

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

***Der Netzwerktester ermöglicht bereits in der Grundausstattung Messungen an passiven Baugruppen, wie Filtern, Antennen und dergleichen. Die vom Generator gelieferte Ausgangsleistung liegt dabei im Bereich von 4 dBm.***

***Will man auch aktive Baugruppen wie z.B. einen Antennenverstärker untersuchen, dann wird es notwendig, den vom Generator gelieferten Pegel zu reduzieren, weil sonst der Detektor nicht mehr im zulässigen Bereich arbeitet. Nachstehend eine Baubeschreibung für einen passenden Abschwächer. Die zum FA-NWT gehörige Software ist dafür bereits vorbereitet.***

Ein Abschwächer ist notwendig, wenn Baugruppen gemessen werden sollen, die das vom Generator gelieferte Signal verstärken, wie etwa ein Antennenverstärker. Betrachten wir dazu die im System vorhandenen Pegel:

Der Generator liefert etwa 4 dBm, ein Antennenverstärker bringt je nach Fabrikat und Type 15 bis 25 dB Durchgangsverstärkung. Am Ausgang des Verstärkers wären dann 19 oder gar 29 dBm vorhanden. Der logarithmische Detektor kann aber bei Speisung mit 5 V höchstens 16 dBm verarbeiten und würde bei dem Versuch wahrscheinlich beschädigt.

Um das zu vermeiden, ist es notwendig, die vom Generator gelieferte Leistung so weit zu reduzieren, daß der Detektor im sicheren Bereich arbeiten kann. Außerdem verträgt nicht jeder Antennenverstärker so große Pegel, man würde die Messung womöglich bereits in seinem nichtlinearen Bereich durchführen, was Meßfehler zur Folge hätte. Richtigerweise ist also das Signal in so einem Fall um 30 oder mehr dB abzuschwächen. Genau das macht dieser Abschwächer, der noch dazu über den Rechner steuerbar ist. Genauso gut lassen sich aber auch externe Dämpfungsglieder verwenden.

Der hier beschriebene Abschwächer besteht aus drei Dämpfungsgliedern (10 dB + 20 dB + 20 dB), die nach Bedarf mittels Relais in den Signalweg geschaltet werden können. Es wurden 2 Versionen aufgebaut, die sich durch die Verwendung unterschiedlicher Relaisarten unterscheiden: Bei der ersten und wenig anspruchsvollen Variante kommen Reedrelais in DIL-Bauform mit einem Schließkontakt zum Einsatz, bei der zweiten Variante hingegen richtige HF-Relais mit je einem Schließer und einem Öffner. Die Dämpfungsglieder bestehen bei beiden Varianten aus bedrahteten Metallfilmwiderständen der Größe 7 \* 2,3 mm (10 mm Lochabstand). Damit die Widerstandswerte so gut wie möglich angenähert werden können, sind jeweils zwei Widerstände parallel geschaltet. Die Leiterplatte ist bei beiden Varianten doppelseitig beschichtet und zur Selbstherstellung geeignet. Die Kupferbeschichtung der Bauteilseite dient hauptsächlich als Massefläche.

Die gegen Ende des Beitrages angeführten Meßwerte von Durchgangsdämpfung und Anpassung in Abhängigkeit von der Frequenz zeigen die bei den beiden Varianten zum Großteil durch die Relais bedingten Unterschiede auf. Die Leitungsführung auf den Platinen entspricht auch bei der Variante 2 nicht der reinen Lehre der HF-Technik.

Die Verwendung von SMD-Widerständen hat in diesem Zusammenhang wenig Sinn, weil die von den Metallfilmwiderständen in das System eingebrachten Fehlimpedanzen kleiner sind als jene, die von den Relais und der dadurch bedingten ungünstigen Leitungsführung stammen.

Das Schaltbild zeigt ein weiteres Dämpfungsglied nach dem zweiten 20-dB-Glied. Mit ihm läßt sich der Ausgangspegel des Generators bei direkt durchgeschaltetem Signalpfad so einstellen, daß bei 50 MHz am Ausgang exakt 0 dBm oder ein anderer ganzzahliger Wert geliefert wird. Verbindet man den Abschwächerausgang mit einem kurzen Kabelstück mit dem Detektoreingang, so ist jederzeit eine Prüfung der ordnungsgemäßen Funktion von Generator und Detektor möglich. Dies wird auch bei professionellen HF-Leistungsmessern ähnlich gehandhabt.

Eine Einstellung auf 0 dBm hat den Vorteil, daß die Anpassung an das nachfolgende 50-Ohm-Meßobjekt durch dieses zusätzliche Dämpfungsglied verbessert wird, was der Meßgenauigkeit zugute kommt. Der Verlust von einigen dB an Meßdynamik schränkt die Meßmöglichkeiten des Gesamtgerätes nicht spürbar ein. Wer das nicht will, ersetzt Rb2 durch einen Null-Ohm-Widerstand.

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

### Variante mit Reedrelais

Aus elektrischer Sicht wäre im Durchgangs-Signalfeld auch die Verwendung von nur einem Relais möglich, wegen des schlechteren Übersprech-Verhaltens ist diese Möglichkeit jedoch nicht weiter verfolgt worden. Die finanzielle Ersparnis wäre zudem nur gering.

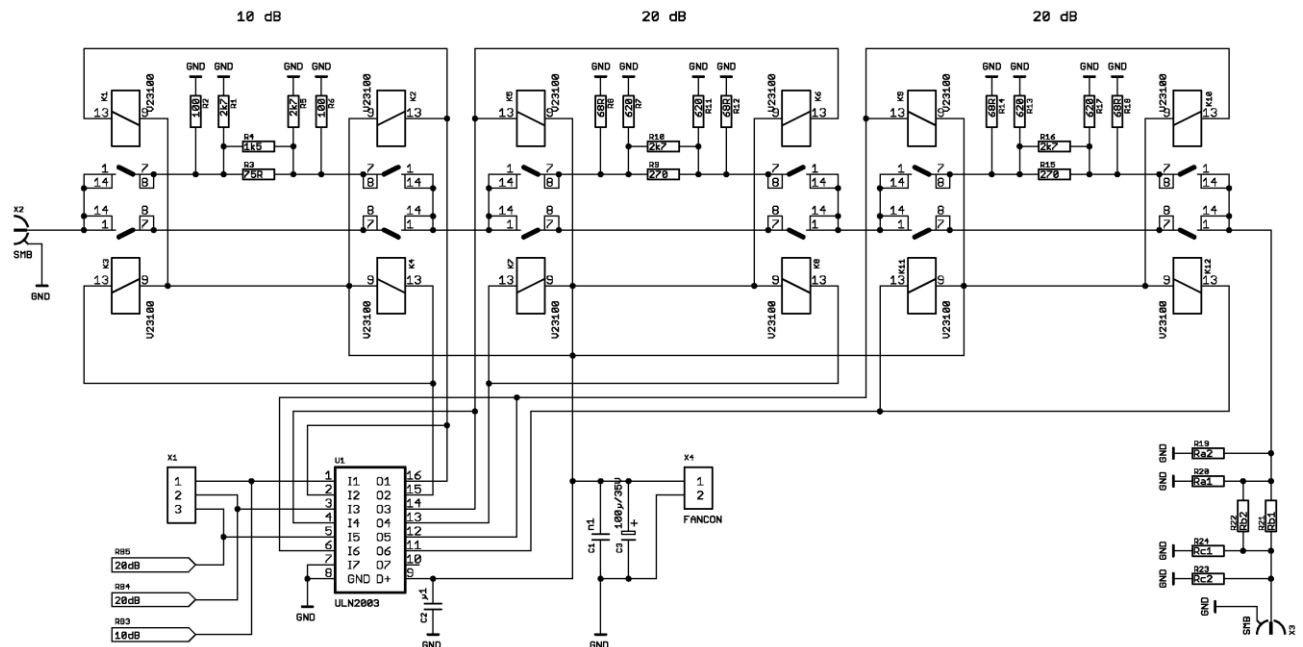


Abb. 1: Schaltbild Var. 1

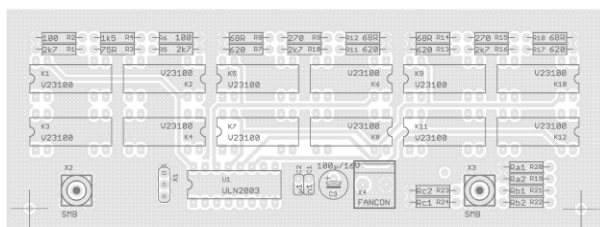


Abb. 2: Bestückungsplan Var. 1 (nicht maßstabgetreu)

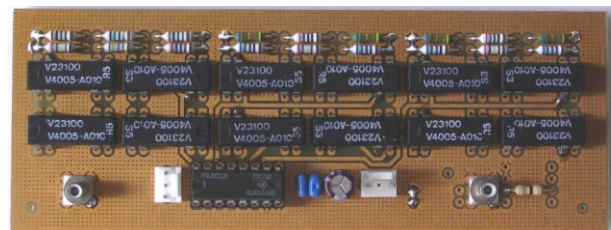


Abb. 3: Fertiger Abschwächer Var 1

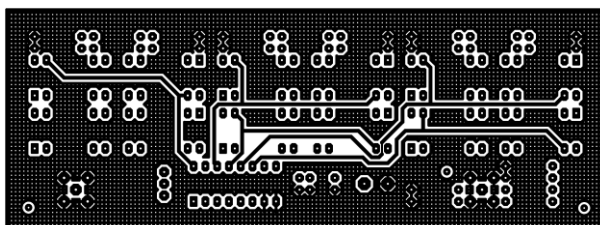


Abb. 4: Leiterplattenoberseite Var. 1 (nicht maßstabgetreu)

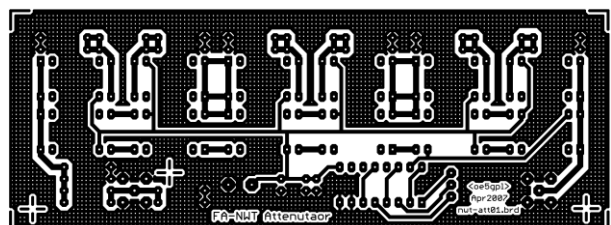


Abb. 5: Leiterplattenunterseite Var. 1 (nicht maßstabgetreu)

Die Abmessungen der Leiterplatte betragen 130\*48 mm, das Material ist FR4 mit 1,5 mm und 2\*35 µm Kupfer.

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

### Variante mit HF-Relais

Wegen der günstigeren Leiterbahnführung sind auch hier die Relais einer jeden Stufe ungleichsinnig angeordnet, wie der Bestückungsplan zeigt. Die Abmessungen der Leiterplatte betragen 100\*56 mm, das Material ist wiederum FR4 mit 1,5 mm und 2\*35 µm Kupfer.

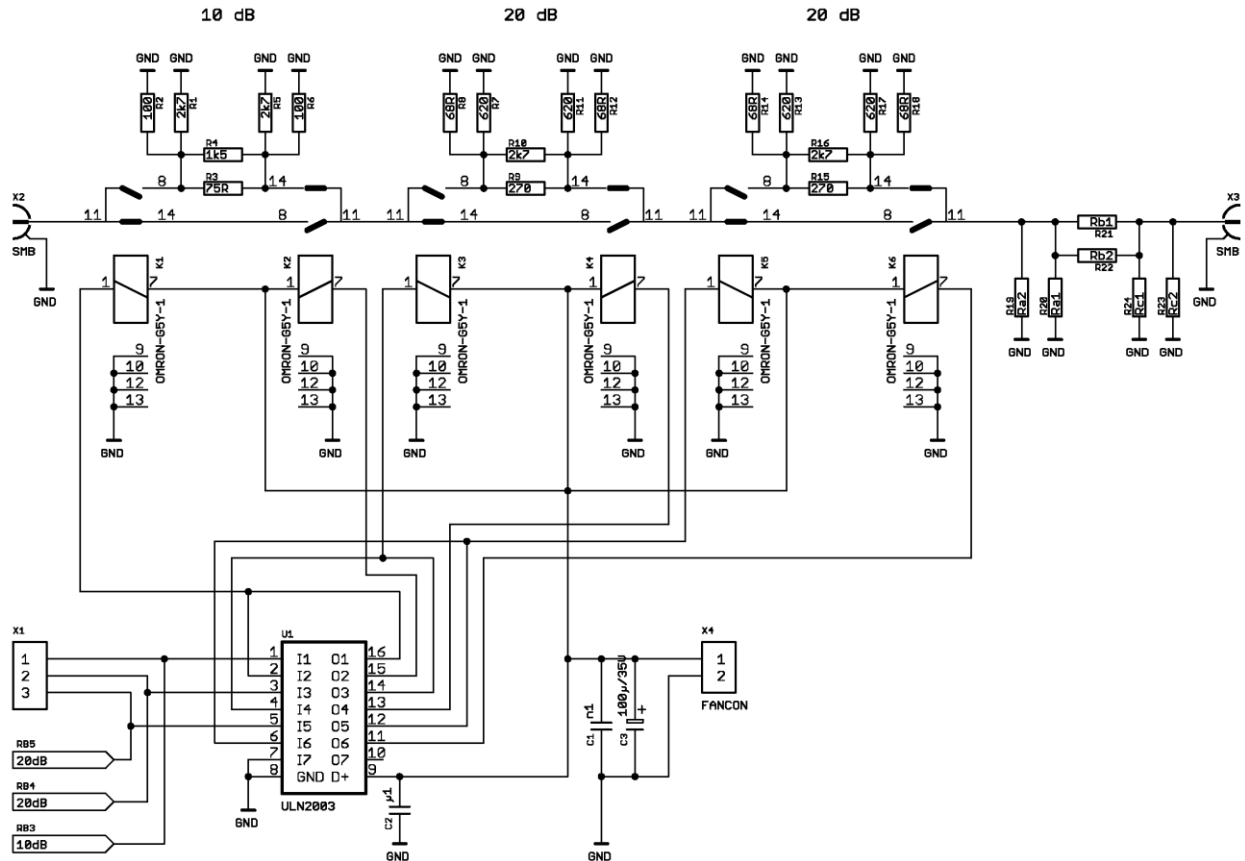


Abb. 6: Schaltbild Var.2

In den Schaltbildern ist keine Betriebsspannung für die Relais angegeben. Die Schaltung ist so gewählt, daß die Spulen der Relais mit einem IC der Type ULN2003 gegen Masse durchgeschaltet werden. Dadurch sind ohne jede Änderung Relais mit Spulenspannungen zwischen 5 V und 24 V verwendbar. Vom FA-NWT werden allerdings nur 5 V und 12 V bereitgestellt. Sollen 24-V-Relais zum Einsatz kommen, dann ist die Verwendung des ULN2004 als Relaisstreiber zu überlegen: Der von einem Eingang aufgenommene Strom verringert sich bei Ansteuerung mit 24 V dann von 8 mA auf 2 mA.

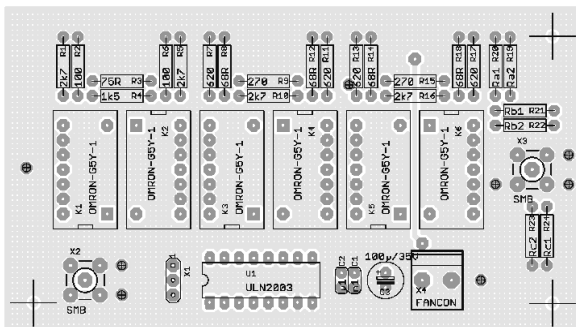


Abb. 7: Bestückungsplan Var.2 (nicht maßstabgetreu)

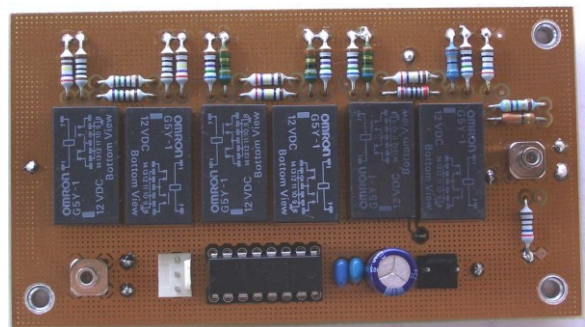


Abb. 8: Fertiger Abschwächer Var.2

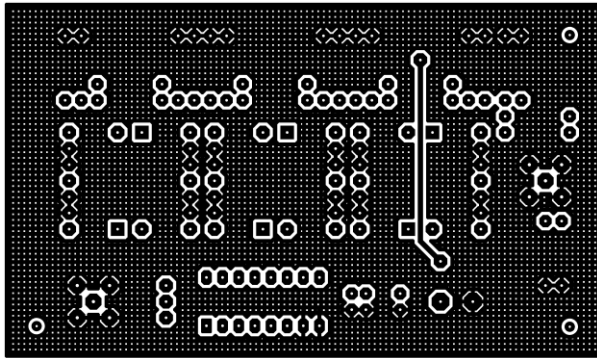


Abb. 9: Leiterplattenoberseite Var.2 (nicht maßstabgetreu)

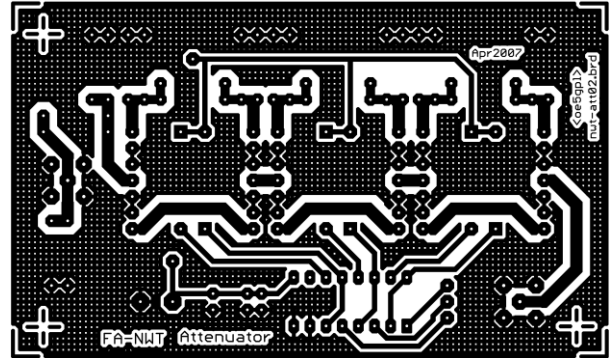


Abb. 10: Leiterplattenunterseite Var.2 (nicht maßstabgetreu)

### Aufbau

Alle zu den Dämpfungsgliedern gehörenden masseseitigen Enden der Widerstände sind sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite der Platine zu verlöten, ebenso alle Anschlüsse von U1 und den Reedrelais, die auf der Oberseite an Leiterbahnen zu liegen kommen. Dabei muß man überlegt vorgehen, um sich den Zugang zu Lötstellen nicht mit voreilig eingesetzten Bauteilen zu versperren. Als HF-Anschlüsse sind SMB-Buchsen vorgesehen; wer die nicht verwenden möchte, kann den Schirm des Koaxialkabels direkt auf der obenliegenden Masseseite festlöten.

Zur Ermittlung des zusätzlichen Dämpfungsgliedes ist im durchgeschalteten Zustand die Ausgangsleistung bei der gewünschten Frequenz mit einem genauen Leistungsmesser zu ermitteln. Dazu ist dieses Dämpfungsglied durch einen Null-Ohm-Widerstand zu ersetzen. Kennt man nun den Wert, um den die Leistung reduziert werden soll, so können die notwendigen Widerstandswerte leicht mit Hilfe von [1] ermittelt werden.

Um Einstreuungen in das übrige Meßsystem bestmöglich zu unterbinden, ist auch der Abschwächer in ein Weißblechgehäuse einzubauen. Die Verwendung gut geschirmter Kabel ist sehr anzuraten: Das Schirmungsmaß eines RG174-Kabels liegt nur bei etwa 55 dB, die Meßdynamik des Gesamtgerätes kommt jedoch in die Gegend von 80 dB. Der Verfasser überlegt deshalb, für die HF-Verkabelung Semirigid-Leitungen zu verwenden.

Unter [2] sind Hinweise zur unkomplizierten Herstellung doppelseitiger Leiterplatten zu finden. Die Vorlagen liegen in der Form von POSTSCRIPT-Dateien vor, um eine allfällige Maßanpassung an den verwendeten Drucker zu ermöglichen. Nähere Information zum Umgang mit solchen Dateien ist unter [3] verfügbar.

Ein Hinweis zur Beschaffung der Relais: Es lohnt sich auf jeden Fall, die Angebote sorgfältig zu prüfen und, wenn möglich, Industrie-Restposten ausfindig zu machen [4]. Man sollte sich die Datenblätter der ins Auge gefaßten Type und der hier eingesetzten Relais typen besorgen, um die elektrischen und mechanischen Werte vergleichen zu können. Es gibt immer mehrere Hersteller, die ein kompatibles Produkt mit nahezu identischen Kennwerten vertreiben. Das beispielsweise bei [4] unter der Artikel Nr.: E8370 angebotene, baugleiche Relais für 5 V stammt von MATSUSHITA. Die meisten Hersteller produzieren bei solchen HF-Relais sowohl eine General-Purpose-Version als auch eine High-Sensitivity-Version. Die beiden Baureihen unterscheiden sich im Spulenwiderstand.

In diesem Zusammenhang noch ein Tipp: In vielen sogenannten „Multischaltern“ der SAT-TV-Anlagen werden ebendiese HF-tauglichen Relais verbaut. Ein dieser Tage ausgeschlachteter 4-fach-Schalter war mit 4 Stück des Fabrikates OMRON, Type G5Y-1 mit 12 V Spulenspannung, bestückt. Bei Elektrounternehmen, die SAT-TV-Anlagen bauen und instandhalten, sind ausgemusterte Schalter hin und wieder zu bekommen. Eine weitere Quelle für solche Multischalter sind Flohmärkte mit und ohne amateurfunk-spezifische Prägung.

Die Relais lassen sich mit einiger Übung aus den durchkontaktierten Leiterplatten problemlos mit einem Heißluftgebläse auslöten. Entsprechende Hinweise sind unter [5] zu finden.

### Meßergebnisse

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

Weil aus hochfrequenztechnischer Sicht die Masseverhältnisse bei der Variante 1 wegen der eingebetteten Leiterbahnen auf beiden Seiten der Leiterplatte sehr ungünstig sind, wurde versucht, durch auf der Unterseite aufgelötete breite Bronzeblechstreifen eine Verbesserung zu erreichen (Abb. 11). Das ist allerdings nur in geringem Maß gelungen. Für unsere Meßzwecke ist der solcherart geänderte Abschwächer bis höchstens 80 MHz brauchbar (Abb. 13).

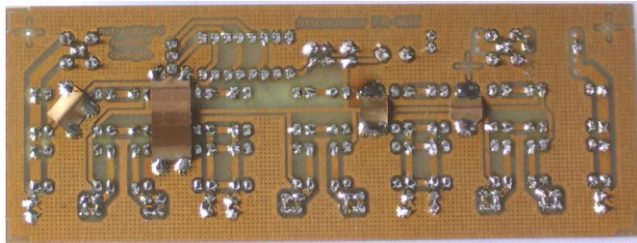


Abb. 11: Nachträglich verbesserte Masseverhältnisse auf der Unterseite der Variante 1

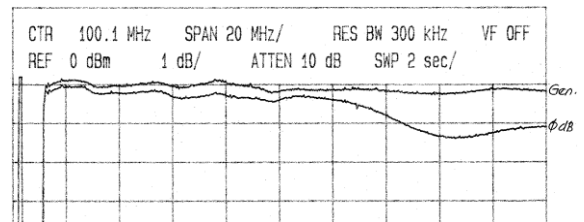


Abb. 12: Durchgangsdämpfung in der 0-dB-Einstellung der Variante 2 im Bereich von 10 bis 200 MHz; Achtung: Der vertikale Maßstab beträgt hier 1dB/Einheit!

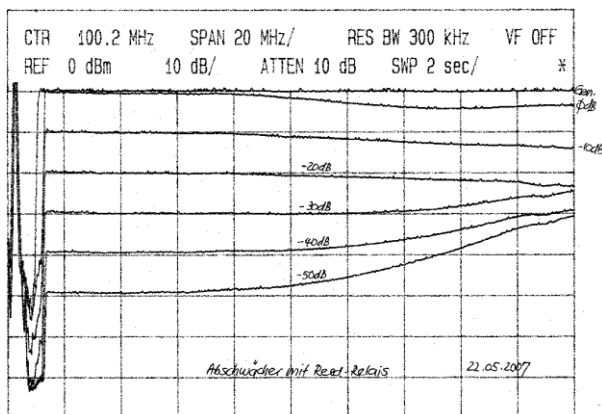


Abb. 13: Dämpfungsverlauf der einzelnen Stufen bei der Variante 1 im Bereich von 10 bis 200 MHz

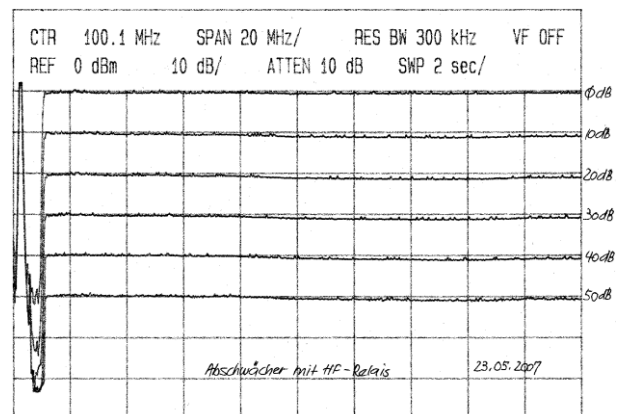


Abb. 14: Dämpfungsverlauf der einzelnen Stufen bei der Variante 2 im Bereich von 10 bis 200 MHz

Des weiteren ist aus Abb. 13 ersichtlich, daß bei den Stufen 30, 40 und 50 dB mit zunehmender Frequenz die Dämpfung abnimmt. Das liegt am geringen Kontaktabstand und der Kontaktform der Reedrelais und dem dadurch bedingten Übersprechen im 0-dB-Weg.

Der Grund für die Absenkung der Kurve in der Stellung 0 dB ist vermutlich darin zu suchen, daß die verhältnismäßig lange Leitung über die Relais des 0-dB-Weges eine stark von 50 Ohm abweichende Impedanz aufweist und induktiven Widerstand einbringt. Die Abb. 15 unterstützt diese Vermutung, denn bereits ab 60 MHz verschlechtert sich die Anpassung.

Zur Messung der Rückflußdämpfung kam ein Richtkoppler mit dem TDC-10 von MiniCircuits zum Einsatz. Dieser Richtkoppler ist als Bausatz beim Leserservice der Zeitschrift FUNKAMATEUR unter der Bezeichnung BX-66 erhältlich.

Wesentlich günstiger verhält sich die Variante 2, was einerseits durch die Relais und andererseits durch das erst damit mögliche HF-gerechtere Leiterplatten-Layout zustande kommt: Ein Versuch hat ergeben, daß dieser Abschwächer durchaus bis 500 MHz für Meßzwecke geringeren Anspruchs verwendbar ist.



## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

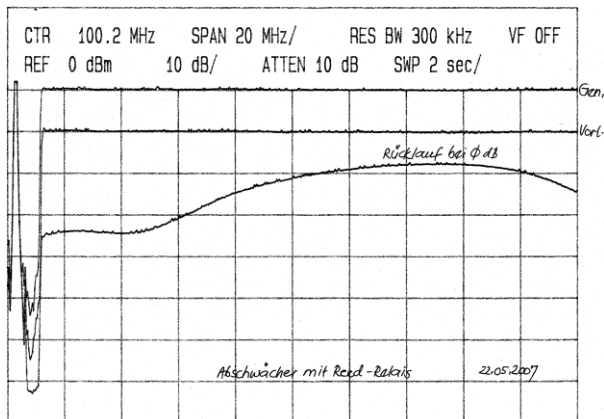


Abb. 15: Rückflußdämpfung bei der Variante 1 in der Stellung 0 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz

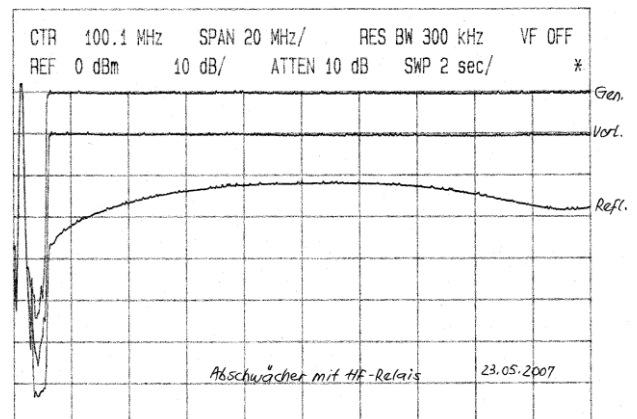


Abb. 16: Rückflußdämpfung bei der Variante 2 in der Stellung 0 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz

## Zusätzliches Dämpfungsglied am Ausgang

Der guten Ordnung halber wurde auch der Einfluß des wahlweise an der Ausgangsbuchse einzubauenden Dämpfungsgliedes untersucht, für das wegen der dafür vorhandenen Widerstände ein Wert von 3,3 dB gewählt wurde.

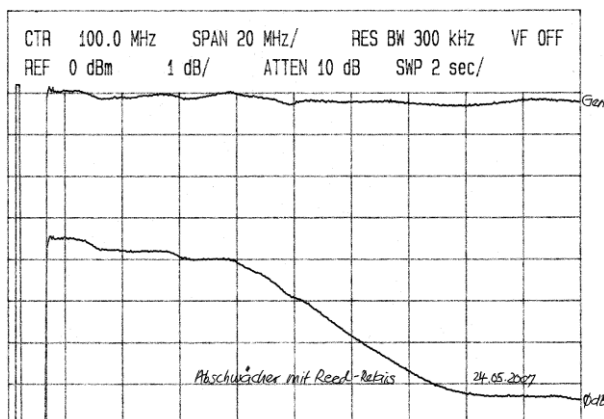


Abb. 17: Durchgangsdämpfung in der 0-dB-Einstellung der Variante 1 im Bereich von 10 bis 200 MHz; Achtung: Der vertikale Maßstab beträgt hier 1dB/Einheit!

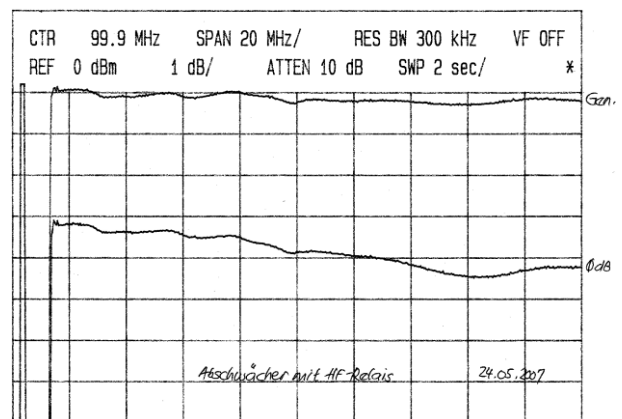


Abb. 18: Durchgangsdämpfung in der 0-dB-Einstellung der Variante 2 im Bereich von 10 bis 200 MHz; Achtung: Der vertikale Maßstab beträgt hier 1dB/Einheit!

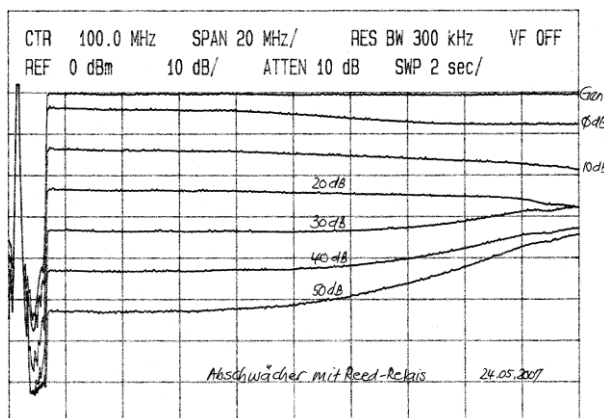


Abb. 19: Dämpfungsverlauf der einzelnen Stufen bei der Variante 1 im Bereich von 10 bis 200 MHz

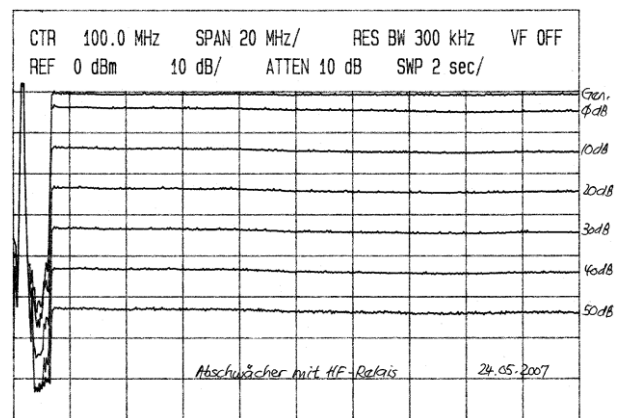


Abb. 20: Dämpfungsverlauf der einzelnen Stufen bei der Variante 2 im Bereich von 10 bis 200 MHz

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

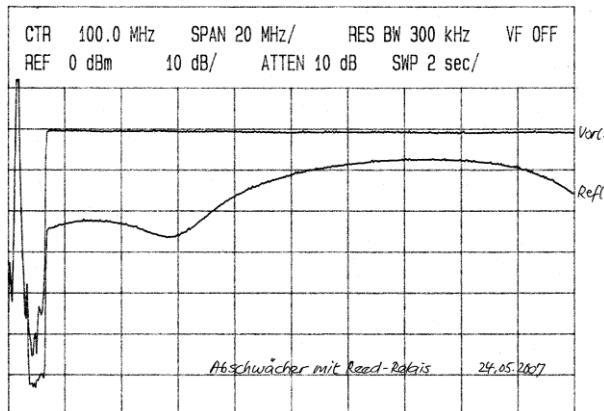


Abb. 21: Rückflußdämpfung bei der Variante 1 in der Stellung 0 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz

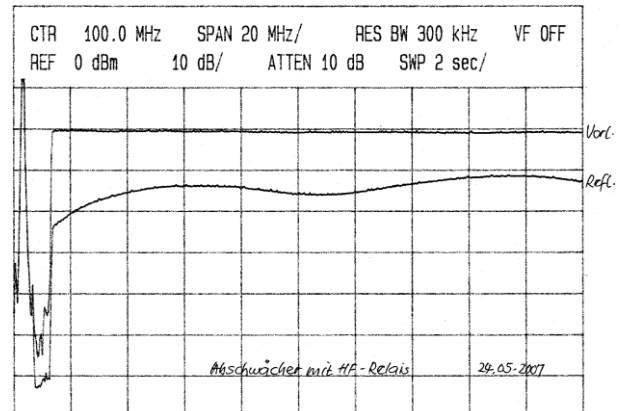


Abb. 22: Rückflußdämpfung bei der Variante 2 in der Stellung 0 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz

Bei dem Versuch hat sich herausgestellt, daß sich bei der Variante 1 die Frequenzabhängigkeit der einzelnen Dämpfungsstufen überhaupt nicht verändert hat, wie Abb. 19 beim Vergleich mit Abb. 13 zeigt. Die Anpassung im niederfrequenten Bereich ist geringfügig besser geworden, was für die Funktion belanglos ist, über 80 MHz decken sich auch diese Kurven.

Bei der Variante 2 hat sich die 0-dB-Einfügedämpfung im mittleren Bereich geringfügig verbessert und entspricht jetzt eher den Erwartungen an eine mit der Frequenz annähernd linear zunehmende Dämpfung (Abb. 18). Beim Verlauf der fünf Dämpfungsstufen in der Abb. 20 hat sich gegenüber Abb. 14 nichts geändert. Bei der Rückflußdämpfung bewirkt das zusätzliche Dämpfungsglied eine Verlagerung der schlechten Anpassung in den Bereich um 170 MHz (Abb. 22), kann aber insgesamt keine Verbesserung bewirken.

Der Leser wird sich fragen, warum die Variante 1 mit den Reedrelais hier überhaupt beschrieben ist, wo sie doch bei den Meßergebnissen um soviel schlechter abschneidet als die Variante 2.

Die Erklärung ist einfach: Es soll wieder einmal gezeigt werden, daß schon bei vergleichsweise niedriger Frequenz die Wahl der Bauteile und die damit zusammenhängende Leitungsführung auf der Platine die hochfrequenten Eigenschaften einer solchen Baugruppe ganz entscheidend beeinflussen.

Letztendlich ist es so wie immer: Die etwas teurere Lösung ist auch die technisch bessere.

## Dateien

Alle Unterlagen sind in der gepackten Datei *nwt-att.zip* enthalten, die bei [6] herunterladbar ist:

- Schaltbilder *nwt-att01s.pdf* und *nwt-att02s.pdf* im A4-Format
- Bestückungspläne *nwt-att01d.pdf* und *nwt-att02d.pdf*
- Leiterplatten-Layout *nwt-att01bt.ps*, *nwt-att01bb.ps*, *nwt-att02bt.ps*, *nwt-att02bb.ps* sowie die Datei *150mm.ps* als Vergleichsmaßstab

Die Layouts und der Vergleichsmaßstab sind zwecks Maßanpassung an den jeweiligen Drucker im POSTSCRIPT-Format vorhanden. Wie man mit den \*.ps-Dateien verfährt, ist bei [7] im Verzeichnis „Werkstatt-Tipps“ unter „Platinenentwurf“ nachzulesen, die Herstellung von Leiterplatten mit einfachen Mitteln ist ebenfalls dort ebenfalls beschrieben.

## Eine Alternative mit Handbedienung

Es muß nicht unbedingt ein vom Rechner gesteuerter Abschwächer sein, man kann für diesen Zweck genauso gut eines oder mehrere der üblichen koaxialen Dämpfungsglieder verwenden oder auch einen mit Schaltern einstellbaren Abschwächer, wie er seinerzeit in der QST [8] beschrieben worden ist. Die letztgenannte Lösung hat einen Nachteil, aber auch einen Vorteil:

## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

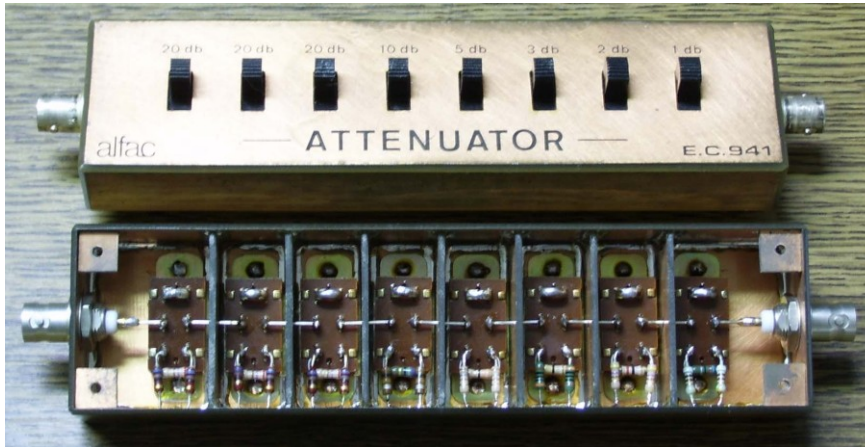


Abb. 23: Der Abschwächer nach QST von außen und von innen (Bodenplatte abgenommen)

Der Nachteil ist, daß der mechanische Aufwand zur Herstellung groß ist, weil das Gerät aus einer ganzen Reihe von kleinen und größeren Leiterplattenstücken zusammenzubauen ist. Die Herstellung dieser Teile, die alle genau passen sollen, ist mit Laubsäge und Feile mühsam, aber machbar (ich weiß, wovon ich da rede, denn ich habe vor fast 25 Jahren mit diesen Mitteln die beiden Abschwächer angefertigt).

Der Vorteil ist, daß diese Lösung keine Elektronik braucht und es sich dabei um ein unempfindliches und kompaktes Teil handelt, das auch bei vielen anderen Messungen gute Dienste leisten kann. Der Einstellbereich geht in 1-dB-Stufen theoretisch von 0 dB bis 81 dB, was ebenfalls einen Vorteil gegenüber den oben beschriebenen Lösungen darstellt; die maximale Leistung ist mit 0,5 Watt begrenzt.

Nachstehend die mit dieser Konstruktion erreichbaren Meßwerte, wenn normale Kohleschichtwiderstände zum Einsatz kommen. Es sind die in der Original-Baubeschreibung empfohlenen Schiebeschalter von STACKPOLE verwendet worden, die aus einem Ausschlachtgerät amerikanischer Herkunft stammen. Die Verwendung anderer Schalter könnte zu schlechteren oder auch besseren Werten beim Dämpfungsverlauf führen – hier sind Versuche notwendig. Die Original-Schalter wird man wahrscheinlich nur schwer bekommen.

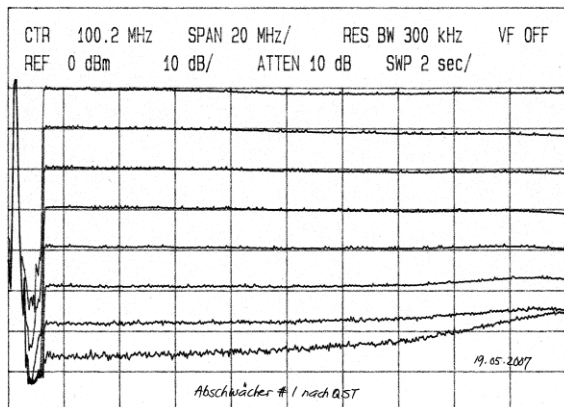


Abb. 24: Verlauf der Durchgangsdämpfung bei 0 bis -70 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz bei Exemplar 1

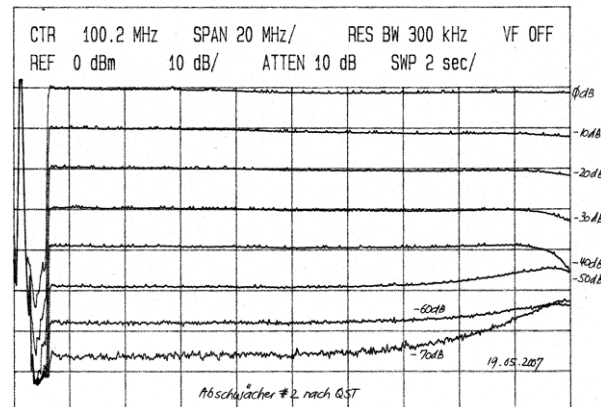


Abb. 25: Verlauf der Durchgangsdämpfung bei 0 bis -70 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz bei Exemplar 2

Aus den beiden Diagrammen ist ersichtlich, daß diese Art von Abschwächern bei Dämpfungen zwischen 0 und -40 dB für Messungen in 2-m-Band noch durchaus brauchbar ist. Darüber hinaus treten unschöne Effekte in Erscheinung, die unter anderem durch Übersprechen zwischen den Kontakten der Schalter hervorgerufen werden. Auch die Verwendung von ganz normalen Kohleschichtwiderständen fordert einen Tribut, wie die beginnende Absenkung der mittleren Kurven beim Exemplar 2 im Bereich um 200 MHz vermuten läßt. Heutzutage sollte man je zwei parallele Metallfilmwiderstände anstatt eines Kohleschichtwiderstandes verwenden, nicht nur um die notwendigen Widerstandswerte möglichst genau zu erreichen, sondern auch, um die Frequenzabhängigkeit zu vermindern.



## Abschwächer zum FA-Netzwerktester

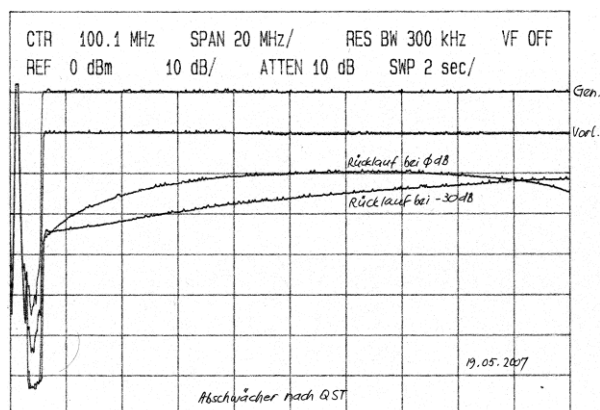


Abb. 26: Rückflußdämpfung in der Einstellung 0 dB und -30 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz

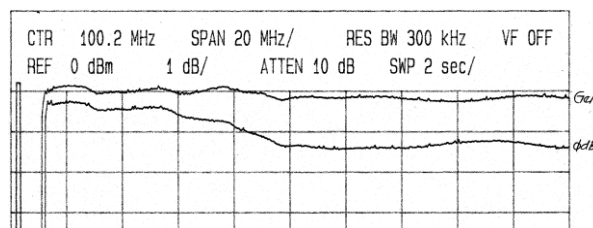


Abb. 27: Durchgangsdämpfung in der Einstellung 0 dB im Bereich von 10 bis 200 MHz; man beachte hier den vertikalen Maßstab von 1 dB/Einheit!

Die nur mäßige Rückflußdämpfung von 10 dB in der 0-dB-Einstellung ist wiederum durch die Bauweise dieser Abschwächer bedingt: Der Mittelleiter hat ebenfalls eine von 50 Ohm stark abweichende Impedanz und ist verhältnismäßig lang. Die Verhältnisse bessern sich, wenn beispielsweise die nebeneinander liegenden Sektionen 10 und 20 dB zugeschaltet werden, wie Abb. 26 zeigt.

## Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt zwei Ausführungen einer vom Rechner gesteuerten Zusatzbaugruppe zum FA-Netzwerktester, die bei richtiger Einstellung verhindert, daß bei der Messung verstärkender Baugruppen der Meßdetektor übersteuert wird. Die an den Baugruppen durchgeführten Messungen machen deutlich, daß die Variante mit HF-tauglichen Relais jener mit den Reedrelais weit überlegen ist. Ebenso gut ist für diesen Zweck ein externes Dämpfungsglied verwendbar, wie der seinerzeit in der QST beschriebene Stufenabschwächer.

Helmut, OE5GPL

## Verweise und Quellen:

- [1] OAFV-HomePage, TECHNIK/SOFTWARE/HELPER, EXCEL-Datei zur Ermittlung von Dämpfungsgliedern, Impedanzen und Anpassung:  
<http://www.oe5.oevsv.at/opencms/software/technik>
- [2] OAFV-HomePage, TECHNIK/WERKSTATT/TIPPS, Platinen herstellen:  
<http://www.oe5.oevsv.at/opencms/software/technik>
- [3] Stadelmeyer, Helmut, OE5GPL: Platinen-Design. FUNKAMATEUR 51 (2002) H. 9, S. 895 – 897
- [4] Fa. NEUHOLD ELEKTRONIK, A-8020 Graz: <http://www.neuhold-elektronik.at/>
- [5] Stadelmeyer, Helmut, OE5GPL: Werkstatt-Tipp: Bauteile entlöten. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 6, S. 551
- [6] OAFV-HomePage, TECHNIK/MESSEN/NETZWERKTESTER, Abschwächer für den FA-NWT:  
<http://www.oe5.oevsv.at/opencms/software/technik>
- [7] OAFV-HomePage, TECHNIK/WERKSTATT/TIPPS, Platinenentwurf:  
<http://www.oe5.oevsv.at/opencms/software/technik>
- [8] Shriner, Bob, WA0UZO and Pagel, Paul K., N1FB: A Step Attenuator You Can Build. QST September 1982, pages 11 – 13

## 1. Nachtrag (Juli 2008)

Die Verwendung von Relais aus ausgemusterten Multischaltern schont das Budget, es hat sich aber auch gezeigt, daß in diesem Fall eine gewisse Umsicht angebracht ist: solche Baugruppen werden unter anderem deswegen ausgeschieden, weil ein Bauteil fehlerhaft geworden ist. Das kann durchaus auch eines der Relais sein. Man sollte sie deshalb vor der Wiederverwendung auf jeden Fall prüfen. Bei meinem NWT hat sich herausgestellt, daß immer dann, wenn er über längere Zeit nicht verwendet worden ist, der Ausgangspegel zu gering war, wobei der Wert jedesmal ein anderer gewesen ist. Als Ursache kam eigentlich nur der Abschwächer in Frage. Hat man den dann nur einmal auf 50 dB eingestellt, so war nach Rückstellen auf 0 dB der Ausgangspegel wieder auf dem Sollwert.

Eine Messung am ausgebauten Abschwächer hat gezeigt, daß bei einem der 3 Relais, deren Öffner in der 0-dB-Leitung liegen (das ist der Kontakt zwischen den Pins 11 und 14), ein stark erhöhter Kontaktwiderstand von etwa 5 Ohm festzustellen war. Bei einem fehlerfreien Relais liegt dieser Widerstand bei 10 Milliohm. Zu dieser Messung braucht man ein Ohmmeter, das einen kleinsten Meßbereichsendwert von höchstens 20 Ohm hat. Andernfalls lassen sich so kleine Widerstände nicht einigermaßen zuverlässig feststellen.

Der erhöhte Kontaktwiderstand wird sehr wahrscheinlich von einer Oxidschicht auf den Kontaktoberflächen hervorgerufen. Im gegenständlichen Fall ist diese Schicht sehr dünn, sie wird bei einmaliger Betätigung des Kontaktes durch die dabei entstehende Reibung der Oberflächen punktuell beseitigt. Nachher ist der übliche Kontaktwiderstand zu messen.

Durch diesen Fehler aufmerksam geworden, wurde ein SMS2-HF-Generator beim Einschalten genauer beobachtet. Es scheint so, daß auch der seinen Abschwächer ein jedesmal komplett durchschaltet und erst dann den vor dem Ausschalten eingestellten Wert anwählt.

Eine Rückfrage beim Ersteller der Software für den NWT hat ergeben, daß sich dieses zwangsläufige Einschalten des Abschwächers in der Firmware des PIC einbauen läßt. Ein entsprechend geändertes Programm wird derzeit auf Tauglichkeit geprüft und wird wahrscheinlich ein Teil der nächsten von DL4JAL freigegebenen Firmware-Verbesserung. Die bis jetzt gemachten Erfahrungen mit dem geänderten Programm sind sehr gut, denn der Pegelfehler ist seither nicht mehr aufgetreten.

Im Zuge dieser Fehlersuche wurden dann noch etwa 30 weitere, nicht eingebaute Relais dieser Bauart von den Herstellern MATSUSHITA, OMRON und TAKAMISAWA überprüft, von denen ebenfalls vier einen erhöhten Kontaktwiderstand aufgewiesen haben. Interessanterweise hat das ausschließlich das Fabrikat OMRON betroffen, das aber auch den größten Anteil an der Gesamtstückzahl hatte.

Der Fehler bei diesen Relais war allerdings derart, daß ein einmaliges Schalten nicht viel geholfen hat. Also wurde untersucht, ob ein oftmaliges Schalten den Fehler auf längere Sicht beseitigen kann.

Versuchsweise wurden die Relais mit pulsierendem Gleichstrom aus einer Einwegschaltung etwa eine Minute lang betätigt. Nach den ungefähr 3000 Schaltvorgängen entsprach bei drei Exemplaren der Kontaktwiderstand wieder dem Sollwert, bei einem war alle Mühe vergebens.

Bessere Ergebnisse wird man vielleicht erhalten, wenn der Schaltvorgang unter Last erfolgt. Das Datenblatt gibt dafür einen Strom von 10 mA an (DC oder AC), den man leicht mit einem Netzgerät und einem Vorwiderstand einstellen kann.

Vy 73

Helmut, OE5GPL