

Det ses heraf, at man opnår den laveste virkningsgrad ved den mindste belastning, og omvendt opnås den største virkningsgrad ved den største belastning. Dette skyldes, at koblingstabene er uafhængige af belastningen, mens ledetabene er proportionale. Yderligere går der nogen effekt tabt i gatekredsløbet - specielt i PNP-drivertransistoren.

Dynamisk belastning

Reguleringssystemet fungerer rimeligt hurtigt. Det tager ca. 20 ms at regulere spændingen ind under 50 mV-grænsen, hvis man skifter mellem min og max belastning. Det maksimale spændingsudsving aflæses til at være 200 mV. Man kan endvidere se, at der ikke er oversving på reguleringssystemet. Dette er ikke uventet, idet det er designet lidt sløvere end optimalt.

Ripple

Ved fuld belastning aflæses ripplen på udgangsspændingen på oscilloskopet. Der er både en 40 kHz ripple fra kontaktkredsløbet, samt en 100 Hz ripple

fra den ensrettede netspænding. Resultatet af disse målinger er:

$$100 \text{ Hz ripple : } \Delta U_o = 10 \text{ mV (max.)}$$

$$40 \text{ kHz ripple : } \Delta U_o = 40 \text{ mV (max.)}$$

Heraf ses, at ripplen lige netop holder sig indenfor den specificerede 50 mV grænse.

Efterskrift

Det er en god idé at isolere kølepladen fra FET og diode, idet spændingsforsyningen eller vil fungere udmærket som en 40 kHz sender. Den elektriske isolation vil medføre en større termisk modstand, hvorved kølepladen skal være lidt større.

Er du blevet nysgerrig, eller er du utilfreds med at nogle af formlerne mere eller mindre er grebet ud af den blå luft, kan du kigge i noten "Magnetiske kredse og Effektelektronik" udgivet af Laboratoriet for Industriel Elektronik, Danmarks Tekniske Højskole. Den koster ca. 200 kr, og der er det hele gennemgået i større detaljer.

OZ

HF Strøprobe

Af OZ7TA Jørgen Kragh, Forelvej 25, 3450 Allerød

1. Indledning

I denne lille artikel beskrives en strøprobe til måling af HF strømme op til 10 A ved frekvenser op til 60 MHz.

Måling af HF strøm er især vigtigt, hvis man bygger antennenetunere og skal sikre at tuneren afleverer effekten til antennen. Dette kan normalt ikke gøres med et effektmeter mellem tuner og antenne, da impedansforholdet her som regel ikke er 50 Ω, men et eller andet mystisk. Det eneste, der kan anvendes til at måle et sådant sted, er faktisk et HF amperemeter.

Amperemeter til HF kan udføres på flere måder, eksempelvis som termokorsinstrumenter eller som strømtransformatorer. I dette tilfælde er der valgt at anvende en strømtransformator i forbindelse med et HF mV-meter.

HF mV-metre har været beskrevet i OZ talrige gange, se f.eks. litt. 1, men er man ikke interesseret i en absolut kalibrering, kan mV-metret sagtens erstattes af en almindelig HF probe.

2. Virkemåde

I fig. 1 er vist principdiagrammet af strøproben

I den ledning hvor strømmen skal måles indskydes en strømtransformator. Denne har på sin indgangsside 1 vinding og på sin udgangsside N vindinger. Strømmen fra primærsiden bliver altså nedtransformeret med en faktor N.

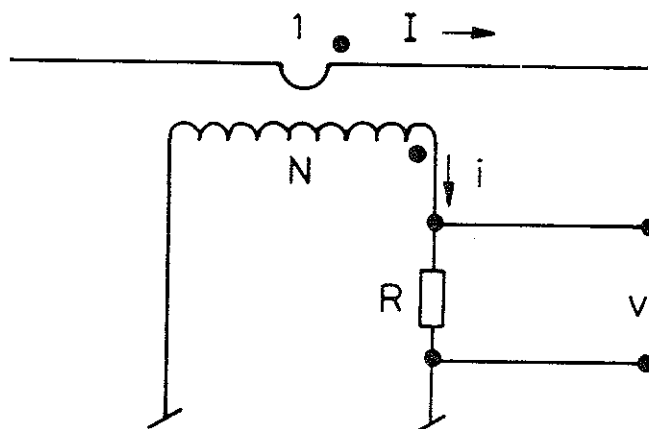


Fig 1

Sekundærsiden af transformatoren er belastet med modstanden R, hvad der er meget vigtigt. En strømtransformator skal altid være belastet, idet den ellers brænder af, d.v.s. spændingen over den bliver så stor, at kernematerialet ødelægges.

Fra fig. 1 får vi:

$$i = \frac{I}{N} \quad (1)$$

$$v = R \cdot i = \frac{R \cdot I}{N} \quad (2)$$

Hvad der umiddelbart kan omskrives til:

$$I = \frac{N \cdot v}{R} \quad (3)$$

Vi ser at når vi kender R og N, kan vi beregne I ud fra måling af v.

Anvender vi nu mV-metret fra litt. 1, har dette modstanden R indbygget. Denne er da fastsat til 50 Ω. Ulempen ved at anvende mV-metret fra litt. 1 er, at det er kalibreret i dBm, altså i effekten afsat i modstanden R. Der må altså regnes lidt mere:

Kalder vi nu effekten afsat i R for P, får vi da:

$$P = \frac{v^2}{R} \quad (4)$$

Heraf finder vi let v:

$$v = \sqrt{P \cdot R} \quad (5)$$

Ved at kombinere (3) og (5) finder vi da:

$$I = \frac{N \cdot v}{R} = \frac{N \cdot \sqrt{P \cdot R}}{R} = \sqrt{\frac{N^2 \cdot P}{R}} \quad (6)$$

Idet R = 50 Ω, og vi sætter N = 25, får vi da:

$$I = \sqrt{12,5 \cdot P} \quad (7)$$

Vi har nu et simpelt udtryk, som giver sammenhængen mellem effekten aflæst på mV-metret og strømmen i ledningen

3. Dimensionering af transformator-kernen

Da transformatoren skal vikles på et magnetisk materiale, er det nødvendigt med nogle få overvejelser over denne

Som kernemateriale har jeg valgt en ferrit fra Philips med betegnelsen 4C6; denne ferrit, der har en μ_r på 100 og også fås fra Ferroperm under betegnelsen Permax 56, dækker erfaringsmæssigt hele HF området og den laveste del af VHF området

Som et første gæt vælges en toroidkerne med dimensionerne:

$d_{\text{ydre}} : 14 \text{ mm}$
 $d_{\text{indre}} : 9 \text{ mm}$
 højde : 5 mm

Da det er afgørende, at kernen ikke går i mætning, når der går strøm i transformatoren, skal den maximale induktion beregnes.

Induktionen B i kernen er givet ved:

$$B = \frac{V}{\omega A_j N} \quad (8)$$

Hvor V er spændingen over kernen, N vindings-tallet og A_j kernearealet. Indsættes (2) nu i (8) har vi sammenhængen mellem strømmen i primærsiden og induktionen:

$$B = \frac{R \cdot I}{\omega A_j N^2}$$

Sætter vi nu I til max 10 A RMS, d.v.s. en spids-værdi på 14,1 A, kan vi umiddelbart finde den maximale induktion:

$$\hat{B} = \frac{50 \cdot 14,1}{1,6 \cdot 10^6 \cdot 2 \pi \cdot 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 625} T = 8,5 \text{ mT}$$

En induktion på 8,5 mT er langt under den maximale induktion for dette kernemateriale, som ligger omkring 250 mT. Vi ser altså let, at kernen er stor nok.

4. Den praktiske opbygning

Vi har fastlagt, at transformatoren skal have 1 vinding på primærsiden og 25 vindinger på sekundærsiden. Strømtransformatoren er konstrueret ved at vikle 25 vindinger lakisoleret tråd på kernen og så med passende isolation trække kernen på ledningen. I mit tilfælde er hele herligheden så bygget sammen i en lille aluminiumsæske forsynet med to PL stik til forbindelse til primærsiden og forsynet med et BNC stik til forbindelse til mV-metret.

Anvendelsen af PL stik til primærsidens forbindelser har den fordel, at inderlederen i PL stik passer til 4 mm bananstik, således at det er let at tilslutte proben til en trådanterne ved hjælp af to bananstik

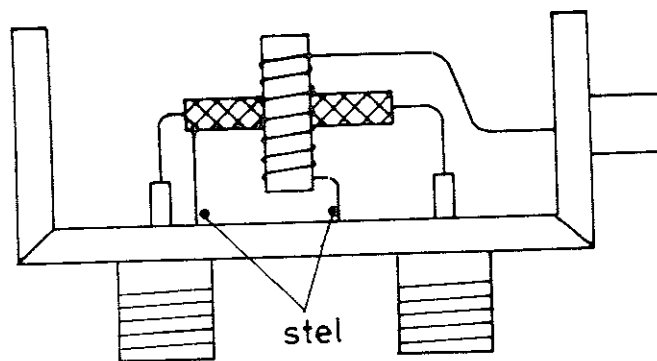


Fig. 2

I fig. 2 er vist en skitse af opbygningen, og fig. 3 og fig. 4 viser proben set hhv. fra siden og ovenfra. For at formindske den capacitive kobling mellem primær- og sekundærsiden er der indskudt en statisk skærm; formindskelse af den capacitive kobling udvider det anvendelige frekvensområde ganske betydeligt. Husk, skærmen kun skal jordforbindes i den ene ende, ellers virker det ikke ret godt!

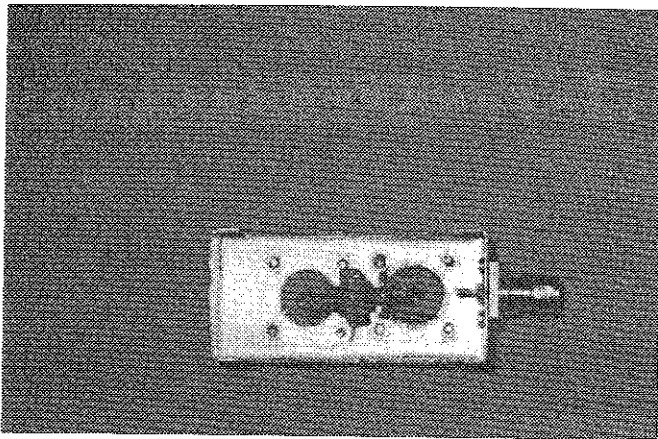


Fig. 3 Strømprøbe set nedefra

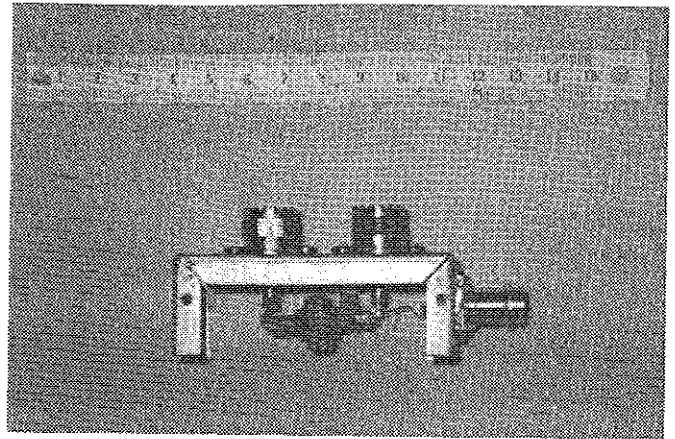


Fig. 4 Strømprøbe set fra siden.

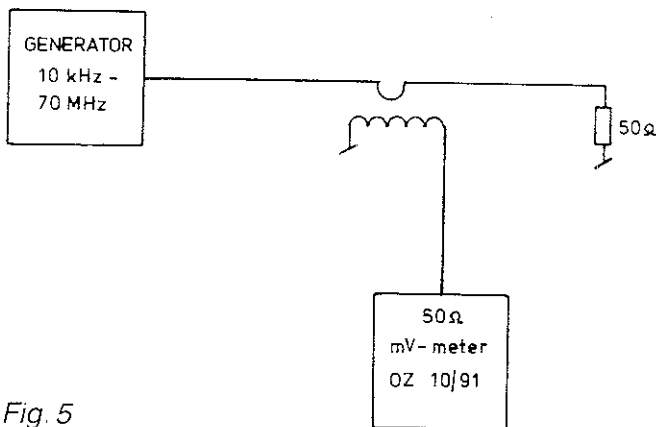


Fig. 5

5. Resultater

Det spændende punkt kommer, når man er færdig med at bygge og skal til at se om det man har bygget nu også virker. Transformatoren er afprøvet i en opstilling som vist på fig. 5. Signalgeneratoren afgiver et signal på 120 dBμ V i 50 Ω, hvad der giver en strøm I på 20 mA. Ved at måle effekten og benytte (7) kan vi få en idé om probens ydeevne

I tabel 1 er vist de opnåede resultater.

Frekvens	Målt effekt	Beregnet strøm
1,6 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
3,5 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
7 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
10 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
14 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
21 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
25 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
30 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
40 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
50 MHz	- 16 dBm	17,7 mA
60 MHz	- 17 dBm	15,8 mA
70 MHz	- 17 dBm	15,8 mA

Tabel 1. Resultat

Det ses, at strømprøben viser ca 1 dB for lidt strøm i forhold til, hvad den burde vise. Tages imidlertid usikkerheden på dels strømmen på 20 mA og dels på mV-metrets kalibrering og aflæsesikkerhed i betragtning, synes resultatet at være tilfredsstillende.

De ses at strømprøben kan bruges op til omkring 60-70 MHz, hvorefter den vil begynde at afvige for stærkt. I øvrigt er det vel næppe særlig interessant at måle HF strømme over disse frekvenser, idet radioamatører på VHF og højere oppe altid arbejder i 50 Ω omgivelser, eller hvad?

6. Afslutning

I denne lille artikel er beskrevet en HF strømprøbe, som er et nyttigt værktøj ved konstruktion af antennenetunere samt generelt ved måling af effekt i systemer med en impedans der afviger fra 50 Ω, typisk trådentenner der fødes via en antennenetuner. Strømprøben er dimensioneret til maksimalt 10 A, hvad der gør den stor nok til de her i landet forekommende effekter. Probens beskedne mekaniske dimensioner gør imidlertid, at der skal udvises lidt omtanke, hvis der måles i antennesystemer med høj spænding i forhold til omgivelserne. I så fald bør prøben og den tilhørende indikator anbringes isoleret. Spændingsforskellen mellem probe og den ledning, der måles på, bør i den foreliggende konstruktion af hensyn til overslag ikke overstige 1 kV.

De opnåede resultater viser, at prøben op til 60 MHz udviser stor frekvensafhængighed, og de målte resultater ligger inden for 1 dB fra de teoretiske værdier.

Tilbage er så kun at ønske god byggelyst

Litteratur:

Kragh: et 50 Ω HF mV-meter, OZ nr. 10, 1991.

OZ