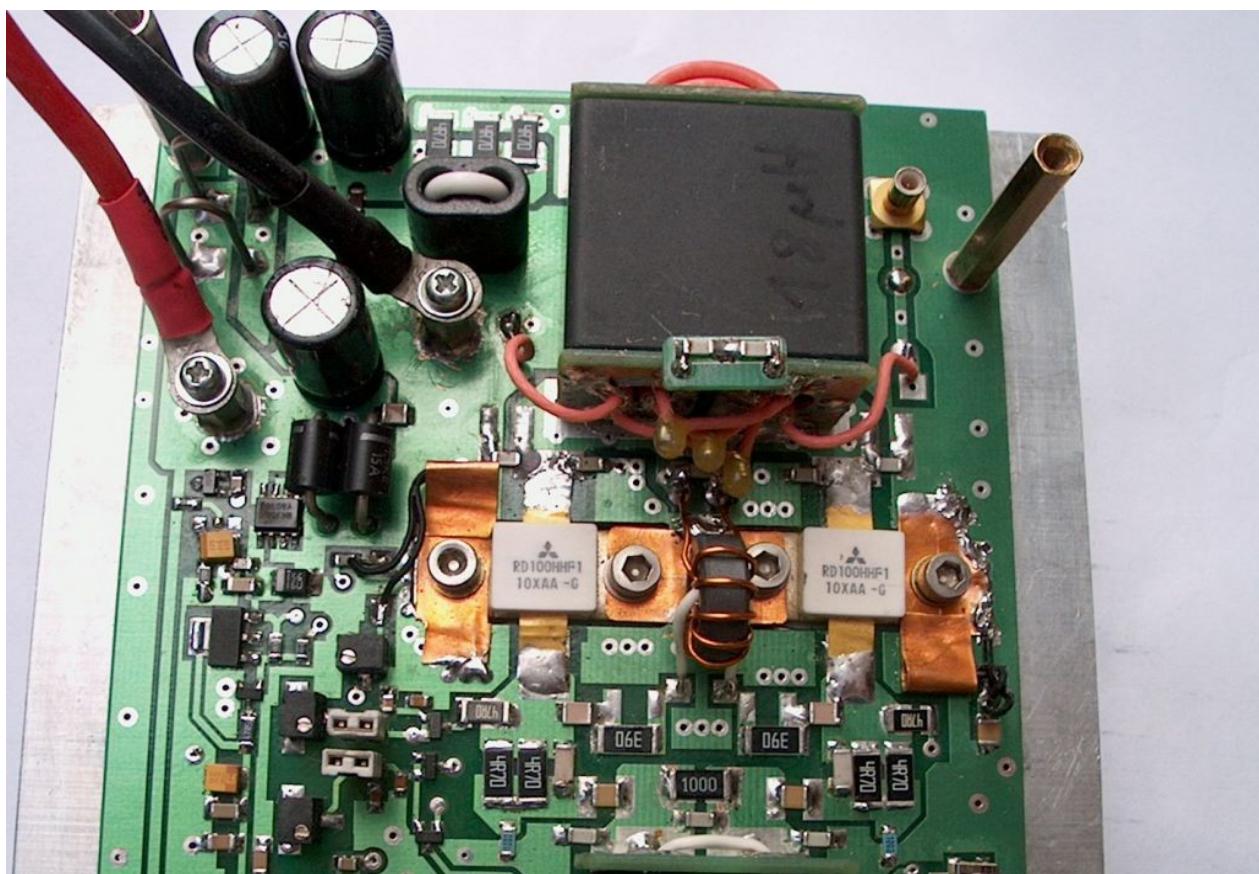
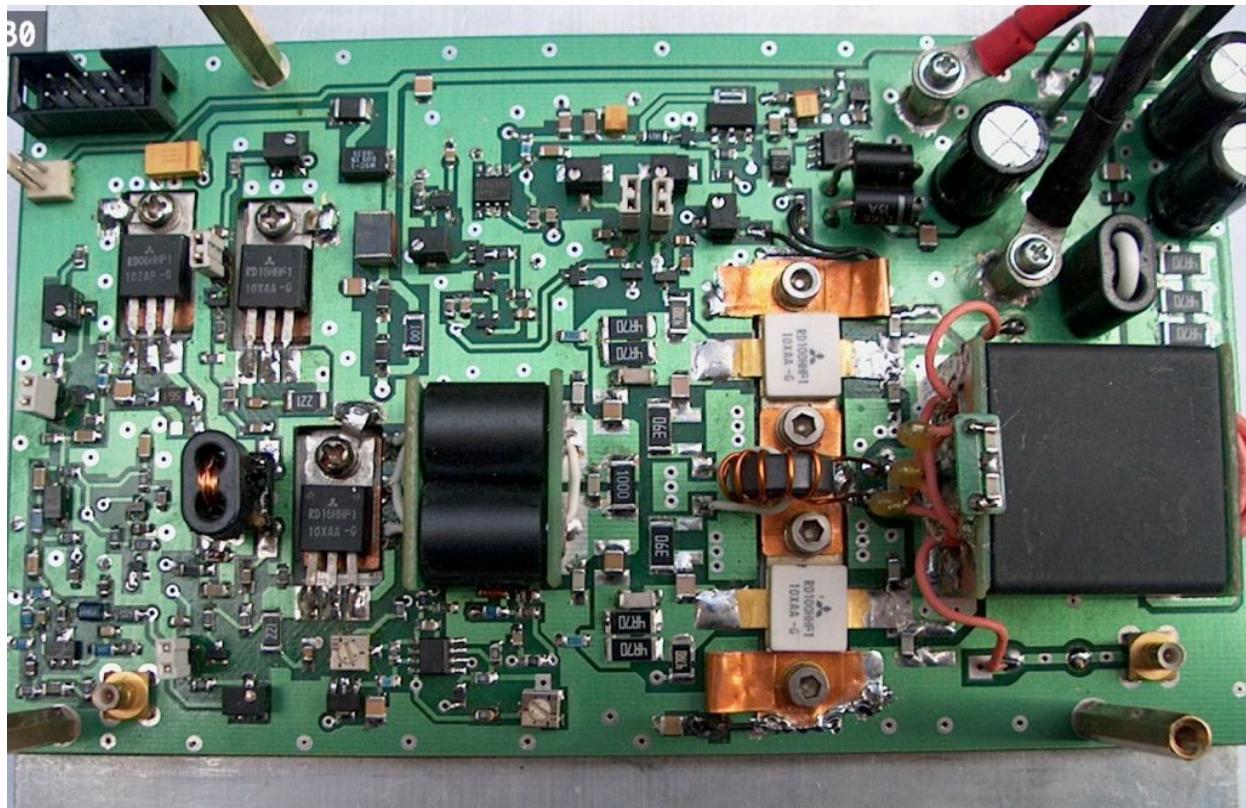
$$Lg > \frac{R_o}{4 \times \pi \times F_d}$$

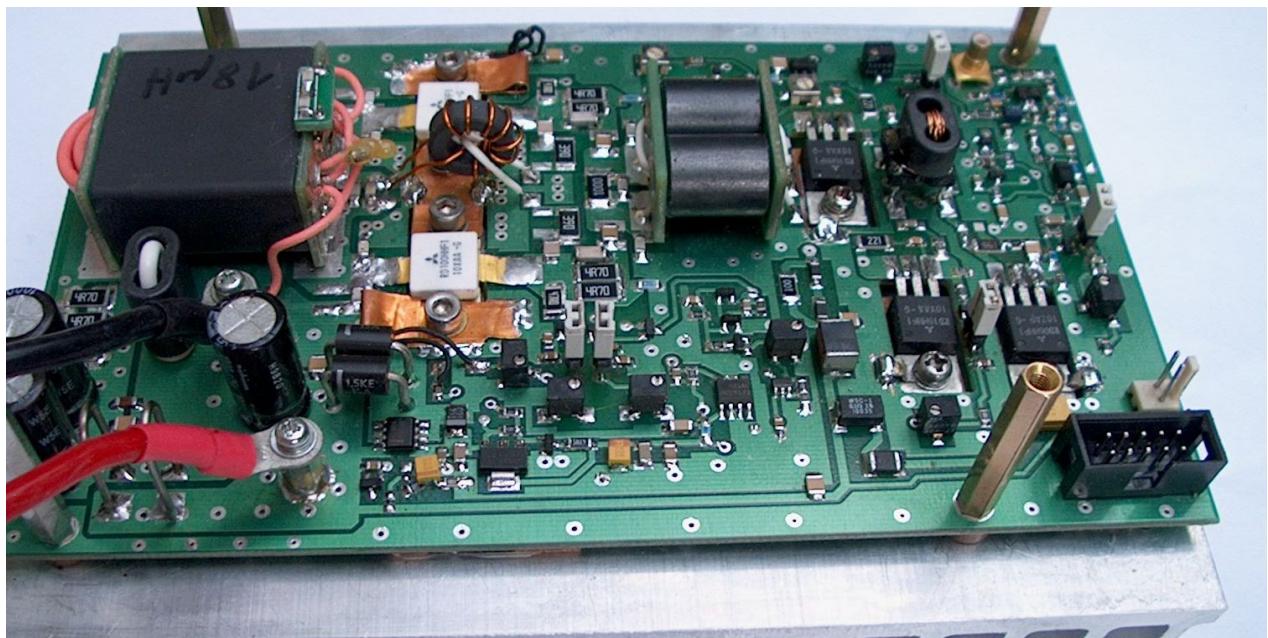
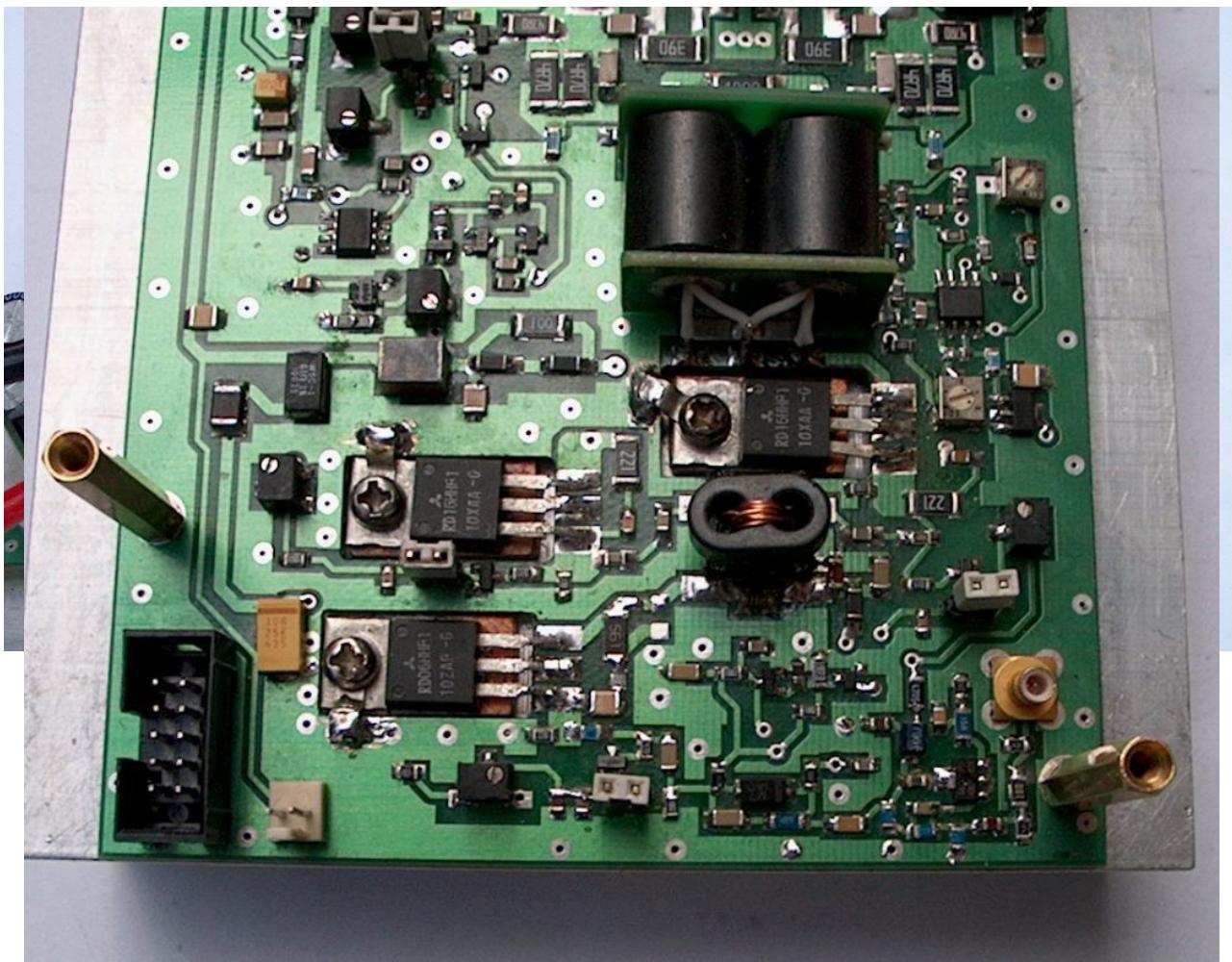
R_o – rezystancja obciążenia - 50Ω

F_d - częstotliwość dolna wzmacniacza 1,8MHz

$$Lg > 2,2\mu H$$

Zdjęcia wzmacniacza





T3 – pierwotne - 8 zw drut emalia o średnicy 0,6mm, wtórne 1zw na rdzeniu Amidona FT50-61
 L13 - 1zw drutu w teflonie o grubości wraz z izolacją 2mm – rdzeń Amidon BN73-202

Parametry stopnia końcowego w zależności od zastosowania ferytu z materiału firmy Amidon 61 lub 43

Stopień mocy 2 X RDH100 HHF - 100W - 13,8 V

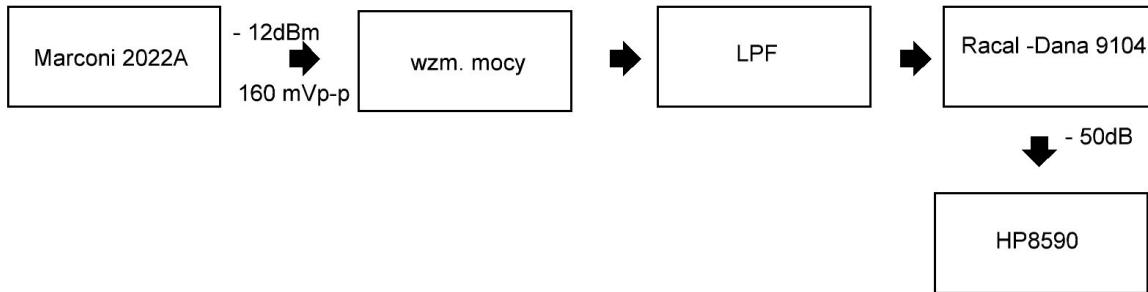
Trafo T-4 BN61-002

Band	Pout	I pa
1,8Mhz	108W	19A
3,5Mhz	115W	19A
7 Mhz	110W	18A
14Mhz	110W	17,5A
21Mhz	105W	19A
28Mhz	105W	15,5A
50Mhz	80W	19A

Trafo T4- BN43 - 7051

Band	Pout	I pa
1,8Mhz	105W	18A
3,5Mhz	107W	18A
7 Mhz	100W	18A
14Mhz	90W	17A
21Mhz	90W	17A
28Mhz	100W	16,5A
50Mhz	50W	18A

Pomiar wykonano miernikiem mocy Racal-Dana 9104 po LPFach
 U input - (-12dBm) 160 mVp-p z generatora Marconi 2022A
 Idq RD100HHF 0,8A



Do ustawiania prądu spoczynkowego mosfetów Idq - służą zwory Jmp1,Jmp2,Jmp3,Jmp4,Jmp5.

Ustawienia prądów spoczynkowych:

zakładamy Jmp1	Prkiem P3 ustawiamy prąd spoczynkowy Idq	Q3 - 0,5A
zakładamy Jmp3	Prkiem P4 ustawiamy prąd spoczynkowy Idq	Q4 - 0,5A
zakładamy Jmp2	Prkiem P6 ustawiamy prąd spoczynkowy Idq	Q5 - 0,5A
zakładamy Jmp4	Prkiem P1 ustawiamy prąd spoczynkowy Idq	Q7 - 0,8A
zakładamy Jmp5	Prkiem P2 ustawiamy prąd spoczynkowy Idq	Q8 - 0,8A

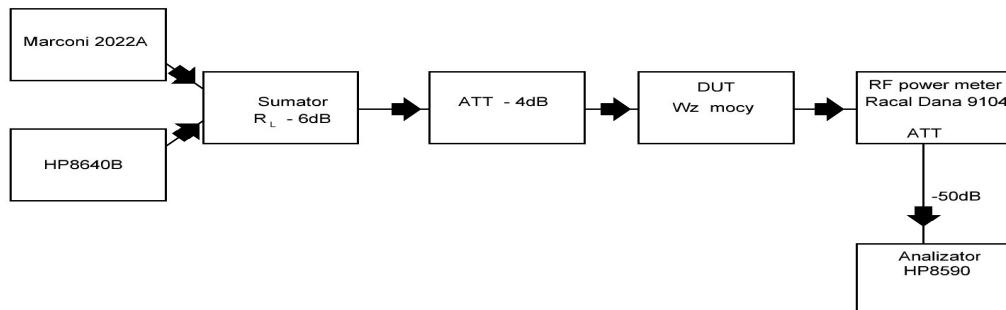
po kolej zakładamy zwory i po ustawieniu prądu dla danego tranzystora zdejmujemy zworę. Po zakończeniu ustawień zakładamy wszystkie zwory i mamy sumę prądów spoczynkowych Idq -

3,1A - można też po kolej dokładać zwory i sumować prąd tranzystorów. Ustawienie prądu spoczynkowego kontrolujemy po podaniu stanu niskiego na pin PTT (zwieramy do masy).

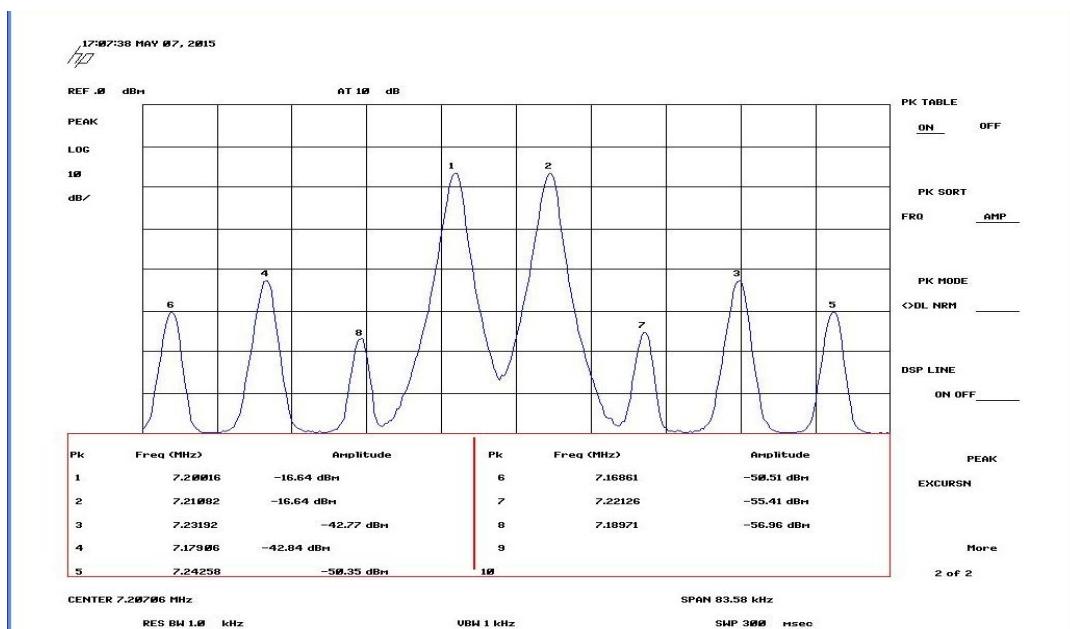
Zabezpieczenie prądowe ustawiamy prkiem P7 – na prąd 25 A , jego wielkość można monitorować, wyjście jest dostępne na gnieździe G2. Wzmocnienie całkowite wzmacniacza wynosi 62dB. Wzmacniacz można wykonać bez zabezpieczenia prądowego nie trzeba wtedy stosować układów U1,U3 nie wpływa to na parametry wzmacniacza.

Układ do pomiaru zniekształceń intermodulacyjnych

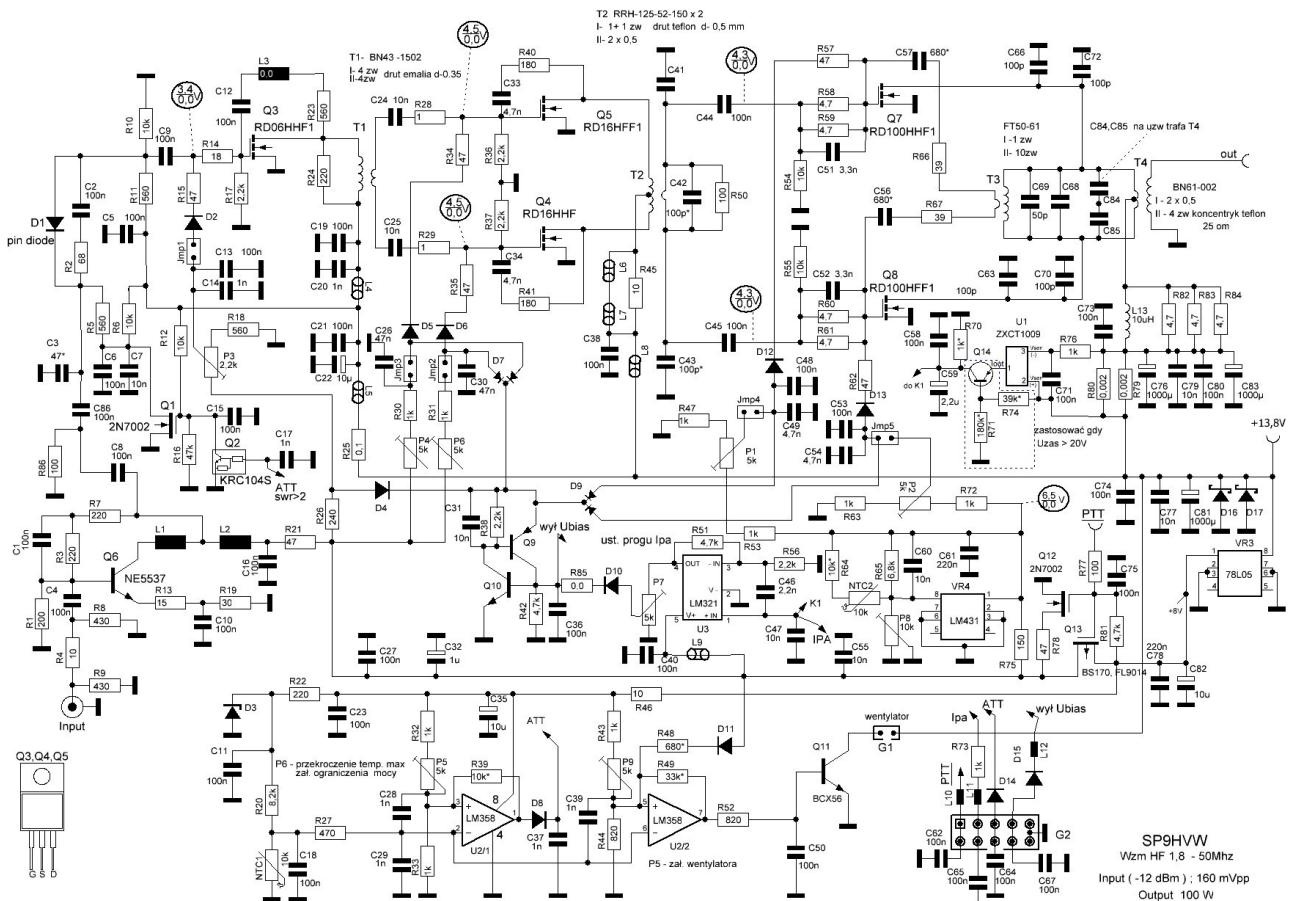
Pomiar wykonano w paśmie 7 Mhz i 100W mocy wyjściowej- dalsze pomiary zostaną wykonane jak będzie miał parę RD100HHF1 z których parametry statyczne i dynamiczne będą dobrane -wtedy pomiar IMD3, IMD5 będzie miarodajny.



Pomiar IMD3, IMD5



Schemat ideowy wzmacniacza

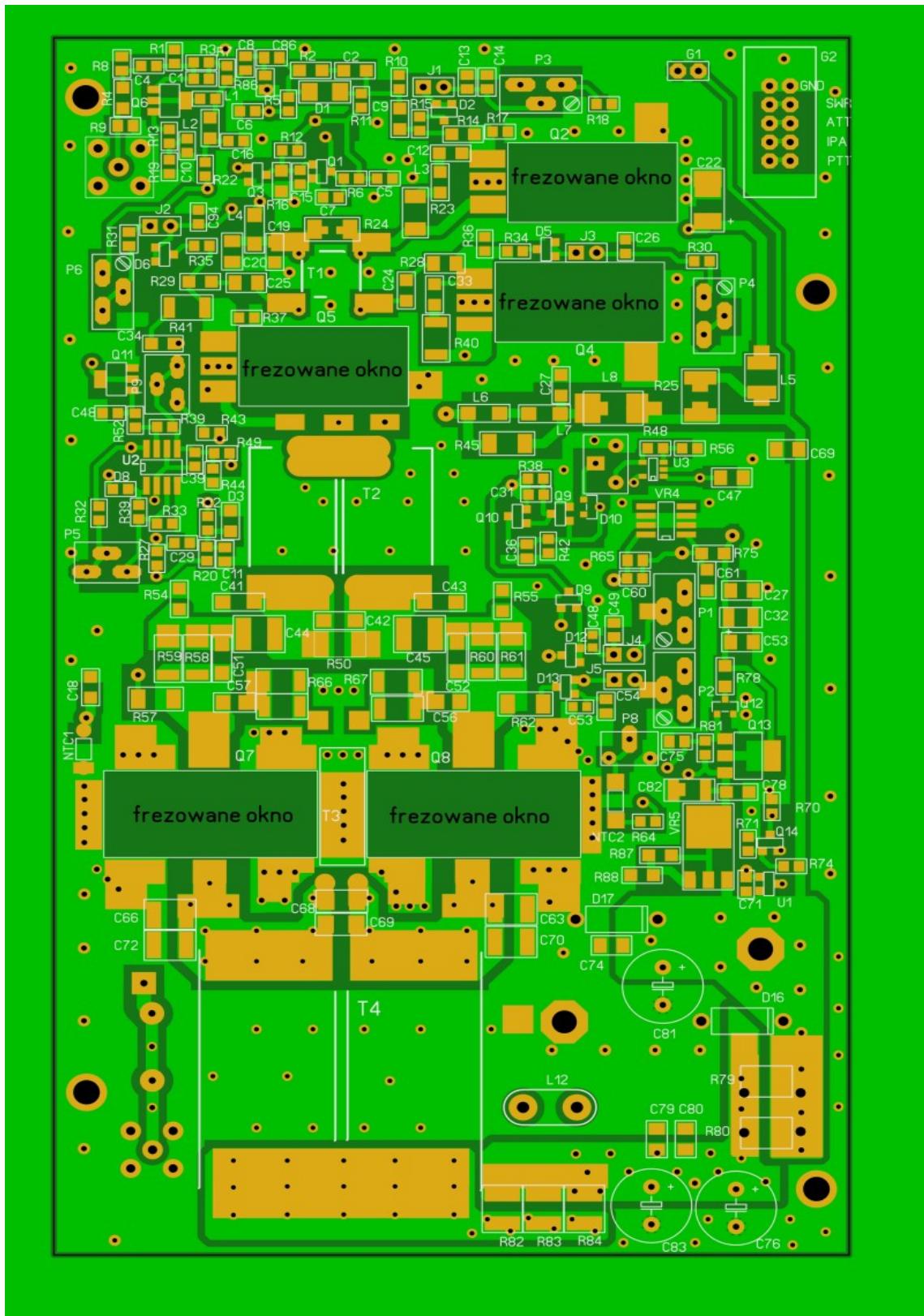


Component list

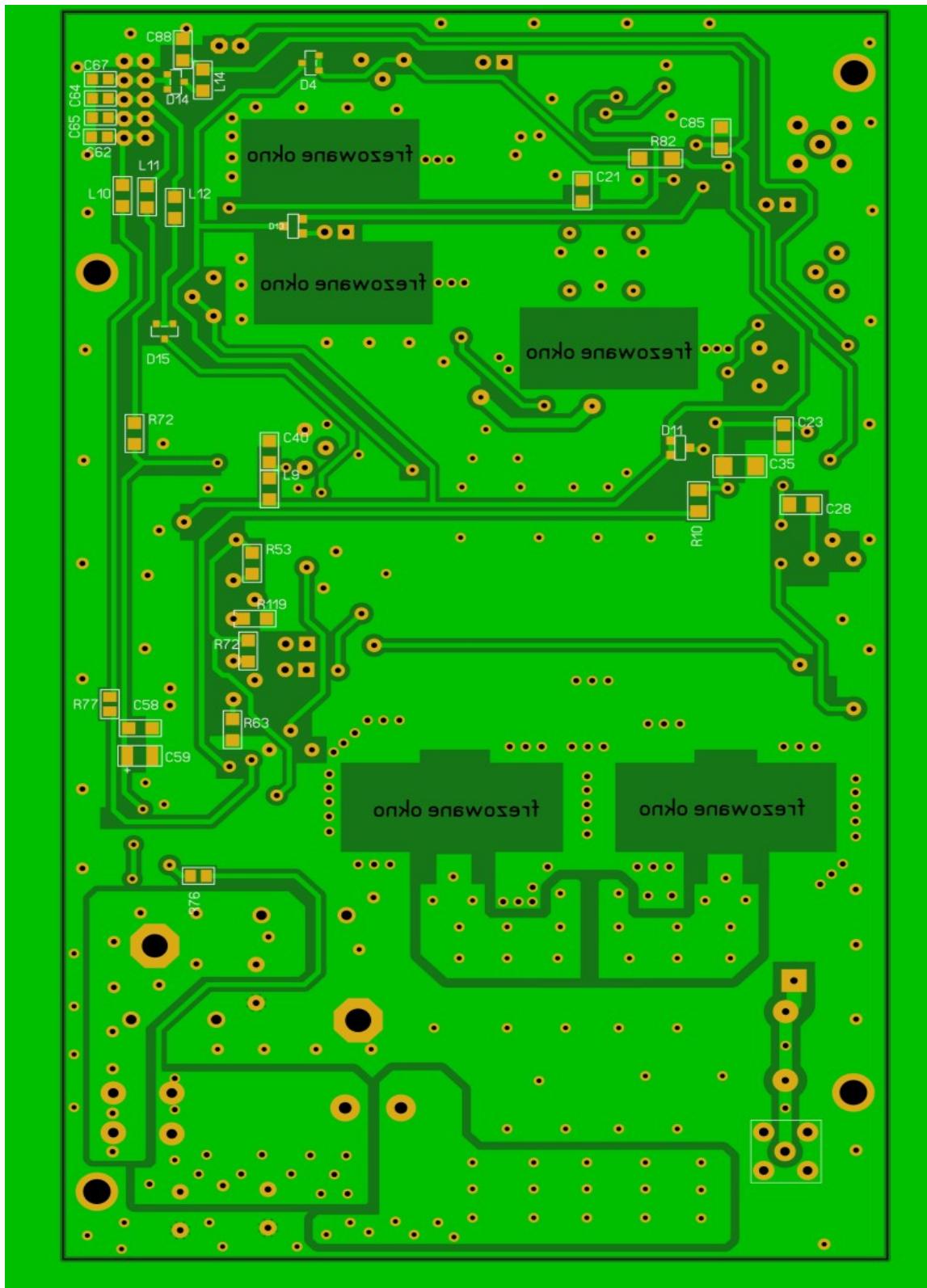
R1	= 1 x 200	0805
R2	= 1 x 68	0805
R13	= 1 x 15	0805
R14	= 1 x 18	0805
R16	= 1 x 47k	0805
R19	= 1 x 30	0805
R20	= 1 x 8,2k	0805
R25	= 1 x 0,1	1210
R26	= 1 x 240	1206
R27	= 1 x 470	0805
R48	= 1 x 680*	0805
R49	= 1 x 33k*	0805
R50	= 1 x 100	2512
R65	= 1 x 6,8k	0805
R71	= 1 x 180k*	0805
R74	= 1 x 39k*	0805
R75	= 1 x 150	1206
R77,R86	= 1 x 100	0805
R56,R61	= 2 x 47	1210
R15,R21,R34,		
R35	= 4 x 47	0805
R78	= 1 x 47	1206
R17,R36,R37,		
R38,R56	= 5 x 2,2k	0805
R28,R29	= 2 x 1	1206
R3,R7,R22,	= 3 x 220	0805
R24	= 1 x 220	1206
R30,R31,R32,		
R33,R43,R47,		
R53,R63,R72,		
R73,R76,R70	= 11 x 1k	0805
R39,R6,R55,R54		
R10,	= 5 x 10k	0805
R4,R46	= 2 x 10	1206
R45	= 1 x 10	1210
R40,R41	= 2 x 220	2010
R42,R51,		
R81	= 3 x 4,7k	0805
R44,R52	= 2 x 820	0805
R5,R11,R18,	= 3 x 560	0805
R23	= 1 x 560	2010
R58,R59,R60,		
R61,R82,R83,		
R84	= 7 x 4,7	2512
R6,R10,R12	= 3 x 10k	0805
R66,R67,	= 2 x 39	2512
R79,R80	= 2 x 0,002	2512
R8,R9	= 2 x 430	0805
C3	= 1 x 47	
C22	= 1 x 10 μ /25V tantal	case C
C32	= 1 x 1u/10V tantal	case B
C41,C43,C42		
C63,C66,C70,		
C72,C69	= 9 x 100p* 500V NP0	1206
C46	= 1 x 2,2n	0805
C59	= 1 x 2,2u/10V	case B
C68	= niezamontowany	
C1,C2,C4,C5,C6,		
C8,C9,C10,C11,		
C12,C13,C15,		
C16,C18,C19,		
C21,C23,C27,		
C36,C38,C40,		
C44,C45,C48,		
C50,C53,C58,		

C62,C64,C65, C67,C71,C73, C74,C75,C80	= 36 x 100n	0805
C14,C17,C20, C28,C29,C37, C39	= 7 x 1n	0805
C26,C30	= 2 x 47n	0805
C33,C34,C49, C54	= 4 x 4,7n	0805
C35,C82	= 2 x 10u/10V tantal	case B
C51,C52	= 2 x 3,3n	1206
C56,C57	= 2 x 680* NP0 500V	1206
C61,C78	= 2 x 220n	0805
C7,C24,C25,C31, C47,C55,C60, C77,C79	= 9 x 10n	0805
C76,C81,C83	= 3 x 1000μ/25V	radial 5
D1	= 1 x pin diode 1N4007	smd M7
D2,D4,D5,D6, D7,D10,D11, D12,D13,D14 ,D15,	= 11 x BAV70	SOT23D3,
D16,D17	= transil 1,5KE 15A jednokierunkowy	
D8,	= 1N4148	smd SOT323
D3,	= 1 x 5V1	dioda zenera smd
Q2	= 1 x KRC104S	
Q3	= 1 x RD06HHF1	
Q4	= 1 x RD16HHF	
Q5	= 1 x RD16HFF1	
Q6	= 1 x NE5537	
Q7	= 1 x RD100HHF1	
Q8	= 1 x RD100HFF1	
Q11	= 1 x BCX56	
Q13	= 1 x BS170, FL9014	
Q1,Q12	= 2 x 2N7002	
Q9,,Q14	= 2 x BC807	pnp SOT 23
Q10	=1 x BC847	npn SOT23
L3	= 1 x 0,0	
L13	= 1 x 10uH	BN73-202
L1,L4,L5,L6, L7,L8,L9,L10, L11,L12	= 11 x feryt smd LCBB-121	0805
L2,	= 10uH dławik	0805
P3	= 1 x 2,2k typ 3296	
P8	= 1 x 10k typ 3296	
P1,P2,P4,P7,P6, P5,P9	= 7 x 5k typ 3296	
Jmp1,Jmp2,Jmp3, Jmp4,Jmp5	= 5 x jumper zwora	
T1,	= 1 x BN43-1502	
T2,	= 2x RRH-125-52-150	
T3,	= 1 x FT50-61	
T4,	= 1 x BN61-002	
U2/1,U2/2	= 1 x LM358	soic8
NTC1,NTC2	= 2 x 10k	
VR3	= 1 x 78L05	soic8
VR4	= 1 x LM431	soic8
U3	= 1 x LM321	sot5
Gniazda SMB	= 2 szt	
G1	= 2 x 1 - 2,54	
G2	= 2 x 5	
C84,85	= 2 x 100pf NP0 – 500V na uzw. T4	1206
Kondensatory	nie opisane na napięcie 50V	

TOP SIDE

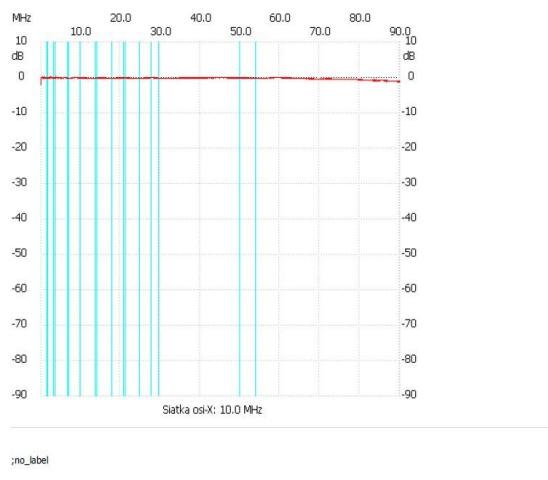


Bottom side

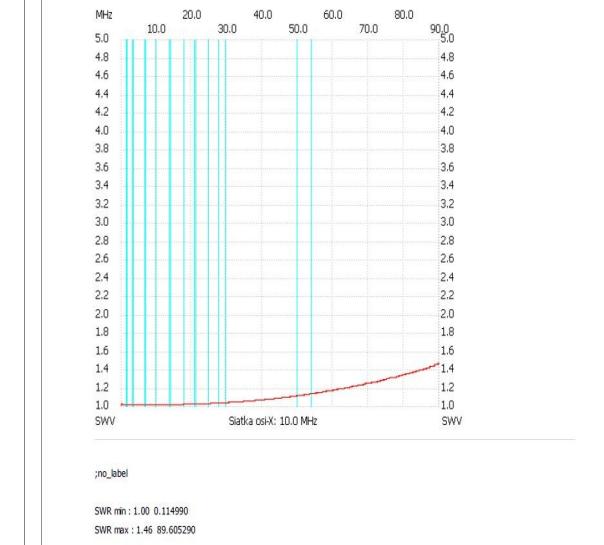


Pomiary transformatorów T1, T2, T4

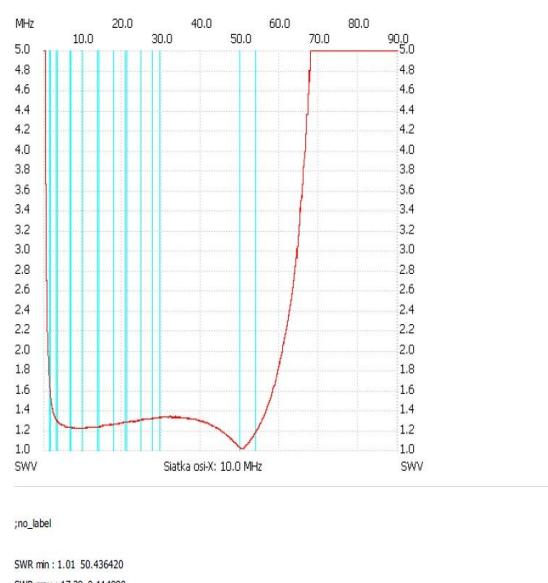
Do pomiary użyto NWT- 500 i mostka pomiarowego do pomiaru SWR (pośrednio RL)



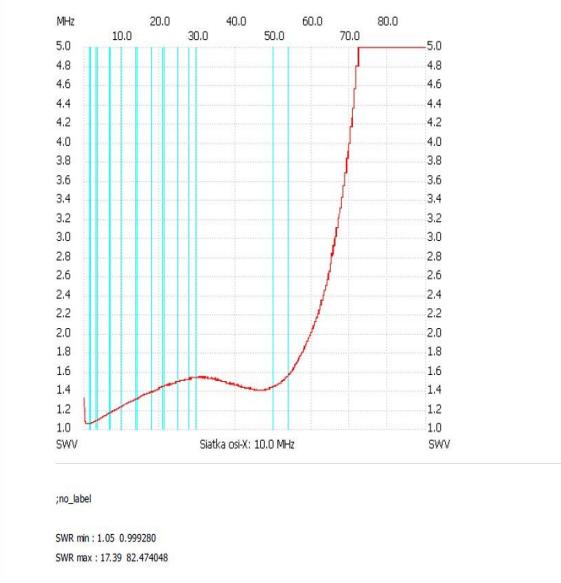
pasmo przenoszenia trafa T1



SWR transformatora T1



SWR transformator T2



SWR transformator T4

Sposób wykonania transformatora wyjściowego T4 i z jakiego materiału najwięcej rzutują na parametry wzmacniacza. Transformatory do pomiaru zostały skompensowane pojemnością równolegle do uzwojeń.

Materialy pomocne przy budowie wzmacniacza:

**1. POLITECHNIKA WARSZAWSKA Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut
Radioelektroniki**

**ANALIZA OGRANICZEŃ PARAMETRÓW LINIOWYCH WZMACNIACZY O MOCY
DO 100W W PAŚMIE 1-30 MHZ WYNIKAJĄCYCH Z WŁAŚCIWOŚCI
TRANZYSTORÓW MOCY I ELEMENTÓW BIERNYCH - inż. Adam Bartosik**

- 2. Stabilizing Mosfet Amplifiers. Polyfet Rf Devices - S. K. Leong**
- 3. VHF POWER AMPLIFER. By Chris Trask, N7ZWY - QEX mar/apr 2005**
- 4. EB-104**
- 5. AN 10858**
- 6. Materiały firmy Semelab PLC**
- 7. Get 1.5 kW from a New RF MOSFET: A Legal Limit HF Linear, Tokyo Style
Toshiaki Ohsawa, JE1BLI, and Nobuki Wakabayashi, JA1DJW QEX sep/oct 2006**
- 8. AR 347**