

Antena magnetică și curentul de mod comun.

YO4UQ - Cristian Colonati

*MOTTO: Poezioară pentru nepoței,
Nu contează că ești mic
Dacă te pricepi un pic,
Nu contează înălțimea
Ci contează istețimea!*

Motto-ul nu se referă la persoane ci la "antena magnetică" care chiar dacă este mică, din punct de vedere al dimensiunilor, posedă o serie de proprietăți care o fac deosebită. În literatura noastră tehnică promovată de-a lungul anilor în YO s-a vorbit destul de puțin documentat despre "curentul de mod comun" și efectele nocive ale acestuia atât la recepție cât și la emisie. De asemeni în literatura noastră s-a spus și foarte puțin despre evaluarea cantitativă, măsurarea curentului de mod comun.

O descriere exhaustivă și pe înțelesul tuturor a fenomenului și consecințelor sale atât la recepție cât și la emisie este făcută de către YO8CRZ – Florin în cartea sa "RADIOTEHNICĂ – Teoretică și Practică" (partea III-a cap.2.2, pag.292 la 315). O sinteză remarcabilă din care se pot extrage soluții pentru ameliorarea funcționării unei stații de radioamator.

Analizând cu atenție aceste capitole și cunoscând impactul negativ pe care îl au unii dintre distinșii noștri colegi de hobby din YO cu vecinii, din cauza perturbațiilor de RF, considerăm că este util să aducem la cunoștință elemente care pot să contribuie în continuare la ameliorarea funcționării stațiilor de emisie recepție. Preocupările pentru funcționarea unor antene magnetice, în spațiile limitate de care dispunem în citadin, au determinat experimentarea și aplicarea soluțiilor propuse pentru măsurarea și diminuarea curentului de mod comun și pentru acest tip de antene.

Scurte afirmații.

- În mod natural antenele magnetice de HF sunt antene de bandă îngustă, de regulă de la câțiva kHz la zeci de kHz, constituind filtre native de RF atât la recepție, cu un bun raport S/N, cât și la emisie prin eliminarea armonicilor.
- Sunt două moduri uzuale de alimentare pentru antenele magnetice și anume: alimentarea nesimetrică Γ (gamma), care ca orice alimentare nesimetrică a unei antene este generatoare de curenți de mod comun în cablul coaxial de alimentare și alimentarea prin buclă Faraday, care este o alimentare prin cuplaj inductiv și care este mult mai puțin nocivă din pdv al generării curenților de mod comun.
<http://www.radioamator.ro/articole/view.php?id=952>
- Funcționarea, fără perturbații locale cu antenele magnetice instalate pe balcon, a determinat interesul pentru analiza fenomenului și măsurători ale curentului de mod comun pentru acest tip de antene.
- Pentru cei mai puțin avizați, referințe teoretice cu privire la curenții de mod comun, așa numitul "common mode", se pot găsi în toate "Antenna BOOK " sau "Hand BOOK" precum și explicații detaliate în [1].

Propuneri de analiză.

În prezenta expunere ne vom axa în principal pe soluțiile de măsurare a curentului de mod comun precum și altor curenți de RF nedorți. Vom vedea aparatura extrem de simplă cu care se pot măsura curenții de mod comun dar și scurgerile de RF prin rețeaua de alimentare fără filtre, care radiază, scurgerile în conductorii de masă, precum și cei din contragreutățile de $\lambda/4$ montate pentru anularea tensiunilor de RF de pe șasiul emițătorului (pământul virtual). Se poate astfel determina și gradul de diminuare a curenților de mod comun după instalarea balun-urilor de curent, simetrizări, decuplări, conectări la masă. Va fi posibilă orice măsurătoare de curent de RF care apare pe un conductor.

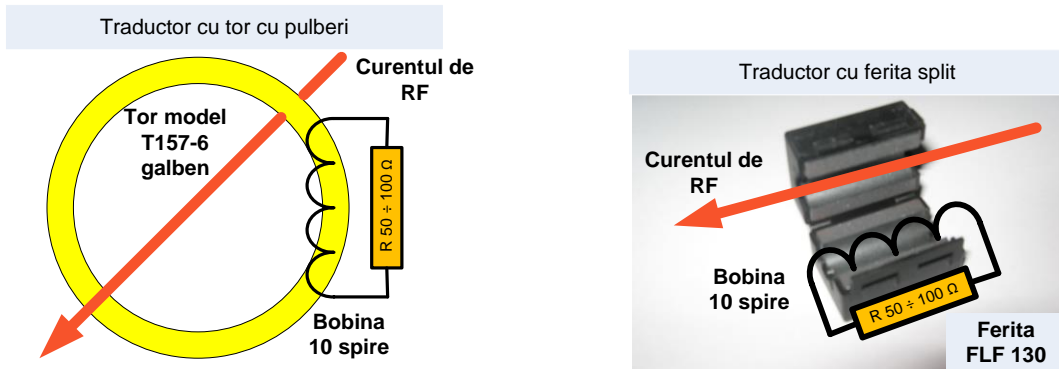
Vom trata următoarele soluții de măsurare:

- Cu un osciloscop
- Cu o sondă de RF, măsurătoare calitativă
- Cu o schemă de detecție fără calibrare, măsurătoare calitativă
- Cu o schemă de detecție calibrată, măsurătoare cantitativă

Încercăm să dăm toate detaliile de realizare pentru echipamentul de măsură de către orice radioamator, fie el chiar începător, cu care să poată evalua calitativ și/sau cantitativ curenții "vagabonzi" și să încerce să elimine efectele nocive ale acestora.

Construcția traductorului de bază.

- Traductorul de bază, care face prelevarea semnalului de măsurat, este construit dintr-un transformator de RF realizat cu un tor de pulberi sau cu o ferită split. Principiul de captură a semnalului de RF este prezentat în figura alăturată.



- Pentru TOR se utilizează T157-6 sau T150-2 cu pulbere de fier. Torul este ales ca prin gaura lui de 24mm să treacă conectorul PL239 al cablului coaxial de măsurat care are diametrul de 18mm și să încapă și bobinajul de 10 spire (0,6mm) izolate PVC sau teflon. Materialul #6 adică tor galben este optim în frecvențele $2 \div 40\text{MHz}$.
- Pentru ferita split (clamp) este practic utilizabilă orice ferită folosită pentru RFI. Ferita split este de tipul RFI FLF130 cu gaura de 13mm pentru a lăsa loc de bobinajul celor 10 spire. Prospectul feritelor split de tip FLF este anexat. Ele sunt folosite cu succes și pentru șocul de atenuare a curentului de mod comun model W2DU. YO8CRZ folosește o ferită Fair-Rite 0443164151.
- Bobina este realizată din 10 spire cu sârma de 0,6 izolată cu PVC sau teflon.
- Rezistența pe care se culege tensiunea de RF generată de transformatorul de curent este între 50 și 100 de ohmi la putere de 1 watt. Literatura spune că rezistența de 100 ohmi asigură o mai bună linearitate în frecvență la schemele de măsură cu etalonare (cantitative).

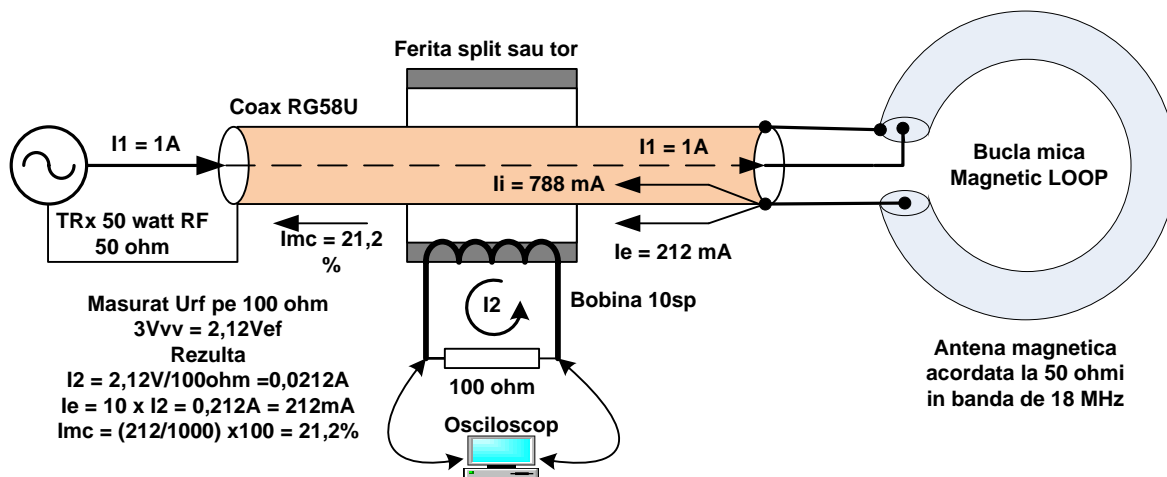
Cum lucrează?

- Traductorul, un transformator de curent, are în primar un singur conductor (1 spiră) prin care trece curentul de RF de măsurat. În secundar sunt bobinate 10 spire. Raportul de transformare pentru curentul de RF este de 1:10. Un exemplu pentru un curent în primar $I_{\text{p}} = 1\text{A} = 1000\text{mA}$ avem în secundar $I_{\text{s}} = 0,1\text{A} = 100\text{mA}$. Curentul secundar (ca orice transformator de curent) se închide pe o rezistență R, în cazul nostru de $R = 100$ ohmi și la bornele căreia se dezvoltă o tensiune de RF $U_{\text{rf}} = 0,1 \times 100 = 10\text{V}$ sau $\approx 14\text{V}$. La orice variație a curentului din primar se modifică și tensiunea U_{rf} .

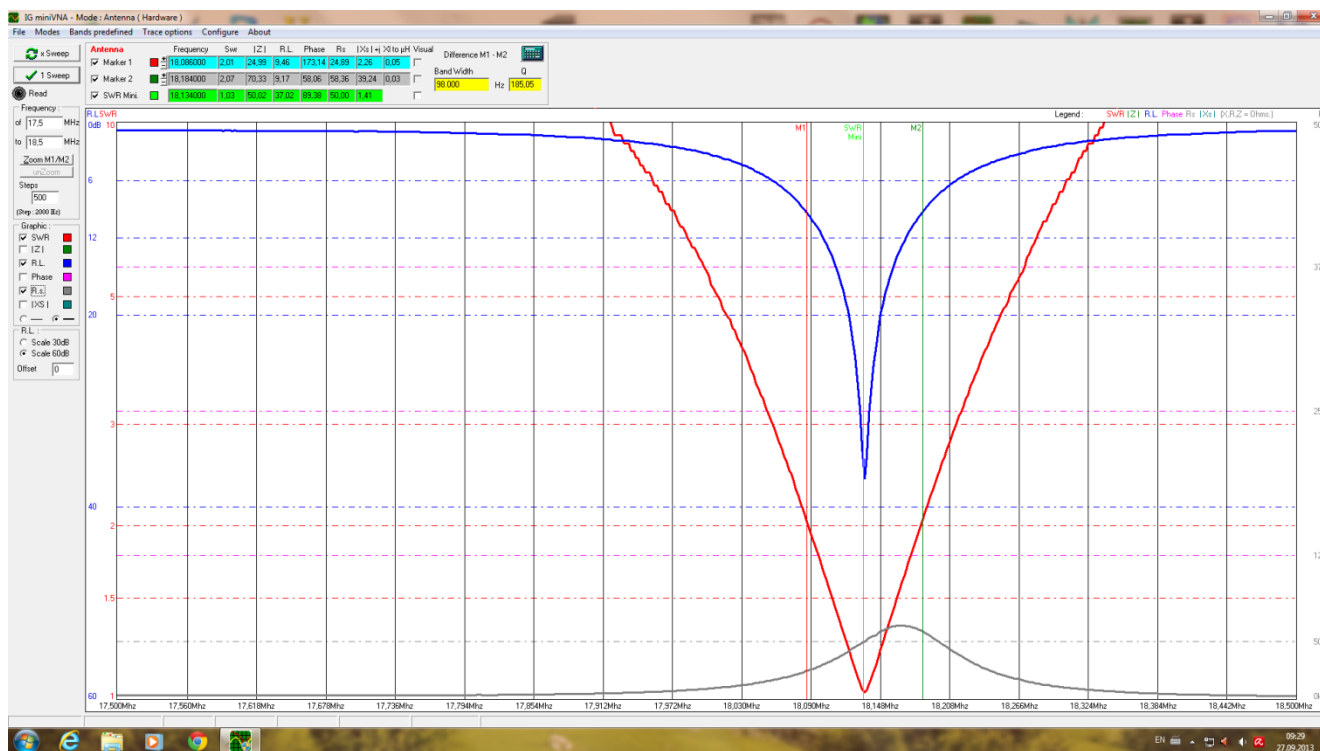
Cum se măsoară?

- Se vor prezenta următoarele categorii de măsurători:
 - a. Măsurătoare directă în RF.
 - b. Măsurători cu sondă de RF.
 - c. Alte scheme de măsură cu detecția (redresarea) semnalului de RF, cu sau fără etalonare.
- a. Pentru categoria măsurătorii directe a tensiunii de RF generată pe rezistență s-a folosit un osciloscop care acoperea frecvențele interesante pentru benzile de radioamatori (tks Lucian YO3AXI pentru punerea la dispoziție a osciloscopului). Schema de măsură și rezultatele obținute se pot vedea în schema alăturată. Este utilă o sumară descriere și un comentariu. S-a acordat antena magnetică de cu $D=1,1\text{m}$ care acoperă benzile 14 la 21 MHz în banda de 18MHz și s-a reglat bucla Faraday pentru cel mai bun raport de unde staționare de 1:1,03. Se vede și în captura de ecran atașată unde parametrii de acord au ajuns la $|Z|=50,03$ ohmi, $R_s=50$ ohmi iar $|X_s|=1,41$. În aceste condiții s-a setat puterea din transceiverului FT450 la 50 watt știind că în acel moment prin cablul coaxial va circula un curent de 1A. Cu traductorul cu ferita split montat pe coaxial și osciloscopul conectat cu sonda la rezistența de 100 de ohmi s-a citit amplitudinea tensiunii de RF pe ecran. Calculele sunt prezentate chiar în schema de măsură atașată. S-a determinat curentul de mod comun la valoarea de $I_{\text{cm}}=212\text{mA}$ adică 21,2%. Pentru acest tip de măsurătoare, la o antenă magnetică care este extrem de aproape de

sistemul de măsură la 2 ÷ 3m pe un cablu coaxial de cca. 5m există suspiciunea unor curenți de RF induși direct pe tresă și pe sondele de măsură. Din această cauză măsurătoarea s-ar putea să fie ușor eronată. La o antenă magnetică situată la distanță sau alte tipuri de antene amplasate corespunzător măsurătoarea este valabilă.



Schema de principiu pentru masurarea curentului de mod comun la o antena magnetica



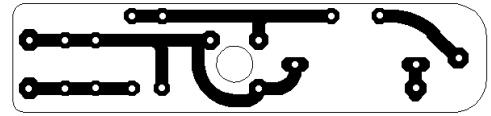
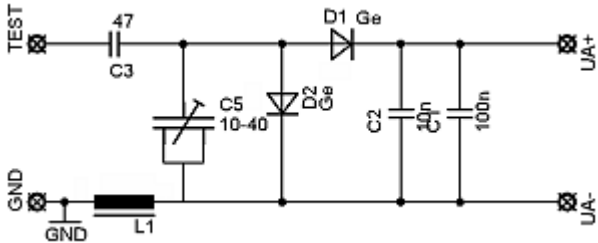
În captura de ecran afișată se văd și ceilalți parametri interesanți, adică o lărgime de bandă de 98kHz și un factor de calitate de 185 și pierderi de retur de -35dB.

b. Pentru măsurători cu detecția semnalului se pot folosi sondele de RF – radio frecvență. Sondele pot fi industriale, realizate pentru diferite game de frecvențe și cu erori de măsură controlate, de regulă sub 5%, dar ele pot fi foarte bine făcute și în regim de amator, în scopul de a determina aspectul calitativ al existenței curentului de mod comun la suprafața cablului coaxial sau curenți “vagabonzi” pe alte conductoare din configurația stației.

Liviu - YO5QCD ne propune o schemă foarte simplă la care atașează și PCB-ul pentru realizarea unei sonde de RF pentru măsurători calitative.

<http://www.qsl.net/yo5qcd/fieldmeter.htm>.

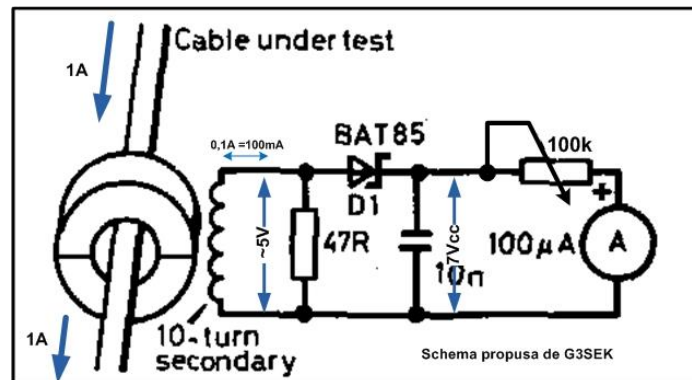
În nota autorului se spune: acesta nu este un voltmetru de radiofrecvență. Indicațiile sunt imprecise și depind destul de puternic de frecvență. Montajul este însă foarte util pentru a semnaliza prezența și nivelul relativ al radiofrecvenței atunci când dorim să obținem un minim sau un maxim acționând diverse relee. Prezentăm numai schema restul detaliilor sunt în site.



Pentru cei interesați se găsesc pe Internet o sumedenie de scheme pentru sonde de RF, mai simple sau mai complicate. Le puteți găsi pe toate dând o căutare cu “RF probe” și selectând “imagini”.

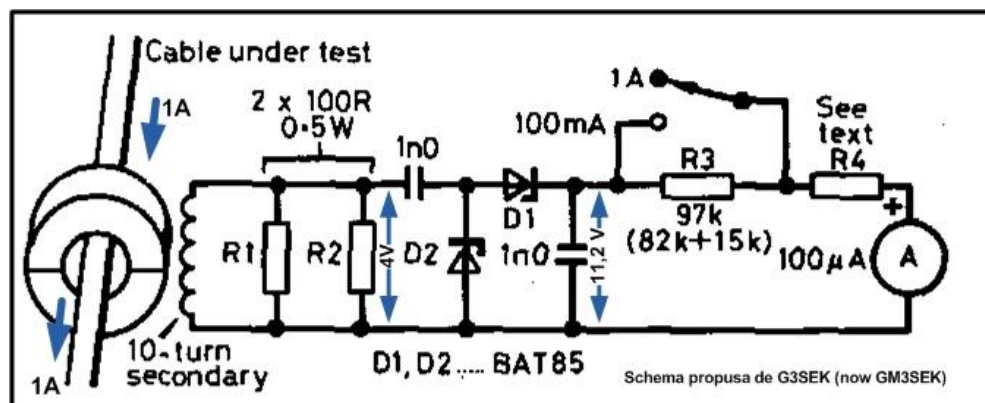
<https://www.google.ro/search?q=schematics+RF+probe&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=os2GU6mHN4Wv7Qadm4GwCg&ved=0CEAQsAQ&biw=1920&bih=850&dpr=1>

- c. **O schemă cu detecția semnalului fără calibrare** este prezentată de către G3SEK (acum GM3SEK). Schema foarte simplă este destinată măsurătorilor calitative pentru determinarea existenței curenților de RF pe diverse conductoare din stație. Evident că se poate pune în evidență și curentul de mod comun existent pe cablul coaxial care alimentează antena.



- Traductorul este un transformator de curent realizat cu o ferită split bobinată cu 10 spire închisă pe o rezistență de $47 \div 50$ ohmi.
- Detecția cu diodă Schottky BAT85 pentru asigurarea sensibilității la niveluri mici de tensiune. Pot fi utilizate și diode de RF cu germaniu.
- Reglajul sensibilității la μA -metrul de $100\mu A$ se poate realiza cu un potențiomtru “nasture” de $50 \div 100k\Omega$ sau chiar cu o rezistență fixă de valoare potrivită astfel încât să nu stricați μA -metrul dacă se măsoară curenți primari de până la 1A ($1A \approx 70k\Omega$, $0,5A \approx 35k\Omega$, $0,1A \approx 7k\Omega$, $50mA \approx 3,5k\Omega$).

A doua schemă cu detecția semnalului de RF și calibrare propusă de G3SEK este prezentată în continuare. G3SEK face mai mute comentarii privind această schemă.



- Traductorul este un același model de ferită split pe care sunt bobinate 10 spire terminate pe o sarcină de 50Ω formată din două rezistențe de $100\Omega/0,5W$ în paralel.
- Datorită funcționării în regim de RF cu neliniaritate și unele pierderi inerente raportul de transformare pentru curent nu este de 1:10 în toată plaja de frecvențe. La 14 MHz și 1A eficace în

circuitul primar s-a obținut în secundar numai 80mA care prin sarcina de 50 ohmi a dat o tensiune de 4V eficace.

- Detecția este făcută cu un redresor cu dublare de tensiune format din două diode Schottky BAT85 (pot fi și diode cu germaniu). Tensiunea obținută la intrarea către μ A-metru va fi de 2,8 ori mai mare, adică de aproape 11,2V.
- În aceste condiții pentru ca la un curent primar de 1A (50 watt pe o sarcină de 50 ohmi) să menținem la aparatul de măsură un maximum de 100μ A avem nevoie de o rezistență serie de aproximativ $112k\Omega$. Schema este făcută cu un comutator care să scurtcircuiteze o parte din rezistența serie atunci când prin circuitul primar nu mai trece 1A ci numai $0,1A = 100mA$, adică o valoare rezonabilă și admisibilă a curentului de mod comun de numai 10% din curentul principal. În locul grupului de rezistențe se poate monta un potențiomtru de $100 \div 150k\Omega$ care se scurtcircuitează cu comutatorul și în plus o rezistență adițională R4 aleasă prin tatonări funcție de μ A-metrul folosit în cazul etalonării la cap de scală pentru un curent primar de $0,1A$ (5 watt pe o sarcină de 50 ohmi). După cum vom vedea etalonarea se face cu ajutorul unei sarcini artificiale.

<http://www.ifwtech.co.uk/g3sek/clamp-on/clamp-on.htm>

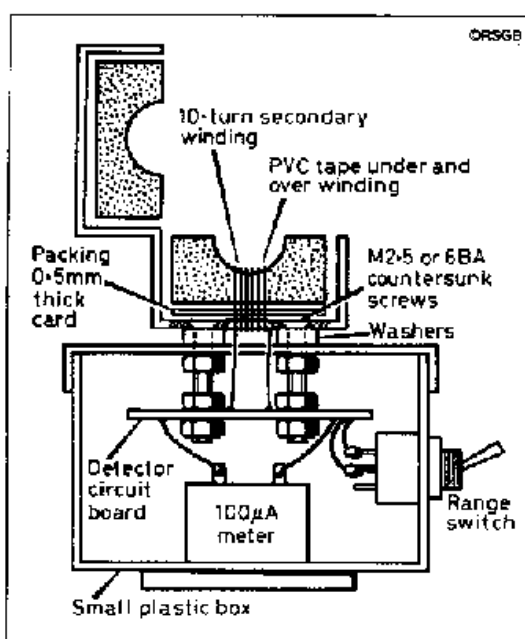
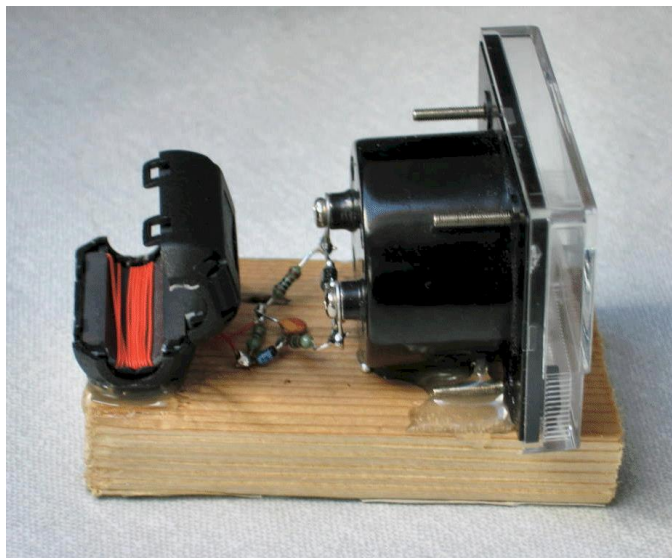
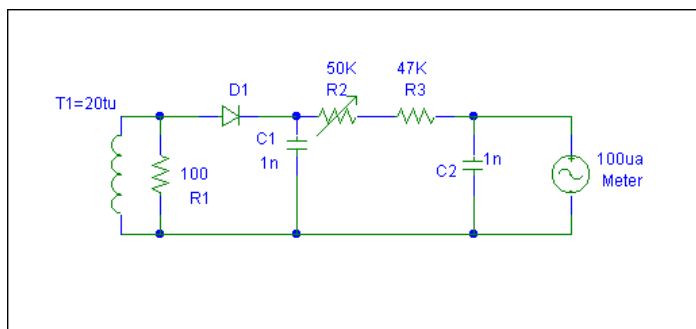


Fig 4: Suitable layout using a plastic box.

Propunere de realizare practică din partea lui GOSNO



O propunere pentru un măsurător de RF cu traductor toroidal este făcută de W8JI cu o soluție de redresare simplă. Schema este dată alăturat unde torul este un T150-2 bobinat cu 20 de spire care se închid pe o rezistență de 100 de ohmi.



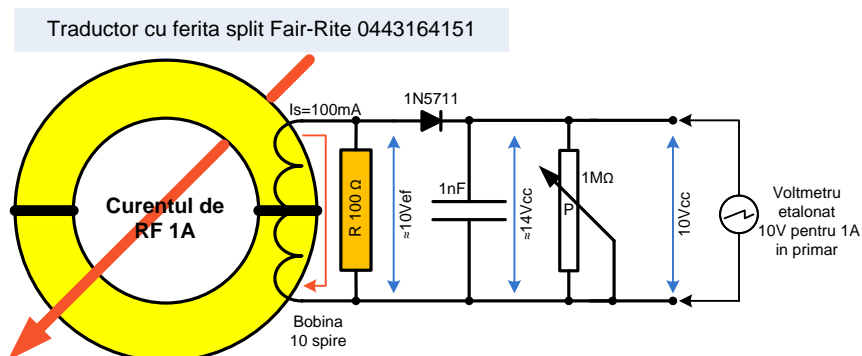
Rezistența de 100 ohmi a dat un răspuns aproape uniform în banda $1,8 \div 30$ MHz. Se obțin 5Vef pentru un curent primar de 1A pe rezistența de 100 ohmi. Raportul de transformare este de 1:20 adică se obține în secundar pe rezistență un curent de numai 50mA. După detecție se obțin cca. 7Vcc. Pentru a asigura la aparat cei $100\mu\text{A}$ avem nevoie de o rezistență de $70\text{k}\Omega$ sau reglajul cu un potențiomertu nasture de $100\text{k}\Omega$.

Fotografia autorului arată montajul compact, cuplat, al torului și μA -metrului. Realizarea permite trecerea prin gaura torului coaxialului de alimentare antenei împreună cu conectorul PL239 de $\Phi 18\text{mm}$.



http://www.w8ji.com/building_a_current_meter.htm

În cartea sa, YO8CRZ – Florin, la pagina 309 propune o construcție similară realizată pe o ferită split model Fair-Rite 0443164151 și o schemă de detecție mono alternanță.

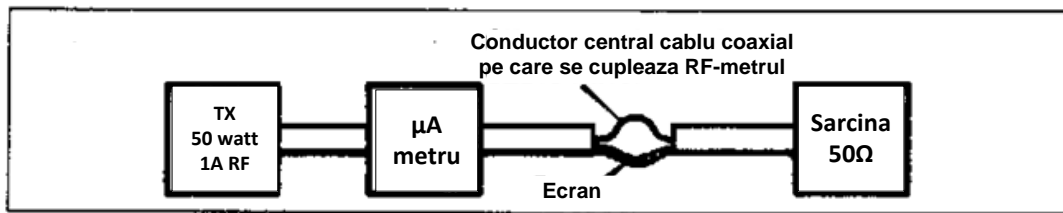


Ferita split – model Fair-Rite 0443164151 – material 43&44 [25-300MHz] [90Ω/10MHz, 156Ω/25MHz]
 Nota: pentru un curent de 0,1A in primar adica 10% pentru Icm indicatia voltmetrului este de 1V

Realizarea prezentată în schemă alăturată este foarte simplă. Ea a fost descrisă în carte dar fără să i se publice schema. Măsurarea curentului de mod comun sau al oricărui alt curent “vagabond” din circuitele de RF este tradusă la ieșire într-o tensiune. Măsură tensiunii se face cu un voltmetru cu afișaj numeric de laborator fără a mai fi nevoie de un aparat propriu (μA -metru).

Etalonarea.

Pentru calibrarea montajelor de măsură pentru curenții de RF se realizează montajul sugerat în schema alăturată. În montaj se realizează o inserție pe cablul coaxial care placă de la transceiver către sarcina artificială a unui montaj realizat cu două mufe mamă SO239 spate în spate, conectate pe central cu un segment de sârmă de cca. 4 ÷ 5cm iar masa mufelor care asigură continuitatea cablului coaxial se leagă cu un segment de platbandă subțire sau tablă preferabil de cupru.



Schema de principiu pentru etalonarea unui ampermetru de RF

Se injectează din TX 50 watt pe rezistența de sarcină artificială de 50 ohmi, moment în care pe centralul coaxialului circulă un curent de 1A valoare eficace. Se cuplează traductorul de RF, tor sau ferită, pe centralul coaxialului și se reglează din potențiometrii până când se obține 100μA pe aparatul de măsură. Se pot reface calculele și chiar montajele pentru rezistențe fixe.

Fotografiile autorului pentru realizarea personală sunt prezentate în continuare. Montajul s-a făcut după schemele lui G3SEK pe un clește "gigant" din material plastic, cu o ferită FLF 130, o cutiuță de material plastic și un μA de mici dimensiuni "bricolat" din "talciocurile" radioamatorilor.

A fost preferată soluția "mobilă" pentru a putea să analizăm curentul de RF în diverse puncte din lungimea cablului coaxial de alimentare precum și alte diverse puncte pe conductorii de alimentare sau în locuri mai greu accesibile.



Structura de etalonare (nu zâmbiți la sarcina artificială... merge foarte bine!)

Scurte concluzii.

- Expunerea detaliată, cu soluții practice, a fost făcută pentru avertizarea radioamatorilor începători (și nu numai) că o parte din aspectele negative ale funcționării unei stații de amator pot fi evitate încă de la început prin măsurători și acțiuni simple și economice de diminuare sau eliminare a perturbațiilor.
- Literatura de specialitate dar și Internetul propun multe măsuri concrete pentru diminuarea curentului de mod comun. Pentru realizarea eficientă a acestui lucru trebuie să facem măsurători și să determinăm "unde" și "cu cât" trebuie, sau am reușit, să realizăm diminuarea.
- Semnalăm un echipament industrial pentru măsurarea curentului de mod comun MFJ854.
- La măsurători trebuie ținut cont de distribuția neuniformă a curentului de RF de mod comun pe tresa cablului coaxial de alimentare a antenei. Măsurătorile vor fi făcute în mai multe puncte în lungul cablului iar feritele de atenuare vor fi montate în primul rând în imediata apropiere a punctului de alimentare al antenei și în punctele de maxim de curent din lungul cablului.
- Pentru informare și o orientare imediată asupra feritelor split utilizate curent la diminuarea curenților de mod comun s-au anexat prezentului material prospectele feritelor FLF (curent comercializate în YO) precum și un scurt extras a celor de la Fair-Rite. Doritorii pot descărca bogatul catalog de ferite de la Fair-Rite pentru analiza și performanțele diverselor poziții de material și formatele dimensionale oferite.
- Cu cât lungimea cablului coaxial este mai mare chiar și un curent de mod comun mic poate cauza perturbații serioase din cauza lungimii de radiație.
- Pragul de acceptabilitate recomandat pentru radioamatori este de 5% din curentul de alimentare. La 100 watt și 2A pe centralul coaxialului un lcm ar fi de 50mA. Peste 10% adică 100mA vor crea probleme.
- Măsurătorile făcute pe antena magnetică de D=65cm din Cu 22mm, pentru benzile de 21 la 28 MHz, alimentată cu buclă Faraday și 14 ferite FLF 501B montate pe cablul RG58 la punctul de alimentare al antenei precum și 10 ferite FLF 501B la ieșirea din emițătorul FT450, cu testerul autoconstruit descris anterior au arătat un curent de mod comun mai mic de 2,5%. Această valoare confirmă eficiența măsurătorilor în vederea combaterii efectelor negative ale curentului de mod comun și adoptarea măsurilor de diminuare a perturbațiilor.
- Anexăm și materialul în format .pdf pentru cei care doresc să-l tipărească.