

Problemzone Sender - Endstufe

Vielleicht ein triviales Thema, wenn man es oberflächlich betrachtet. Vieles ist mehr oder weniger bekannt, irgendwie als unwichtig eingestuft oder schnell vergessen.

Es geht hier darum, persönlich längst vergessene oder verdrängte Technik ins Gedächtnis zurückzurufen, sie wieder bewusst zu machen oder einfach einige Tipps zu vermitteln. Hilfreich sind dabei Überlegungen, Messungen und Erfahrungen.

Bei aufmerksamer Beobachtung des Zusammenspiels zwischen Sender und Endstufe zeigen sich hin und wieder Unverträglichkeiten, die von „kaum bemerkbar“ bis „massiv“ reichen. Engeres Befassen mit der Materie führt zum Ergebnis: Sie sind im Grunde nachvollziehbar und logisch. Diese Erkenntnis ist hilfreich und damit lassen sich die Probleme angehen, sofern man das möchte. Schwarze Magie oder unerklärliche Phänomene gibt es nicht. Physikalische Gegebenheiten sind oft schwer zu begreifen bzw. schwer zu vermitteln, aber sie sind immer das Maß der Dinge.

Für eingefleischte Telegrafisten gilt als *Muss*, dass Endstufen Break-In-Fähigkeiten (BK) haben. Relais-Umschaltungen stehen damit an vorderster Front, zumal auch moderne Geräte meist Vakuum-Relais nutzen. In diesem Bericht wird die Relaisumschaltung verstärkt in den Blickpunkt gerückt.

Zur Steuerung mit Software oder über digitale Betriebsarten siehe: *Betrieb über Software*, Seite 3.

Industriell werden nachrüstbare Pin-Dioden-Umschalter [1] angeboten mit Schaltzeiten im Bereich um 0,5ms. Diese Schalter haben ihre eigenen Problembereiche. Sie werden hier nicht berücksichtigt.

Nebeneffekte der S/E-Umschaltungen sind besser erkennbar in der Betriebsart CW-BK. Vier Geräte werden dazu untersucht: **Yaesu FT-1000MkV (A)**, **Elecraft K3 (B)**, **Icom IC-703 (C)**, **Kenwood TS-850SAT (D)**. Die gewonnenen Messwerte sind auf den Vox-Betrieb eingeschränkt übertragbar.

Beobachtete Fehlfunktionen

- Eine Verzerrung oder Verkürzung der Zeichen in der Betriebsart Telegrafie
Verspätete Umschaltung im Sender oder in der Endstufe verhindert eine korrekte Zeichenausgabe.
- Teilunterdrücktes 1.Telegrafiezeichen oder teilunterdrückte 1.Silbe bei Sprachbetrieb
Der Umschaltungsprozess Empfang-Senden in der Endstufe dauert zu lange, oder es liegt eine Schwäche des Steuersenders vor.
- Frühzeitiger Relaisausfall durch Kontaktabbrand
Ein- und/oder Ausgangsrelais schaltet(n) Hf-Strom oder es sind ungeeignete Relais im Spiel.
- TVI/BCI, ausgelöst durch eine kurzzeitige Selbsterregung des Verstärkers
Eine unsichere Kontaktgabe des Ausgangs- oder Eingangsrelais der Endstufe, eine zeitweilig fehlende Last, Hf-Ausgabe und eine zu frühe DC-Entsperrung führen zur Selbsterregung.
- Einschwingvorgang des SWR-Schutzes im Sender
Arbeitet der Sender für eine kurze Zeit auf eine undefinierte Last, z.B. dadurch, dass das/die Relais des Verstärkers sich noch nicht im Endzustand befindet(n) oder die Last selbst schlecht angepasst ist, so tritt die SWR-Schutzschaltung in Aktion. Der Selbstschutz des Senders greift und reduziert die interne Aussteuerung. Abhängig von deren Regelzeitkonstante ergibt sich jeder Zustand zwischen einer Kurzzeitspitze im Ausgangssignal (Hf) und dem Abschneiden der Vorderflanke des 1.Zeichens – ähnlich nachfolgend erläutert.
- Einschwingeffekte und Leistungsspitzen (Hf), hervorgebracht durch Eigenheiten des Senders [2]
Fast immer verwenden Sender eine Regelschleife, um die eingestellte Leistung einzuhalten. Damit kommt eine systembedingte Zeitkonstante ins Spiel – mit eventuell fatalen Folgen.
Soll die Ausgangsleistung eines Senders reduziert werden, weil die nachfolgende Endstufe weniger benötigt, so hilft eine Regelschleife. Der Regler *Power* oder *Carrier* der Frontplatte stellt die Eingangsgröße zur Verfügung, ab wann die Regelschleife Leistung begrenzen soll.
Die Anstiegszeit der Hf-Vorderflanke ist kurz gewählt, die Vergleichsstufe benötigt Zeit, reagiert verspätet. Dieses führt zu einem Überschwinger, der hier so genannten „kurzzeitigen Leistungsspitze“. Hier liegt das Dilemma jeder Regelung. Zunächst benötigt sie eine Abweichung vom Sollwert, um Regelbedarf zu erkennen. Dann muss sie schnelles Erreichen des Sollwertes garantieren und nicht zuletzt eine möglichst kleine Regelabweichung anstreben.
Ohne automatische Regelstrecke wäre ein Überschwingen vermeidbar (manuelle Verstärkungseinstellung). Allerdings treten dann andere Probleme verstärkt hervor. Ein Linearverstärker liefert über einen großen Frequenzbereich stark unterschiedliche Verstärkung. Auch thermische Effekte sind

vorhanden. In den ersten Sekunden Stromfluss (nach PTT z.B.) erwärmen sich die Halbleiterstrukturen und die Verstärkung ändert sich allein durch den einsetzenden Ruhestrom (Idle). Außen am Transistor ist dabei noch keine Temperaturerhöhung messbar. Eine automatische Regelstrecke begnadigt derlei Schwierigkeiten. Sie schafft dabei auch neue, wie sie zuvor beschrieben wurden.

Regelungen lassen sich so gestalten, dass sie „fast vorausschauend“ agieren. Damit meine ich eine feinstufigere Anpassung der Regelparameter vor Erreichen ihres SOLL-Wertes. Eine Methode: In einer digitalen oder teildigitalen Regelung werden Tabelleninhalte mit einem Zeiger adressiert. Die Werte speisen das Stellglied zum bestmöglichen Erreichen des SOLL-Wertes. Die Parameter lassen sich so wählen, dass Überspringen kaum auftritt. Einzelne Teile dieses Verfahrens können sowohl digital als auch analog ausgeführt werden. Die Hauptkomponenten dieser Regelung wie Prozessor, AD- und DA-Wandler, Vergleicher, sind bereits in vielen Geräten vorhanden. Eine gezielte Flankenbeeinflussung (z.B. 1-2ms) für klickarme Ausgangsspektren wäre als Abfallprodukt machbar. Wirkt der SWR-Schutz im selben Regelkreis, so verschärft das die Auslegungskriterien erheblich.

Zu Regelkonzepten unterschiedlicher Firmen fehlt mir der Gesamtüberblick. Ich erlaube mir keine Spekulation, warum und wieso die Entwickler die Parameter so oder anders dimensionierten.

Messungen an Gerät A zeigen ein kurzzeitiges Überschießen der Ausgangsleistung um den Faktor 3, bevor sich der Sollwert einstellt. Im Zusammenspiel mit industriell hergestellten Endstufen und deren Sicherheitsschaltungen können sich echte Probleme auf tun. Ein schnell reagierender Sensor detektiert Übersteuerung und verhindert das Einschalten der Endstufe. Manche Sender sind auf diese Weise inkompatibel mit deren Sicherheitskonzepten. Denkbar wird, dass ordnungsgemäßer Betrieb einer hochpreisigen Endstufe mit einem gängigen Sender scheitert.

Hersteller von Endstufen haben das Senderproblem erkannt und verfolgen eigene Strategien zur Bewältigung. Einige reagieren mit optischer Fehleranzeige, andere schalten stumm ab. Vermutlich die Mehrheit tut nichts, weder das eine noch das andere.

Fazit: Nicht immer wird offenkundig, dass z.B. im 1. Zeichen eine heftige Leistungsspitze stecken kann mit all ihren unerwünschten Folgen wie Sättigung aktiver Elemente, breites Spektrum, unnötige Tast-Klicks und evtl. Totalausfall einer Endstufe.

Endstufen mit Halbleitern sind akut gefährdet durch unkontrollierte Leistungsspitzen. Prinzip bedingt reagieren Leistungs-FETs empfindlicher als bipolare Transistoren. Mit einiger Sicherheit sind Ansteuerspitzen ein Grund, warum sich manche Halbleiter-Endstufe mal mit Krawall, mal still und heimlich verabschiedete. Nicht immer sind Bedienfehler zuvor eindeutig identifizierbar.

Das Problem *Totalausfall* erreichte auch diverse Hersteller und Selbstbauer. Als Universalmittel wurde z.B. ein Leistungsteiler dem Eingang der Transistor-Endstufe vorgeschaltet. Er passt die üblichen Leistungsklassen (100/200W) dem realen Leistungsbedarf an, so dass Überspringer des vorgeschalteten Senders und ihre Auswirkungen an Bedeutung verlieren. Als willkommene Beigabe ergibt sich eine bessere Impedanz-Anpassung über große Frequenzbereiche (1,8-30 MHz). Das Verfahren ist jedoch ineffektiv und kann keine perfekte Lösung sein – nur die universellste bzw. die schnellste.

Ironie der Situation: Hat man eine langsamere Freigabe der Endstufe, so ist die Leistungsspitze unter Umständen längst verschwunden, bevor die Endstufe darauf reagieren kann. Mit etwas Pech wechselt man ein korrektes 1. Zeichen mit Überspringer gegen eine Zeichenverzerrung nebst Relais-Schalten mit Hf-Strom.

Versuche an vier Geräten unterschiedlicher Hersteller zeigten: Drei haben dabei ihre speziellen Überspringer in jeweils anderen Teilen ihrer Regelkennlinie. Bei Gerät A mit 5-10% seiner maximalen Leistung von 200W, Gerät B hat keine Überspringer (100W). Bei Gerät C war es egal, welche Leistung eingestellt wurde (10W). Gerät D (100W) hatte bei ca. 40% maximale Überspringer. Bei den Geräten A und D wurde die Leistungsspitze geringer, wenn höhere Ausgangsleistung eingestellt war. Hier wird sichtbar, warum die Leistungsteiler ihre logische Daseinsberechtigung haben. Im Voll-BK-Betrieb treten die Spitzen (bei Geräten A u. D) allein bei der Vorderflanke des 1. Zeichens auf. Ab Rückflanke ist fast alles perfekt.

Das gilt jedoch nur für den Fall, dass ohne größere Zeitlücke getastet wird. Pausiert der Sender z.B. für >10 Sekunden, so erscheint die Spitze erneut in voller Höhe.

Je nach Länge der Zeitlücke ist der Überspringer kleiner oder größer. Nach kurzer Tastlücke zeigt sich ein kleinerer und nach längerer Lücke ein größerer Überspringer.

Es ist logisch, die interne Regelung im Sender arbeitet im Verfahren *Fast attack and slow release*.

Liegt ein zusätzliches ALC-Kabel zwischen Endstufe und Sender, so ergeben sich schwer zu kontrollierende Verhältnisse. Beide Zeitkonstanten überlagern oder beeinflussen sich negativ. Im Extremfall könnte sich das berüchtigte „Pumpen einer Regelstrecke“ aufschaukeln.

Betrieb über Software

Manche Programme erlauben die Tastung eines Senders und die wahlfreie Einstellung einer Vorlaufzeit. Dabei bestimmt das Programm, zu welchem Zeitpunkt die Relais der Endstufe eingeschaltet werden. Es bestimmt auch, wie viel später die Hf zugeschaltet wird. Ist die eingestellte Vorlaufzeit länger als die Umschaltzeit der Endstufe, so gibt es keine Zeitüberschneidung und es wird stromlos geschaltet.

Das Problem der Überschwinger bleibt weiter bestehen. Alle Betriebsarten, die einen Sender in seiner Leistung von „Null nach Eins“ schalten, können Überschwinger anstoßen. Das Problem ist senderintern und es kann durch kein Programm oder keine externe Manipulation verhindert werden!

Idealer Zeitablauf zwischen Sender und Endstufe

1. Externe Taste oder PTT-Kontakt aktiviert den Sender
2. Sender gibt DC-Signal zur Endstufe, deren interne Steuerung wird aktiviert
3. Endstufen-Relais #2 legt den Ausgang zur Antenne
4. Endstufen-Relais #1 legt den Eingangskreis auf den Ausgang des Senders
5. Endstufe wird entsperrt (DC)
6. Sender gibt Hf aus, Richtung zur Endstufe.
(Punkt 3. und 4. sind evtl. kombinierbar.)

Die ideale Abschaltsequenz ist entsprechend in umgekehrter Reihenfolge.

Prinzipiell gilt die Forderung, den Schaltern der Endstufe die benötigte Zeit zu geben, sicheren Kontakt zu machen, die Peripherie zu bewegen, praktisch ohne Strom zu schalten und keinen Funken zu erzeugen – weder am Eingangskreis, am Ausgangskreis der Endstufe, noch sonst irgendwo.

Findet man bei den eigenen Geräten Abweichungen vom idealen Regelwerk, so könnten Sequencer [3] helfen. Entbehrlich werden sie, wenn Eingriffe i.d. Endstufe möglich sind. Auch muss die interne Elektronik des Sequencers absolut sicher sein gegen Hf-Beeinflussung durch das eigene Signal. Denn nichts ist ungünstiger, als wenn die eigene Hf den Sequencer stört. Der Härtefall, *Beam-strahlt-bei-max.-Leistung-der-Endstufe-genau-dorthin-wo-sich-der-Sequencer-befindet*, bringt manches elektronische Gerät an seine Grenze.

Einige Hersteller entwickelten nahezu perfekte Lösungen, die auf externe Sequencer verzichten. Ein Verfahren tastet den Sender wie üblich. Dieser gibt ein Steuersignal zur Endstufe, erwartet jedoch vor Hf-Ausgabe ein TX-ENABLE der Endstufe.

Hin und wieder sind PTT- oder KEY-Ausgang getrennt verfügbar. Zusatzschnittstellen (ACC etc.) erlauben eine komfortable Steuerung des BK-Betriebs, vielfach leider nur herstellerspezifisch. Erfordernis: Für derlei Betriebsweisen muss der Sender eingerichtet sein, d.h. zusätzliche Eingänge besitzen.

Beim Anschluss puristisch gebauter Steuersender mit je einmal PTT-IN, KEY-IN, OUT ist Vorsicht angebracht. Selbstbauer von Endstufen sollten eine Messung des Senders vornehmen. Erst danach kann die richtige Wahl der Relais in der Endstufe getroffen werden.

Alle diese Lösungen verlagern das Signal „Hf“ zeitlich nach hinten, bis das langsamste Kettenglied gefolgt ist. Bedientechnisch ist es günstig, zwischen Tastendruck und Reaktion des Systems nicht zu viel Zeit zuzulassen. Gemeint ist, der OP bemerkt die Umschaltung auf Senden trotz Kopfhörer (LEDs gehen an, HV-Trafo brummt, Instrumente, Relais klicken etc.). Wenn diese Systemreaktion im Verhältnis zum Tastendruck oder Mithörton jetzt stark verzögert auftritt, wird es zunehmend schwieriger, einen vernünftigen Rhythmus zu finden. Auch wird die Konzentrationsfähigkeit stärker gefordert, was schneller ermüdet. Insofern sollten Sequencer sparsam eingesetzt werden. Die Empfehlung bedeutet, alle Verzögerungen so kurz wie möglich zu halten. Wenn man keine perfekte Lösung eines Herstellers kauft, ist man auf Selbstbau bzw. Umbau vorhandener Geräte angewiesen. Bei der Auswahl der Relais ist mit Sorgfalt vorzugehen.

Klassiker langsamer Umschaltung (E → S) bei Endstufen sind, Drake Lxxx, Heath SBxxx, Kenwood TLxxx, ihre Derivate und andere. Einige Teile der beschriebenen Problemfälle sind zwangsläufig vorprogrammiert.

Sofern man das nicht will, sollte engeres Befassen mit der vergessenen Materie einsetzen. Ausfall durch Kontakt-Abbrand von Relais ist hier weniger zu befürchten. Deren Kontakte sind massiv und robust.

Oft sind Umschaltzeiten (Start Taste bis Start Hf) in der Konstruktion der Sender begründet oder sie sind konfigurierbar. Im ersten Fall kommt man kaum umhin, nach geeigneten Relais zu fahnden. Im zweiten Fall sollte sich das Zeitverhalten des Senders örtlichen Gegebenheiten anpassen lassen. Nicht immer ist darauf Verlass. Eine gewählte Zusatzzeit von z.B. 10ms wurde nur teilweise eingehalten. Fast immer war sie kürzer.

Forderungen an Endstufen-Relais

Wenn ein Relais vernünftigen Betrieb erlaubt, interessiert wenig, ob es eine Durchlassdämpfung von 0,02dB oder 0,1dB hat, wenn es die resultierende Verlustleistung im maximalen Sendefall verkraftet und weiteren Kriterien voll gerecht wird.

- Strombelastbarkeit
Die Max-Werte der höchsten Lizenzklasse in DL erlauben Hf-Ströme um 4A Hf (800W, 50-Ohm). Sie sind zu transportieren und das möglichst verlustfrei. Verluste entstehen überwiegend am Übergangswiderstand des Kontaktes, seiner Länge und Stromführung und am $\tan\Delta$ des Isoliermaterials.
- Schaltgeschwindigkeit
Sie orientiert sich nach erstem Anschein an den Einschaltzeiten der vorgeschalteten Sender. Heutige Geräte sind mit Näherungswerten 5-20ms zu kalkulieren, manche sind konfigurierbar.
- Geringe Kapazitäten
 - 1.) Kapazität offener Kontakte zueinander
Fast immer wird im Ausgangskreis einer Endstufe ein Umschalter benutzt, der auch den Empfangszweig rückwärts versorgt. Hohe Koppelkapazität bedeutet hohe Einkoppelgefahr für Hf-Spannung in den eigenen Empfangszweig. Zur Erinnerung: Am Mittelkontakt liegen leicht einige Hundert Volt an. Selbst wenn mehrere geöffnete Kontakte im Spiel sind (Regelfall: 2), reicht die eingekoppelte Spannung leicht, einen verstärkten Click im CW-Monitor zu erzeugen. Mehrere offene Kontakte vermindern die Gefahr eines Defekts des eigenen Empfängereingangs durch die eigene Hf.
 - 2.) Kapazität Relaispule-Kontakt
Das hat weniger Auswirkung auf die Gesamtfunktion der Anlage. Natürlich muss die Isolierung, aka das Dielektrikum, der Hf-Spannung ausreichend Widerstand entgegensetzen und den zirkulierenden Strom aushalten. Auch dadurch wird die übertragbare Leistung begrenzt, nicht allein vom Übergangswiderstand der Kontakte. Bei Keramik- oder Glasisolierung sind die Bedenken weniger gravierend.
Relais-Hersteller definieren zum Teil Kapazitäten Kontakt-Kontakt, zu Spule-Kontakt seltener. Hier ist man auf Versuche angewiesen.

Die berühmte offene Tür einzurennen bedeutet, hier grundsätzlich Relais einzusetzen, die höhere Strom- und Spannungswerte vertragen als im Idealfall auftreten. Hohes SWR stellt erhöhte Anforderungen an die Schaltelemente, abhängig von Größe und Ort der Fehlanpassung, Länge und Typ der verwendeten Hf-Leitung. Je nach Art der Impedanz erhält man größere Strom- oder größere Spannungsbelastung.

In der realen Welt gibt es zeitweise deutlich höhere SWR-Werte in den Antennen, sei es durch Wind, Schnee, schlechte Löt- oder Schraubstellen oder einfach nur die falsch ausgewählte Antenne in einer Contest-Hektik. Eine kurzzeitig leer laufende Endstufe kann hohe Anforderungen an die Relaiskontakte stellen. Niemals sollte eine herabfallende Antenne einen Gau im Verstärker auslösen!

- Mikro-Volt-Schaltvermögen
Die meisten Relais dieses Einsatzzweckes werden gleichfalls für die Durchleitung des Empfangsignals zum Sende-Empfänger benutzt. Dadurch wird der Forderung nach Strombelastbarkeit eine weitere hinzugefügt, die Übertragung von Signalen im Mikrovolt-Bereich. Beide Forderungen sind diametral und schwer zu vereinen. Allgemein gilt: Für jede zu schaltende Spannungs- und Leistungsgröße gibt es das optimale Kontaktmaterial. Für kleine Spannungen im Mikrovoltbereich wäre Gold als Kontaktmaterial höchst erwünscht. Für Ströme der Größenordnung Ampere wäre es eher unpassend. Legierungen sind praktische Realität bei Kontakten. Auch Auswege wurden bekannt. Ein Lösungsansatz z.B. belastet die Kontakte mit kleinen Kontaktströmen, die immer im Leerlauf fließen. Ziel ist, Oxydation und damit eine Isolierschicht des Kontaktmaterials zu durchbrechen. Großflächige Kontakte für hohe Spannungen/Ströme sind vereinzelt mit einem Ohm-Meter und kleiner Meßspannung nicht mehr auf Durchgang zu prüfen, während sie mit 230V klaglos funktionieren. Heutige Konstruktionen erfüllen jedoch eine Menge. Die verbesserten Materialien wirken u.a. auf den Übergangswiderstand, die Durchleitung und Schaltfähigkeit für kleinste Spannungen. Aber

längst nicht jedes Relais kommt den aufgestellten Forderungen nach.

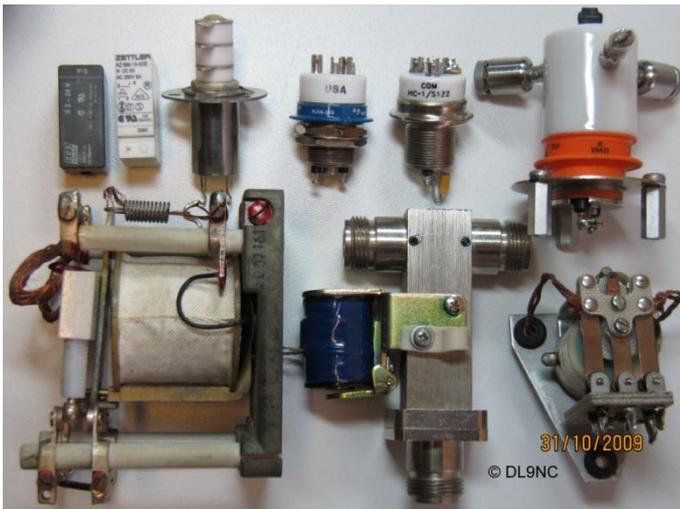
Moderne Relais haben eine Mechanik, die locker Millionen Schaltspiele erlaubt. Das dürfte selbst für den reichen, der Conteste mitmacht, bei denen jeweils einige tausend Kontakte im Log stehen.

Relaistypen

- Reed-Relais
Sie sind schnell genug, jedoch mit erforderlichen Werten nicht leicht zu beschaffen. Umschalter mit der geforderten Stromkapazität sind selten. Etwas Elektronik wäre nötig, um einen Arbeits- zum Ruhekontakt umzufunktionieren.
- Vakuum-Relais
Sie besitzen akzeptable Schaltzeiten, gute Isolierwerte und vermögen hohe Spannung an den Kontakten zuzulassen bzw. die geforderten Ströme zu transportieren. Ebenso wichtig sind geringe Kapazitäten (Kontaktflächen), Keramik- oder Glasisolierung. Diese Vorzüge selektieren Vakuum-Relais zur ersten Wahl. Aus den hohen Beschaffungskosten folgt zwangsläufig die Empfehlung, alle Kontakte pfleglich zu behandeln, absolut ohne Strom zu schalten, was den früher aufgestellten Forderungen besondere Bedeutung gibt.
Wiederholt findet man im Web Beschleuniger für Vakuum-Relais. Sie verkürzen die Anzugszeit mit einer kurzzeitig zugeführten erhöhten Betriebsspannung. Nach meinen Messungen gibt es dazu wenig Anlass. Messungen unterschiedlichster Typen zeigen genügend Reserve in den Schaltzeiten bei all meinen Transceivern. Auch ist die Relais-Mechanik wenig erfreut über den „harten Betrieb“.
- Normal-Relais
Was immer man auch darunter verstehen mag: Es gibt gut und weniger gut geeignete. Zwecks Unterscheidung wurde eine Vorauswahl getroffen und das Zeitverhalten gemessen.

(Im Zweifelsfall wird eine einfache Zeitmessung Auskunft geben, ob die Zeitspanne „Beginn Tastendruck bis Auftritt Hf“ ausreicht, um mit den gewählten Relais vernünftig arbeiten zu können).

Relais-Abbildungen



Reihe oben, l.n.r.:

S2 SDS/Nais, AZ696 Zettler, VR121 Siemens, RJ1A Jennings, HC-1 Kilovac, VR421 Siemens.

Reihe unten, l.n.r.:

Uralt Collins, CX-600N Totsu, Drake L4b/ Heath SBxxx.

Unter den 13 gemessenen Relais sind VR121, VR311, VR312, VR421, HC-1, RJ1A Vakuum-Relais. Erwartungsgemäß funktionieren sie bestens. Im Vergleich mit anderen Bauformen zeigt sich deren geringere Geräuschentwicklung.

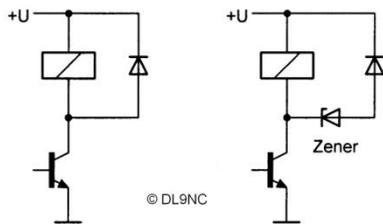
Das Koaxrelais CX600N wurde außer Konkurrenz mitgemessen, weil z.B. zwei Antennen damit geschaltet werden könnten (außen), eine für Sende- und eine für Empfangsbetrieb oder was

auch immer. Das erzeugte Geräusch ist sehr störend und das Relais arbeitet zu langsam. Kaum jemand wird auf den Gedanken kommen, es im CW-BK-Betrieb einzusetzen.

Etwa 1985 ist mir der Relais-Typ SDS S2 aufgefallen, der allen aufgezählten Forderungen gerecht wurde. Seit 1993 betreibe ich den ersten Satz Relais in einer PA ohne Ausfall, zeitweise auch im Contest-CW-Betrieb.

Nach Darstellung des Herstellers bemüht sich diese Relais-Konstruktion um geringe Kapazität zwischen offenen Kontakten. Erreicht wird das, indem z.B. Mittel- und Arbeitskontakt eines Umschalters in Reihe angeordnet wurden. Die vergossenen Kontaktfahnen im Isoliermaterial „sehen“ sich so nur mit Materialdicke. Die Wirkung der Dielektrizitätskonstante, die den Löwenanteil zur Kapazität beiträgt, wird so vermindert. Eine Parallelschaltung der Kontakte, zwecks höherer Strombelastbarkeit, erwies sich als unnötig.

Verkürzung einer Relais-Abfallzeit



Nach Einschalten des Relais wird in der Induktivität der Spule magnetische Energie gespeichert.

Beim Abschalten des Relais muss sie entsorgt werden. Das erfolgt im Regelfall über eine parallel geschaltete Diode, was zu einer langsamen Abschaltung führt.

Zulassen einer höheren Abschaltspitze beschleunigt den Abschaltvorgang. Der Transistor muss dazu geeignet sein und eine ausreichende U_{CE} aufweisen.

Zur Normierung der Reaktion unterschiedlicher Relais in den

Messreihen wurde die Zenerspannung U_Z so festgelegt: $U_Z \sim 1,2 \times U_B$. Andere Werte sind erlaubt.

Gemessene Schaltzeiten

Type	T_{AN} (ms)	T_{AB1} (ms)	T_{AB2} (ms)	U_B (V)	U_Z (V)	Hersteller
S2	6,1	7,6	2,8	13	16	Nais/SDS
AZ696	15,2	13,1	4,6	6,5	7,5	Zettler
VR121	3,2	7,4	1,5	27	32	Siemens
VR311	2,6	8,3	1,3	27	32	Siemens
VR312	2,4	2,3	0,9	27	32	Siemens
VR421	8	13,3	3	27	32	Siemens
HC-1	3	3	0,9	27	32	Kilovac
RJ1A	2,1	2,2	0,9	27	32	Jennings
41619	7,1	11	3,4	13	16	Finder
36119	8	6,6	2,6	13	16	Finder
G2R1E	10,2	10	2,9	27	32	Omron
RT424009	8	7,5	2,7	9,5	11	Schrack
CX-600N	15	12,9	4,5	13	16	Totsu

T_{AN} = Anzugszeit

T_{AB1} = Abfallzeit mit Löschdiode

T_{AB2} = Abfallzeit mit Diode + Zener in Reihenschaltung

U_B = Betriebsspannung

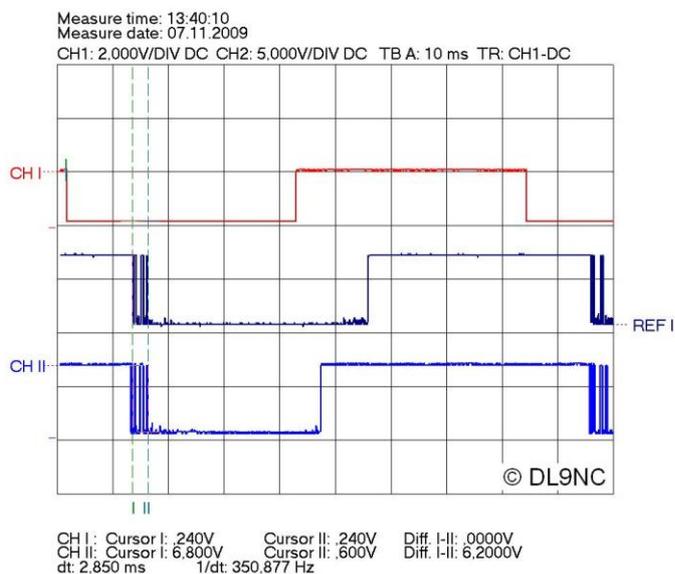
U_Z = Zenerspannung

Zeitangaben gelten inkl. der Prellzeiten. U_B versteht sich abzüglich der Restspannung am Schalttransistor (ca. 0,4-0,8V, stromabhängig).

Herstellerangaben zu den maximal erlaubten Strömen/Spannungen ihrer Relais sind mit Vorsicht zu betrachten. Mit wenigen Ausnahmen gelten die Werte für 50/60Hz. Hf-Eignung fordert zusätzliche Kriterien.

Beispiel: Jennings/Kilovac erlauben bei den Typen RJ1A/HC-1 18/25A bei 60Hz und 7/7A bei 32 MHz [4].

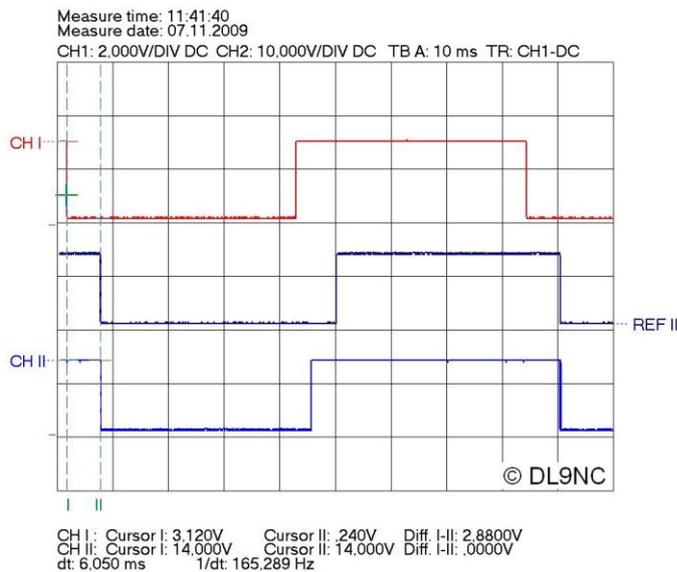
Schlechtestes Relais der Messreihe, fabrikfrisch



Die Preller sind normal bei üblichen Relais, aber für unsere Zwecke zu viel. Ein neues Relais wurde geprüft, mit dem gleichem Ergebnis (Schaltspannung bis 120V!).

CH I: Schaltspannung der vorgeschalteten Transistorstufe, Null = Ein, Relais bekam 6V
REF II: Arbeitskontakt, Null = Ein, Abfallzeit mit Löschdiode
CH II: Arbeitskontakt, Null = Ein, Abfallzeit mit Diode + Zenerdiode in Reihe
CUR I: Beginn Kontaktpreller
CUR II: Ende Kontaktpreller (2,85ms) Vorderflanke

Relais S2



CH I: Schaltspannung an vorgeschalteter Transistorstufe, Null= Ein, Relais hat 12V

REF II: Arbeitskontakt über Teiler angezeigt, Null = Ein, Abfallzeit mit Löschiode

CH II: Arbeitskontakt über Teiler angezeigt, Null = Ein, Abfallzeit mit Diode + Zener in Reihenschaltung

CUR I: Beginn des Stromflusses

CUR II: Reaktion am Kontakt, Null = Ein
Zeit: 6,05ms

Auch andere Relais erreichen Prellzeiten im Bereich ≤ 1 ms.

Leistungstest S2-Relais

Leistung: konstant 1400W
Frequenz: 28 MHz
Dauer: 6 Minuten
Kontakt: Last über einen Arbeitskontakt !
SWR: nahe 1
Ergebnis: Koax RG213, außen ΔT 3° C.,
S2-Relais, Kontaktseite außen ΔT 2° C.

Ein Test zuvor, 1800/14/10, führte zu ähnlichem Ergebnis hinsichtlich der Temperatur.

Die ΔT -Werte sagen relativ wenig aus über die realen Temperaturen am Innenleiter des RG213 als auch am Kontakt des S2-Relais. Mit Sicherheit ist vorauszusagen, dass ΔT sich weiter entwickelt mit zunehmender Betriebsdauer.

Die Anbringung eines Temperatursensors am Objekt erfolgte unter großer Pressung mit Kunststoffband.

Selbstverständlich ist mir bekannt, dass enger Wärmekontakt mit einem Kunststoff kaum real möglich und messtechnisch zumindest problematisch ist. In 6 bzw. 10 Minuten Leistungsübertragung ergibt sich ein größeres Vertrauen zur Übertragungsfähigkeit des Relais. Der Test soll zeigen, dass das S2-Relais für die Leistungsübertragung gut geeignet ist und sich nicht als „erste Brennstelle“ hervorut.



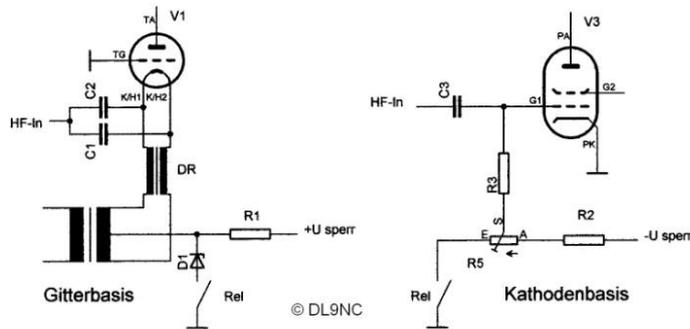
Steuerung einer Röhrendstufe

Jede größere Endstufe ist im Grunde ein kräftiger Rauschgenerator, wenn permanent ein Anodenstrom fließt (z.B. 0,25A, Ruhestrom). Kapazitives Koppeln vom Arbeitskontakt (Endstufen-Relais) zum Ruhekontakt (Empfängerzug) würde den Empfang beeinträchtigen. Übliche DC-Steuerungen unterbinden das mit Hilfe einer Sperrspannung, die im Empfangsfall Stromfluss und Rauschleistung in den Endröhren total unterdrückt.

Aus unterschiedlichsten Gründen sollten immer zwei Relais verwendet werden, jeweils eins am Eingang und am Ausgang.

Bei Gitterbasisbetrieb stellt die Zenerdiode D1 den Ruhestrom der Endstufe ein (Idle). Bei Empfang wird die Verbindung nach Masse geöffnet und $+U_{SPERR}$ belegt die Kathode mit der erwähnten Blockierspannung.

Im Sendefall ist allein die Zenerspannung aktiv, woraus sich die gewünschte Betriebsklasse ergibt. Übliche



Kontaktbelastungen wären hier: 0,5 bis 1,5A und Spannung 50 bis 120V.

Eine Kathodenbasis-Stufe ist weniger anspruchsvoll im Sinne der Kontaktbelastung. Hier werden der Strom des Spannungsteilers und die Sperrspannung geschaltet. Ein Gitterstrom darf/soll nicht fließen im Linearbetrieb. Die Spannung zur Sperrung der Röhren(n) hat negative Polarität.

Es gibt eine weitere Möglichkeit zur Sperrung einer Tetrode/Pentode, die am G2 (Schirmgitter).

Realisierte Endstufen-Steuerung

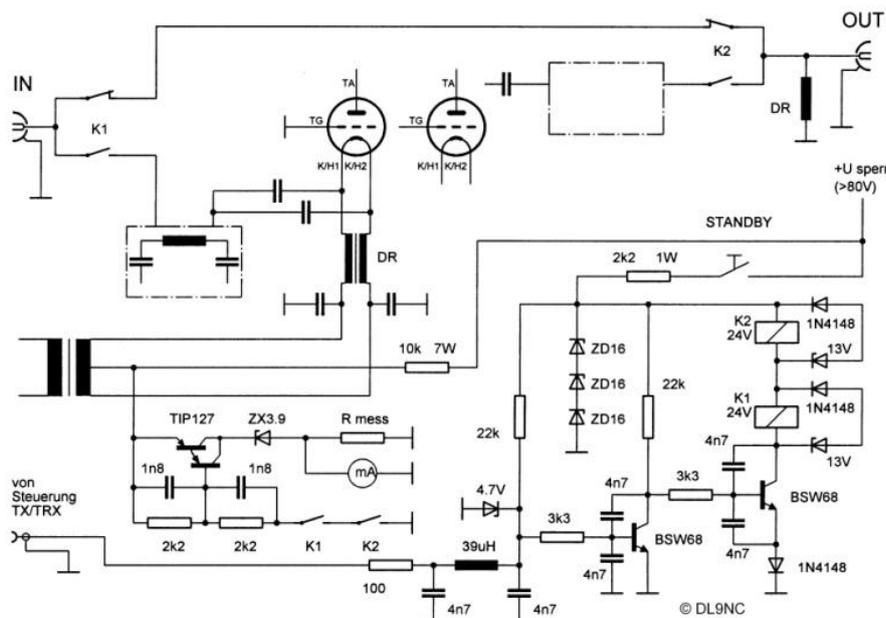
Alle Bauteile mit Werteangaben gehören zur DC-Steuerung. Die Schaltung ist ohne Besonderheiten. Sie ist nicht minimalistisch ausgeführt, da ein paar als wichtig empfundene Forderungen Priorität bekamen.

Die Wertebestimmung ergibt sich aus:

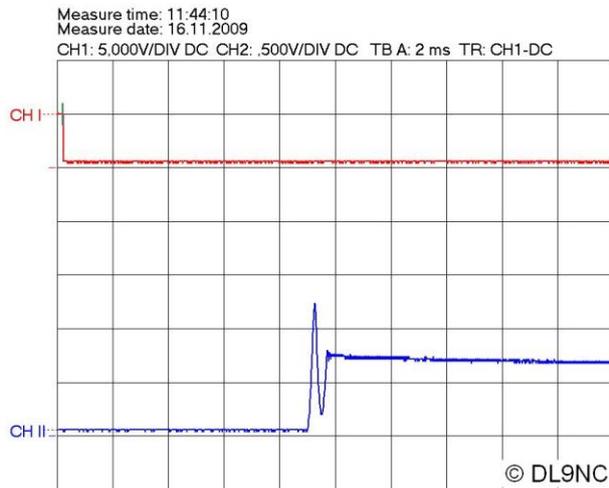
- der vorhandenen Sperrspannung für die Röhren,
- deren Arbeitspunkt und ihrem Ruhestrom (Idle),
- der vorgesehenen Belastung des Schaltkreises im Sender und
- der Sicherheit gegen eigene Hf (wegen Nähe zum PA-Käfig).

Minimalforderungen:

- Der Steuerschalter im Sender oder Sende-Empfänger kann Transistor oder Kontakt sein,
- eine Belastung dieses Schalters mit ca. 5V und 2mA, TTL-kompatibel,
- der Strom der Endstufen-Röhren wird durch einen Halbleiter geschaltet,
- eine Endstufen-Entsperrung ist nur erlaubt, wenn beide Relais definiert „Ein“ stehen (logisch UND),
- die Einströmfestigkeit gegen eigen erzeugte Hf und
- die Verwendung von Relais Typ S2.



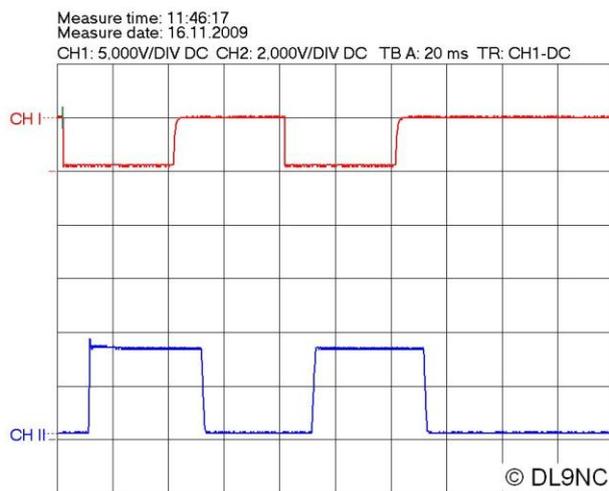
Der Halbleiterschalter des Röhrenstroms bedarf erhöhter Aufmerksamkeit. Allgemein gilt: Das Schaltvermögen von Transistoren ist weitaus kleiner als die üblich propagierten Werte von max. Kollektorstrom oder max. Kollektorspannung (TIP127: 8A/100V). Während des Schaltvorgangs tritt eine Verlustleistungsspitze auf, die



Zeitachse gedehnt, Vorderflanke, der Regelvorgang bzw. der Überschwinger ist gut sichtbar (FT-1000MkV)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

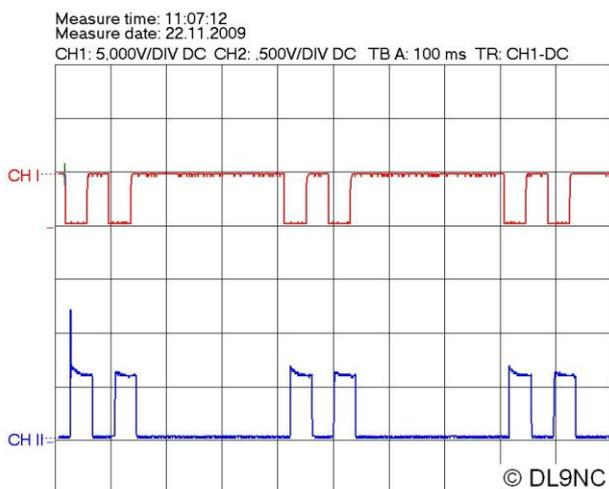
CH II: Hf-Ausgang, Leistung 10-12W, Spitze 35W



Überschwingen bei voller Ausgangsleistung (FT-1000MkV)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, Leistung 200W, Spitze ca. 220W



Überschwingen bei Mehrfachzeichen (FT-1000MkV)

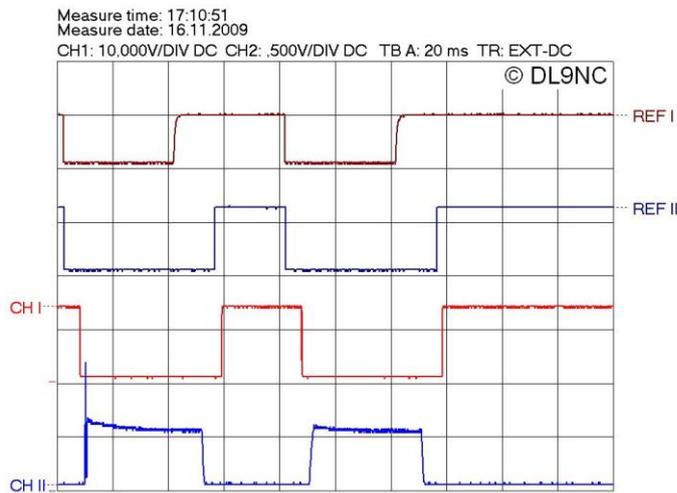
CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, Leistung 10-12W, Spitze 35W

Nach längerer Tastpause (>10 Sek.) zeigt sich exakt das gleiche Bild mit Überschwinger beim 1. Zeichen.

Im Contest, wo beispielsweise alle 5-15 Sekunden ein Nummernaustausch stattfindet, wird bei jedem Beginn einer Zeichenkette eine Spitze generiert. Ihre Größe orientiert sich an folgender Regel:

Kürzere Pause = kleinere Spitze,
längere Pause = größere Spitze.



Zeitverhalten FT-1000MkV inkl. Endstufensteuerung (Bild Seite 8)

REF I: Tasteingang, Null = Ein

REF II: Steuerausgang 1000MkV, Null = Ein

CH I: Entsperrung Endstufe (Reaktion bei der Endstufenrelais S2), Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, 10/35W

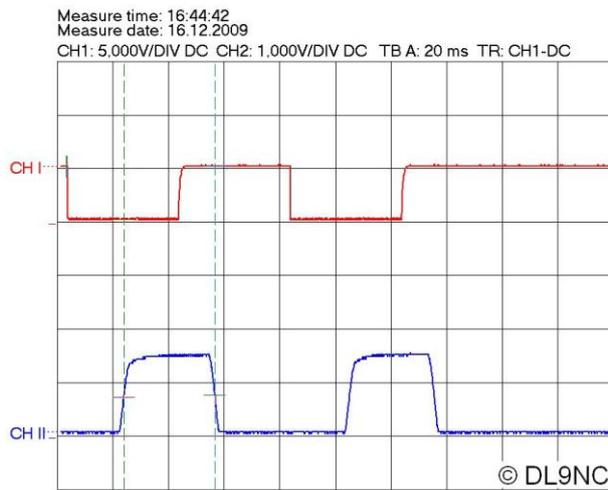
Je ein Relais schaltet den Eingangs- und den Ausgangskreis. Zwecks vereinfachter Messanordnung wurde:

1.) ein Spannungsteiler parallel zur Reihenschaltung der Relaiskontakte gelegt (ca. 13V, CH I),

2.) nur das Hf-Eingangssignal der Endstufe dargestellt CH II (als DC).

Eindeutig ist, die Hf-Spitze erscheint nach Kontaktschluss beider Relais und nach der Endstufen-Entsperrung.

Einschwingeffekte Gerät B (K3, 120W)



CH I: Cursor I: 400V Cursor II: 5,400V Diff. I-II: -5,0000V
CH II: Cursor I: .760V Cursor II: .800V Diff. I-II: -.0400V
dt: 32,800 ms 1/dt: 30,488 Hz

CH I: Tasteingang, Null = Ein

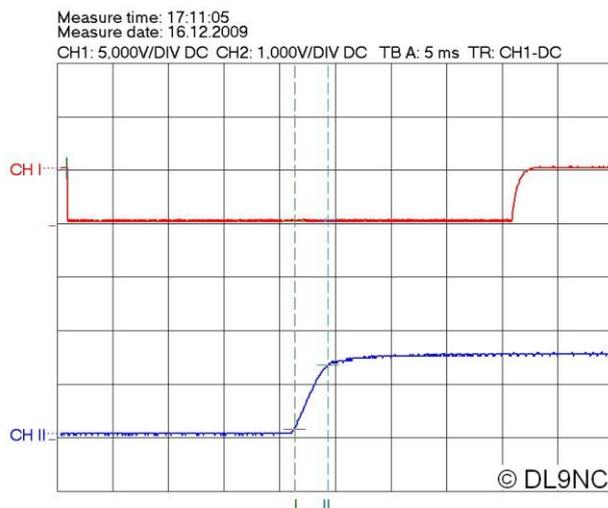
CH II: Hf-Ausgang ca. 40W

CUR I: Start Hf, Flanke 50%

CUR II: Stopp Hf, Flanke 50%

Die Schaltflanken sind langsam. Daraus resultiert eine Zeichenverkürzung auf 32,8ms, Soll = 40ms.

Es ist kein Einschwingeffekt vorhanden!



CH I: Cursor I: 400V Cursor II: 600V Diff. I-II: -2000V
CH II: Cursor I: .200V Cursor II: 1,400V Diff. I-II: -1,2000V
dt: 3,000 ms 1/dt: 333,333 Hz

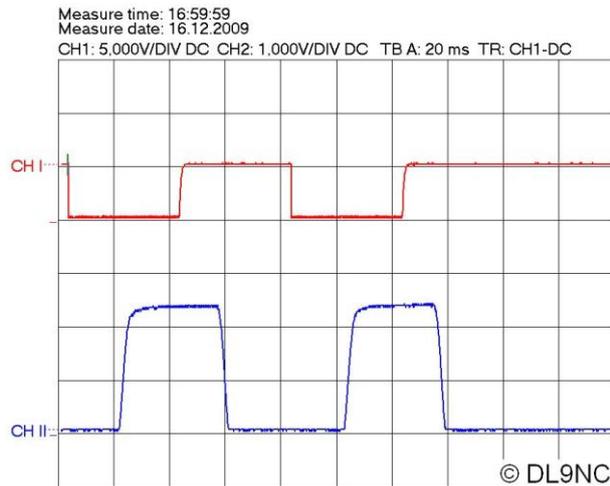
Zeitachse gedehnt, Vorderflanke (K3)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, ca. 40W

CUR I: Beginn Vorderflanke, 10%

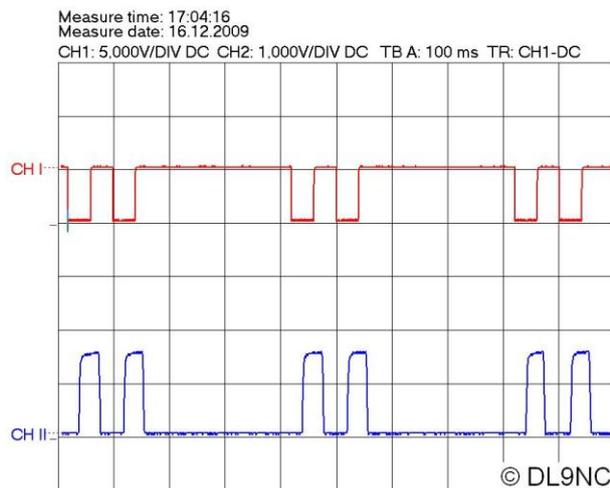
CUR II: Verlauf Vorderflanke, 90%
Dauer 3,0ms



Volle Ausgangsleistung (K3)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, 120W

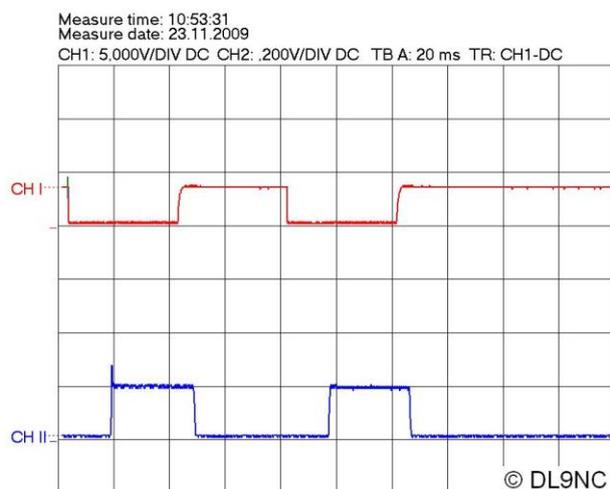


Mehrfachzeichen (K3)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

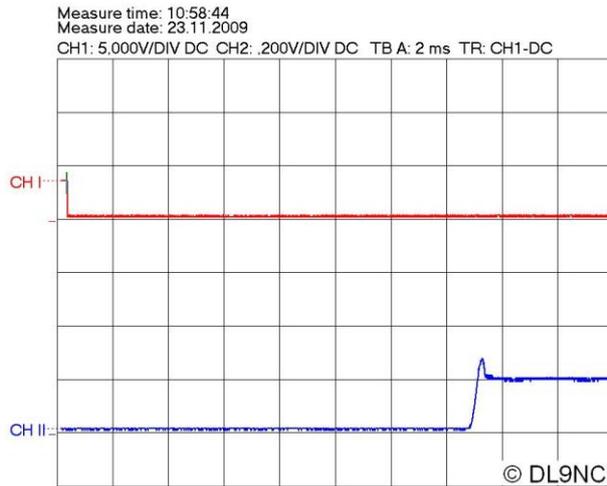
CH II: Hf-Ausgang, ca. 40W

Einschwingeffekte Gerät C (IC-703, 10W)



CH I: Tasteingang, Null = Ein

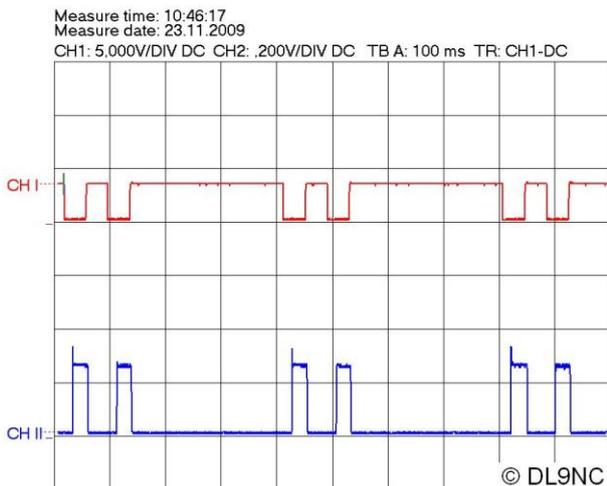
CH II: Hf-Ausgang, ca. 3W, Spitze 5W, Zeichenverkürzung: 40ms nach 29,5ms



Zeitachse gedehnt, Vorderflanke (IC-703)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, 3W, Spitze 5W

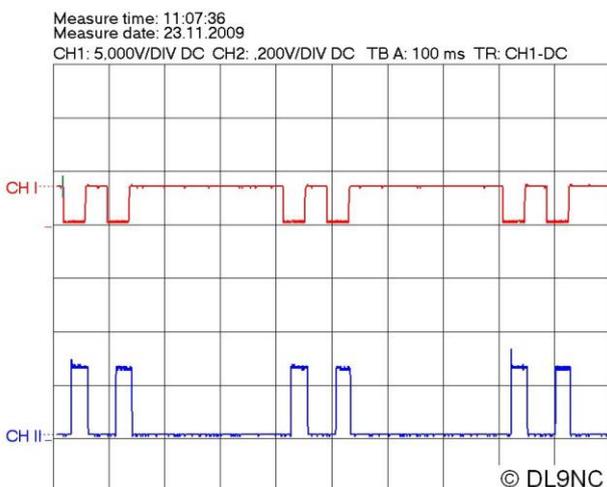


Überschwingen #1 bei Mehrfachzeichen (IC-703)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, 5W, Spitze 8W

Drei Spitzen sind erkennbar im Verlauf einer 3er-Gruppe. Kommentierung ab Seite 14: *Das Gerät C verhält sich*



Überschwingen #2 bei Mehrfachzeichen (IC-703)

CH I: Tasteingang, Null = Ein

CH II: Hf-Ausgang, 5W, Spitze 8W

Eine höhere Spitze ist erkennbar im Verlauf einer 3er-Gruppe. Kommentierung ab Seite 14: *Das Gerät C verhält sich*

Kommentierung der Messergebnisse

Vorweg gesagt: Es sollen keine objektiven Vergleiche gezogen werden, die in der Aussage gipfeln, dass dieses oder jenes Gerät besser sei als ein anderes. Das geht allein deshalb nicht, weil drei/vier Geräte unterschiedlicher Kategorien untersucht wurden und jeweils andere Leistungs-Einstellungen hinzu kamen. Der Grund dazu liegt in den unterschiedlichen Reaktionen der Geräte auf Änderungen am Leistungseinsteller. Jedes Gerät reagierte anders und erzeugte seine speziellen Spitzen in anderen Teilen seiner Regelkennlinie. Auch wäre es wenig sinnvoll, den kleinsten gemeinsamen Nenner (10W) zu verwenden, da die stärkeren Geräte damit am Anfang ihrer Einstellung betrieben würden und das 10W-Gerät am Ende.

Auch eine Festlegung auf die jeweilige Bereichsmittle der Leistungsabgabe (50%) hätte wenig Sinn, weil die maximalen Überschwingeffekte bei den Geräten völlig unterschiedlich liegen. Ein Gerät erzeugt seine stärksten Spitzen bei 10-15%, ein anderes hat keine, ein drittes bei 10-100% seiner maximalen Leistungsabgabe. Das vierte Gerät erzeugt sie beim Wert von ca. 40%.

Die Kommentierung soll darlegen, dass das aufgezeigte Problem teilweise klassenübergreifend auftritt.

Gerät A (**FT-1000MkV**) zeigt ein starkes Überschwingen, was im Dehnbetrieb besonders sichtbar wird. Es zeigt steilere Flanken als die Geräte B und D, hörbar stärkere Tast-Klicks. Die interne Regelung startet schneller und die Leistungsspitze ist damit schnell vorbei (ca. 0,8ms). Gut sichtbar wird ein geringeres Überschwingen in der Einstellung auf „volle Ausgangsleistung“. Es gibt praktisch kaum Zeichenverkürzung. Das CW-Signal ist fast perfekt.

Gerät B (**Elecraft K3**) zeigt ein weiches Einsetzen des Hf-Signals. Überschwingen ist nicht erkennbar. Die Hf-Signale sind klickärmer als die der Geräte A und D. Auch im Zustand „volle Ausgangsleistung“ ist keine Energiespitze sichtbar. Bedingt durch die geringere Flankensteilheit der Signale kommt es zu einer Zeichenverkürzung (40ms→32,8ms, das 2. Zeichen ist noch kürzer). Dennoch ist das CW-Signal m.E. fast perfekt.

Gerät C (**Icom IC-703**) zeigt eklatante Unterschiede. Als erstes fällt auf, dass die Zeichen (Dits z.B.) stark verkürzt (40ms→29,5ms) und die Pausen entsprechend verlängert wurden. Telegrafie-Liebhaber hatten die Konstrukteure vermutlich weniger im Sinn, Zufall oder Ausreißer? Jedenfalls ist das akustisch klar hörbar. Der interne Regelvorgang ist nach etwa 0,65ms beendet, die Hf-Flanken sind kurz und steil = harte Tastung.

Gerät D (**Kenwood TS-850SAT**) wurde nach gleichem Verfahren gemessen (ohne Bilder). Maximales Überschwingen (2,6fach) findet bei der Einstellung 40W statt (Spitze 105W). Der Regelvorgang dauert 2,27ms. Voll ausgesteuert auf 110W bleibt eine Spitze mit 165W erhalten. Das Produkt aus Überschwingenspitze und ihrer Zeitdauer (in Joule) ist hoch und gefährdet evtl. nachgeschaltete Transistorverstärker stark. Das CW-Signal ist geringfügig verkürzt (40ms→37ms). Es ist als fast perfekt zu bezeichnen.

Bei den Geräten A und D lässt sich erkennen:

- 1.) Alle Leistungsspitzen treten immer zu Beginn des Übergangs E→S und nach entsprechender Pause auf,
- 2.) die Spitzen vermindern sich mehr und mehr mit größerer Ausgangsleistung (prozentual).

Das Gerät C verhält sich in beiden erwähnten Punkten vergleichsweise anders:

1.) Spitzen treten sehr häufig auf, mal bei Dit #1, mal bei Dit #2, mal bei Dit #3, zeitweise mehrfach hintereinander und innerhalb derselben 3er-Gruppe. Auch nach längerer Beobachtung ist eine einfache Regel nicht zu erkennen.

2.) Die Spitzen des Hf-Signals sind weitgehend unabhängig vom Leistungsregler.

Das CW-Signal ist durch Zeichenverzerrung/Flankensteilheit in seiner Gesamtheit anders als das anderer Geräte.

Der Kaufzeitpunkt der gemessenen Geräte: **FT-1000MkV 7/2004**, **K3 12/2008** **MCU 2.78**, **IC-703 12/2008**, **TS-850SAT 11/1992**. Auch das älteste Gerät ist technisch noch „auf der Höhe“!

Zusatz: Über weite Frequenzbereiche unterliegen lineare Leistungsverstärker stark differierenden Verstärkungsfaktoren. Die Gerätehersteller steuern dagegen mit entsprechenden Beschaltungen. Als linearer Kraftverstärker ist ein topfebener Frequenzgang in Amateurgeräten ziemlich die Ausnahme. Hier kommt wieder die Regelstrecke ins Gespräch, die für Hf-Spitzen verantwortlich ist. Hat man einen Verstärker im Sender, der intern (!) bei 30 MHz z.B. dreifache Ansteuerleistung benötigt als bei 1,8 MHz, so justiert die Regelstrecke die interne Aussteuerung wie gewünscht. Das Verfahren führt zu etwa gleicher Maximalleistung auf unterschiedlichen Frequenzbändern. Allerdings treten wieder die Faktoren in Erscheinung, die Hf-Spitzen aus dem Regelprozess generieren. Das wirkt dann so, dass sich das Überschwingen auf anderen Frequen-

zen ändert. Bildlich lässt sich das so vorstellen, dass andere Teile der Regelkennlinie durchlaufen werden. Bisher wurden ca. 80 Messungen vorgenommen, die alle bei 3,76 MHz stattfanden. Bezugnehmend auf das zuvor gesagte, würde der Aufwand für 9 Frequenzbänder vervielfacht. Das würde den Umfang des Berichtes sprengen.

Maßnahmen gegen Leistungsspitzen

Für den „Spitzenerzeuger“ Sender gilt als einfachste Maßnahme, ihn immer mit voller Ausgangsleistung zu betreiben. Ist dann die Leistung zu hoch für die angeschlossene Endstufe, so sollte das zuvor erwähnte „Universalmittel“, sprich Leistungsteiler oder Dämpfungsglied, in Erwägung gezogen werden.

Für eine Endstufe in Kathodenbasis ist die Leistungsanpassung leichter, wenn ein Eingriff erlaubt ist. Eine Gegenkopplung in Form eines Widerstandes in der(n) Kathode(n), reduziert die Verstärkung aufs nötige Maß. Die Größenordnung ist leistungs- und röhrenabhängig, ca. 2Ω - 20Ω , ohne Hf-Überbrückung (= ohne Kondensator)! Diese Maßnahme bringt zusätzlich eine messbare Reduzierung der Intermodulation. Etwas Vorsicht ist angebracht, wenn der Lastwiderstand am G1 (Passive Grid) zuvor für eine geringere Last bemessen wurde. Nach der empfohlenen Maßnahme ist die erforderliche Eingangsleistung höher. Das belastet ihn stärker. Gegebenenfalls muss ein Tausch stattfinden.

Für Halbleiterendstufen finden sich vereinzelt Lösungen für Spitzenbegrenzer mit 50 Dioden oder mehr. Für mich ist das keine angemessene Lösung. Ein Begrenzer oder Limiter wirkt eindeutiger, je weniger Elemente er enthält. Eine Vielzahl bedeutet ungleiche Stromverteilung, mehr Ausdehnung, mehr Induktivitäten, mehr Kapazitäten, usw. Eine gleichmäßige Lastverteilung in den Dioden erscheint mir schwierig. Es gibt Beispiele aus der Praxis der Elektrotechnik, bei denen turnusmäßig *immer-die-linke-Diode* defekt wurde und selten die andere parallel liegende und umgekehrt. Im Hf-Bereich sind derlei Probleme weit stärker vertreten.

Es ist sehr schwierig und wenig praktikabel, Eingriff in moderne Transceiver vorzunehmen. Trotz dieser bekannten Tatsache erscheinen immer wieder „Einfache Modifikationen“ der Hardware, die eine Menge an Verbesserungen versprechen. Oft darf man sie getrost Verschlimmbesserung nennen.

Sollte die Modifikation nicht vom Hersteller direkt kommen, so ist Skepsis angebracht. In einem Gerät dieser Komplexität steckt eine Menge an Ingenieurwissen, das sehr selten komplett überblickt werden kann. Ist wirklich eine Schwachstelle richtig erkannt, so wird eine schnelle Primitivlösung nur in Einzelfällen Verbesserung schaffen.

Ein modernes Gerät stellt in seiner Gesamtheit fast ein kleines Kunstwerk dar, in dem sich eine Vielzahl unterschiedlicher Disziplinen vereinen. Eine echte Verbesserung, z.B. am Punkt X, könnte eine Verschlechterung der Eigenschaft Y hervorrufen.

Jedes Konzept trägt eine Menge an Kompromissen zwischen technischen und kaufmännischen Gesichtspunkten in sich. Nicht zu vergessen: Vieles vom Konzept und viele Eigenschaften beruhen auf Firmware. Auch ist Handlöten von SMD-Bauteilen bis hin zu Baugrößen 0805, 0603, 0402, 0201, eine Aufgabe für *Scharfseher mit Lupe*, ausgestattet mit dem Attribut *die Ruhe selbst*.

Eine externe ALC-Verbindung zwischen Endstufe und Sender ist nach Möglichkeit zu vermeiden, speziell für den Fall, dass Geräte unterschiedlicher Hersteller im Spiel sind. Nicht abgestimmte Zeitkonstanten, unterschiedliche Regelspannungspegel und unterschiedliche Steilheiten der Regelkennlinien zwischen den Geräten passen selten gut zusammen. Auch stelle man sich die Situation vor, wenn zusätzlich die SWR-Schutzschaltung während eines senderinternen Regelprozesses eingreift und versucht, über die ALC-Leitung die Leistung (extern) anzupassen. Diese Mischung ist buchstäblich „zu allem fähig“.

Software Updates

Die Technik der Funkgeräte wird täglich komplizierter. Es ist deshalb wenig verwunderlich, dass neue Geräte auf den Markt kommen, die einen unreifen Eindruck vermitteln.

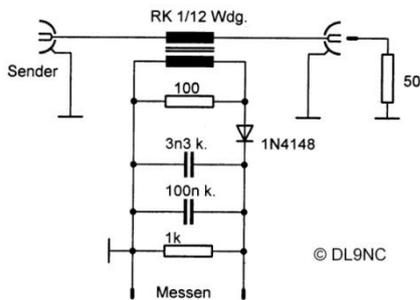
Manche „Kästen“ werden so konzipiert, dass viele Eigenschaften beim Kunden nachentwickelt werden können und zwangsläufig auch müssen – „verbessern“, sagt uns die Werbung. Wenn ein Gerät sich erfolgreich akustisch einer Blechdose nähert, ein unmögliches AGC-Verhalten hat oder dessen Sendesignal das „berühmte Scheunentor“ erreicht bis übertrifft, so bedeutet ein Update m.E. eindeutig Nachentwicklung beim Beta-Tester Kunde. Andere „Wortschöpfungen“ sind verwirrend oderbarer Unsinn.

Erwartungen an neue Firmware sind hoch angesiedelt. Eine Software-Modifikation kann z.B. einen total verpatzten Pegelplan (Stufenfolge unter Hardware-Gesichtspunkten betrachtet) nachbessern, aber niemals ein Wundergerät hervorzaubern. Der umgekehrte Fall ist eher möglich: Ein korrekt realisierter Pegelplan (nach

Hardware!) wurde durch eine verunglückte Firmware so deformiert, dass das Gesamtobjekt wenig brauchbar wurde. Unter dieser Voraussetzung zaubert Softwareupdate annähernd das Wundergerät herbei - wenn man Glück hat. Praxis scheint mir eher der zuerst genannte Fall zu sein. Wie soll man sonst Updates erklären, die alle paar Wochen „Verbesserungen am fertig entwickelten Gerät“ versprechen? Man darf sich erinnern, auch dieses Gerät wurde am Markt mit Superlativen angekündigt und beworben.

Manchmal hilft das beste „Verbiegungsupdate“ nicht. Einen gänzlich unreifen Eindruck machte ein Transceiver, bei dem (nach erfolglosen Updates) das aktuelle 3.Release einer Leiterplatte bekannt wurde (zwecks besserer Wirkung eines Roofing-Filters u.a.). Ohne korrekte Hardware nützt die beste Software nur wenig ! Um jede wichtige Stufe per Software individuell einstellen zu können, bedarf es eines zu hohen Aufwandes.

Verwendeter Messkoppler



Schlussanmerkung

Zu möglichen Kommentaren wie „Bei unseren vielen Messungen haben wir derlei nichts bemerkt“, möchte ich empfehlen, sich sorgfältig auf die Übergänge E→S zu konzentrieren, und bei fortlaufender Kontrolle immer wieder unterschiedlich lange Pausen einzuschleifen. Auch darf getrost das Frequenzband gewechselt werden. Analog zu anderen Technikbereichen findet sich häufig nur dann etwas, wenn man weiß, was man sucht.

Nicht jede Gerätetype produziert Spitzen. Ich habe für den Bericht jeweils ein Gerät einer Type gemessen und das verbietet eine Verallgemeinerung im Sinne von die Geräte des Herstellers xyz sind

Zuvor hatte ich weitere Geräte untersucht und mehrfach Überschwinger entdeckt. Doch waren die Testbedingungen nicht gleich. Deshalb verzichte ich auf eine nähere Beschreibung dieser Geräteeigenschaften.

Was das Relais S2 angeht, so gebe ich allein meine Erfahrung damit wieder. Alternativen sind vorhanden.

Anhang

Auf die Inhalte der angegebenen Web-Adressen habe ich keinen Einfluss. Eine Verantwortung kann ich dazu nicht übernehmen. Die Inhalte dienen allein zur Information und Ergänzung der besprochenen Technik. Ich habe mich bemüht alles korrekt darzustellen. Fehler und Missverständnisse sind kaum auszuschließen.

[1] Pin-Dioden-Schalter QSK-5

<http://www.ameritron/Product.php?productid=QSK-5X>

[2] Leistungsspitzen in Diskussion

AMPS Archive 2007-12, 2007-11, 2007-3, 2007-2, 2007-1, den jeweiligen Threads folgend, z.B.,

http://lists.contesting.com/_amps/2007-11/msg00115.html,

http://lists.contesting.com/_amps/2007-03/msg00209.html

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

[3] Beispiel eines Sequencers

http://www.xs4all.nl/~kvgog/projects/tx_rx2.html

[4] Einige Hersteller von Vakuumrelais

<http://www.jenningstech.com/ps/jen/relaylist.cgi>

http://relays.tycoelectronics.com/datasheets/hc1_3_5.pdf

http://www.gigavac.com/apps/relays/pick_quick/table2/index.htm