

1 Einleitung

Die Leistungskalibrierung eines SMDU-Z1 Amplitudencontrollers ist sicherlich nichts, was die Welt nun entscheidend weiter bringt, jedoch sah ich mich neulich damit konfrontiert, als wir vom Messplatz-Team der INTERRADIO gerade unser Prüfequipment zusammenklaubten und testeten.

Der dieses Jahr zur Verwendung geplante SMDU-Z1 wies einen Fehler von mehr als 50% auf; da war also entweder was kaputt oder der Abgleich total verbogen. Letzteres war der Fall, also suchte ich nun eine Möglichkeit, mit meinen Mitteln eine hinreichende Genauigkeit (möglichst nach Spezifikation) wiederherzustellen.

2 Konzept

Mit etwas ehrgeizigem Nachbohren war es mir damals gelungen, an das Service-Manual des SMDU-Z1 zu gelangen. Im ersten Schuss wollte ich die dort beschriebene Leistungskalibrierung einfach durchführen: leider bin ich daran total gescheitert. Ich will nun dem Hersteller nichts am Zeug flicken, aber mit der dort beschriebenen Art kam ich bei mir nicht weiter. Die geforderten 90mV Offset an MP6 verursachten am Zeigerinstrument eine totale Fehlanzeige; mir ist völlig schleierhaft, wie man damit eine Kalibrierung innerhalb Spezifikation erreichen soll. Ich habe mir nun eine andere Vorgehensweise ausgetüfelt, die vielleicht nicht offiziell in ein Herstellermanual abgedruckt werden würde, aber einer Anwendung unter ernsthaften Hobbybastlern durchaus gerecht wird. Man braucht dazu:

- ein Funkgerät mit der Modulationsart "SSB" (z.B. 2m-Amateurfunktransceiver); idealerweise bis 30W HF-Ausgangsleistung (z.B. ICOM IC-240)
- eine NF-Quelle, möglichst fein in der Amplitude regelbar (z.B. Rohde&Schwarz UPA)
- ein möglichst genaues HF-Millivoltmeter mit 10V / 100V-Durchgangskopf (z.B. URV-35 mit URV-Z4 und URV-Z7) als Kalibrierreferenz
- hochwertige 50Ohm-Abschlüsse der Norm BNC und N
- ein gut auflösendes DC-Voltmeter (z.B. Fluke 77 oder HP34401)

2.1 Leistungserzeugung

Eine der wichtigen Voraussetzungen ist (da man den SMPU-Z1 leider nicht mit Gleichspannung kalibrieren kann) das Vorhandensein einer HF-Leistungsquelle. Entweder man benutzt dazu seinen Messsender mit nachgeschaltetem Breitband-Leistungsverstärker (habe ich nicht) oder benutzt stumpf ein 2m-Amateurfunkgerät (habe ich), bei dem man die Leistung einstellen kann. Wenn das Gerät Einseitenbandmodulation (SSB) oder Amplitudenmodulation (AM) unterstützt, kann ich damit prima in der Leistung präzise dosierbare Signale erzeugen. Dazu habe ich mir einen kleinen Adapter für den Mikrofonanschluss gelötet: ein kleiner Schalter zum Aktivieren des Senders (PTT-Taste) und ein NF-Eingang, mit dem ich einige Millivolt NF von meinem Audiogenerator in das Funkgerät einspeise. Das Tolle an SSB: je stärker ich den NF-Pegel in die Mikrofonbuchse einspeise, desto größer wird die erzeugte HF-Leistung am Senderausgang. Damit kann ich also durch Verstellen der NF-Amplitude die erzeugte HF-Leistung variieren. Genau das, was ich brauche!

2.2 Versuchsaufbau

Den HF-Durchgangskopf auf den HF-Eingang des SMDU-Z1 aufschrauben und mit dem Senderausgang des Funkgeräts dort HF-Leistung einspeisen. Die den Amplitudencontroller erreichende Leistung wird also unmittelbar dort durch den Durchgangstastkopf erfasst; mögliche Fehlmessungen durch Kabelverluste werden damit also konzeptbedingt ausgeschlossen. Am SMDU-Z1 werden sämtliche HF-Ausgänge mit 50Ohm-Dämpfungsgliedern abgeschlossen, denn sonst gibt's nachher falsche Anzeigen (!). Auch die herausziehbare N-Buchse zum Einspeisen des Messsenders nicht vergessen! Hier schraubt man normalerweise ein N-Doppelröllchen gefolgt von einen zünftigen N-50Ohm-Abschluss drauf. Allgemein gilt hier sowieso: je hochwertiger die verwendeten Prüfmittel (HF-Millivoltmeter, Durchgangsmessköpfe, 50Ohm-Abschlüsse), desto genauer wird die Justierung hinterher. Die hier benutzten Durchgangsmessköpfe für das URV35 sind durch ihre individuelle Kalibrierung per EPROM im Anschlussstecker bereits ab Herstellerwerk so präzise, dass sie für einen SMDU-Z1 als „Kalibriernormal“ allemal ausreichen dürften.

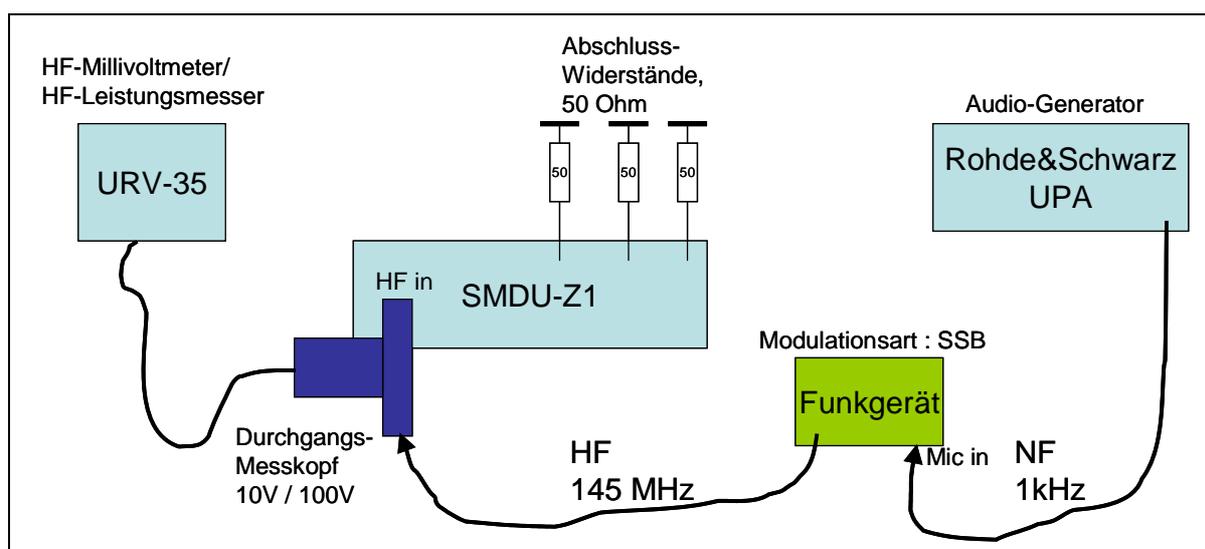


Abbildung 1: Messaufbau

3 Durchführung

Insgesamt gibt es für die nur wenige Potis, die für die Leistungskalibrierung interessant sind. Als da wären:

- R33: Verstärkungsfaktor (Leistungsmessung + Anzeige)
- R36: Offset Leistungsanzeige (Leistungsmessung + Anzeige)
- R104: Offsetkorrektur von IC B19
- R120: Verstärkungsfaktor (nur Anzeige)

Wir müssen hier zwischen zwei Dingen unterscheiden:

- a) der Detektor-Gleichspannung zwischen 0..1V DC (entsprechend 0..100% Endausschlag des gerade gewählten Messbereiches), die z.B. einen angeschlossenen Papierschreiber versorgen kann
- b) und dem tatsächlichen Ausschlag des Zeigerinstruments.

Im originalen Service-Manual kommt das meiner Ansicht nach nicht so richtig zum Ausdruck: zuerst stellen wir nämlich die korrekte Spannung am „Schreiber“-Ausgang ein (dazu ist es erst einmal völlig egal, was das Messinstrument anzeigt), und DANN erst gleichen wir das Messinstrument ab. Überspringt man den ersten Schritt, geht's mit Sicherheit schief.

Die korrekte Reihenfolge ist also:

- 1) Offsetkalibrierung von Differenz- und Anzeigeverstärker
- 2) Verstärkungsfaktor und Offseteinstellung der Detektor-Gleichspannung („Schreiber“-Ausgang)
- 3) Anzeigeeinstrument

Wichtig ist also: wie schon oben beschrieben, beziehen wir den Leistungsabgleich IMMER erst auf die Detektor-Gleichspannung, die man hinten an der Geräterückseite abgreifen kann (obere BNC-Buchse "Schreiber")! Erst wenn die korrekt eingestellt ist, überträgt man mit R120 den Endausschlag auf das Anzeigeeinstrument!

HINWEIS:

Zu Beginn kalibriert man mit R36 und R104 die Offsets der Operationsverstärker weg (um dann im nächsten Schritt mit R36 wieder gezielt etwas Offset hinzuzufügen, damit das Anzeigeeinstrument nachher auch das Richtige anzeigt!). Davon nicht verwirren lassen!

Also starten wir:

3.1 Schritt 1

Gerät aufschrauben und einschalten. Noch keine HF-Leistung einspeisen (also Leerlauf). Mit einem Digitalvoltmeter zwischen MP6 und Masse (MP6 ist als Lötöse etwas versteckt rechts mittig unterhalb des Kühlkörpers zu finden) die Spannung messen. Nun mit **R36** gaaanz vorsichtig die zu messende Gleichspannung dort auf exakt **0,0V (+/-10mV)** kurbeln.

Dann klemmt man das Digitalvoltmeter auf den berüchtigten „Schreiber“-Ausgang an der Rückseite des SMDU-Z1. Wir kurbeln an **R104**, um auch hier **0,0V (+/-10mV)** herzustellen.

ZUSATZ:

Wer jetzt noch Lust hat, klemmt das Voltmeter auf die untere Buchse um (Schreiber-Ausgang für den AM-Modulationsgrad) und dreht an R77 ebenfalls auf 0,0V (+/-10mV). Das hilft zwar nur dem Modulationsgradmesser, aber wo wir gerade schon einmal dabei sind...

3.2 Schritt 2

Nun wird es spannend, denn nun folgt die eigentliche Kalibrierung. Dies ist ein iterativer Abgleich; d.h. wir müssen an zwei Abgleichpunkten drehen, die sich gegenseitig etwas beeinflussen. Macht aber nix, wir kriegen das mit zwei- oder dreimal Umstecken schnell hin.

Voltmeter wieder an den Schreiber-Ausgang für die Leistungsanzeige (hier sollten die vorhin eingestellten $\sim 0,0V$ zu messen sein). Dann das Funkgerät auf Senden schalten und Leistung einspeisen. Wir wählen erst den empfindlichsten Messbereich. Je nach Modell des SMDU-Z1 kann das 250mW, 500mW, 300mW oder 600mW sein. Bei mir stand eine 250mW-Variante auf dem Tisch, daher drehte ich die Modulations-NF am Audiogenerator so weit auf, dass das Funkgerät genau 250mW Leistung erzeugte (ablesen am HF-Millivoltmeter (URV-35), das hier unsere Kalibrier-Referenz darstellt!).

Nun stellen wir an **R33** so weit herum, bis am Digitalvoltmeter exakt **1,0V DC** zu messen ist.

3.3 Schritt 3

Jetzt stimmt der Schreiber-Ausgang schon einmal. Nun muss nur noch das eingebaute Messinstrument bei genau diesen 1,0V auch exakt **100% Skalenausschlag** anzeigen (=250mW). Dazu drehen wir an **R120**.

3.4 Schritt 2,3,2,3,2,.....

Eigentlich wären wir schon fertig, wenn wir nicht mit Diodenkennlinien und Anzeigeeinstrumenten zu tun hätten. Insbesondere bei kleinen Leistungen im empfindlichsten Messbereich müssen wir dem Anzeigeeinstrument etwas Vorspannung mit auf den Weg geben, sonst wird die Anzeige wegen der gekrümmten Diodenkennlinie zu ungenau. Und das erledigen wir mit R36 (den hatten wir nur deshalb vorhin auf 0,0V gedreht, um R104 abgleichen zu können!).

Der Abgleich geht so:

a) Wir drehen das Funkgerät in seiner Leistung herunter und speisen z.B. 20mW ein. Der SMDU-Z1 wird vermutlich irgendetwas Kleineres als 20mW anzeigen. Also vorsichtig an **R36** gedreht, bis die Nadel exakt auf „20mW“ steht.

b) Jetzt wieder die Leistung auf 250mW (bzw. den Endausschlag des empfindlichsten Messbereiches; könnte je nach Modell auch 300, 500 oder 600mW sein) erhöhen. Am Digitalvoltmeter durch Nachstellen von **R33** auf **1,0V** am Schreiberausgang abgleichen. Mit R120 dann auch die Nadel des Messinstruments auf „250mW“ stellen.

c) Nun kontrollieren, ob sich die Anzeige für kleine Leistungen verbessert hat: wieder 20mW einspeisen und prüfen. Die Nadel sollte einigermaßen genau bei „20mW“ zum Liegen kommen. Wenn nicht, die Schritte a) und b) so lange wiederholen, bis die Anzeige stimmt!

4 Endkontrolle

Wenn ihr alles richtig gemacht habt, steht die Nadel des SMDU-Z1 ohne eingespeiste Leistung im empfindlichsten Messbereich auf etwa 2/3tel des schwarz eingefärbten Balkens in der Instrumentenskala. Für diesen Zustand konnte ich bei meinem SMDU-Z1 eine Offsetspannung von etwa 45mV an MP6 messen (und nicht 90mV, wie das Manual vorgibt!). Beim Hochschalten in die höheren Messbereiche (1W, 3W, 10W, 30W) wird der Offset immer kleiner; d.h. die Nadel des Messinstruments geht immer weiter in Richtung ihres natürlichen Nullpunkts zurück. Speist man nun auch Leistung in die hohen Messbereiche ein (Vorsicht: max. zulässige Spannung des Durchgangsmesskopfes beachten! Für solche Zwecke habe ich extra einen 100V-Messkopf, den ich also bis max. 200W HF verwenden kann!), so wird die Anzeige nicht hundertprozentig jeden Nadelstrich in der Skala punktgenau treffen, aber man kriegt es schon recht gut hin! Man beachte: die Ungenauigkeit dieses Leistungsmessers ist bis 500MHz spezifiziert zu +- (6% vom Messwert + 1,5% vom Endwert); das bedeutet für ein eingespeistes Signal von exakt 1W HF im Messbereich „1W“, dass es gemäß Spezifikation als 925mW bis max. 1,075W angezeigt werden dürfte!

In einem „ungünstigen“ Messbereich (z.B. 1W HF im 3W-Messbereich) wird es noch „schlimmer“:

Die Anzeige könnte zwischen 895mW und 1,105W variieren. Ich finde das schon ziemlich gut für einen Leistungsmesser; aber dieses Beispiel soll zeigen: bitte keine übertriebene Sorge, wenn die Nadel des Messinstruments nicht immer ganz exakt den erwünschten Wert trifft: der SMDU-Z1 ist ein feines Gerät, aber eben nicht so präzise wie die heutzutage individuell kalibrierten Präzisions-Leistungsmesser! Dafür ist der SMDU-Z1 um einiges universeller; mit seinen drei Ein/Ausgängen will ich dieses Teil um nichts in meinem Bastelkeller hergeben! Obwohl er inzwischen kein Vermögen mehr kostet, ist man mit diesem Teil immernoch erheblich genauer unterwegs als die allermeisten.

Kleiner Tipp für Präzisionsfanatiker, die die Abweichungen eines SMDU-Z1 für "unzumutbar" halten: schon einmal Gedanken über die Dämpfung Eurer Adapter und die vermutlich miserable Anpassung Eurer Anschlusskabel (z.B. RG-58) gemacht?? ;-)

Hinweis: 10% Messfehler entsprechen gerade mal 0,46dB.....rechnet das mal für Eure Kabel aus! Ha ha ha!