

## K 2-Applikationsbericht zum Rundfunk-FM-ZF-Verstärkerschaltkreis A 225

0. Inhalt
1. Darlegung der im IS enthaltenen Funktionsgruppen
2. Gegenüberstellung der Meßwerte am A 225 und am TDA 1047
3. Anwendungsbeispiele und -hinweise zum A 225
4. Zusammenfassung

### 1. Darlegung der im IS enthaltenen Funktionsgruppen

#### 1.1 Begrenzerverstärker und Demodulator

Für die Verstärkung der hochfrequenten ZF-Signale enthält der IS A 225 einen 8-stufigen Begrenzerverstärker, dem sich der Demodulator anschließt. Der Demodulator, ein Koizidenzdemodulator, ist bereits durch verschiedene Schaltkreise bekannt geworden und entspricht in seiner Auslegung etwa dem des A 223. Seine Ausgänge arbeiten auf Referenzdioden zweier Strombänke (modifizierte Stromspiegelschaltungen), die den NF-Ausgangsverstärker, den AFC-Verstärker und den Indikator für die verstimmabhängige Stummschaltung treiben.

#### 1.2 NF-Ausgangsverstärker, AFC-Verstärker, Verstimmindikator

Die genannten 3 Funktionsblöcke arbeiten alle nach dem Prinzip gegeneinander geschalteter Stromspiegelschaltungen mit einem Gegentaktstromausgang. Der Gegentaktstromausgang des NF-Verstärkers arbeitet auf einen integrierten Widerstand gegen eine interne Referenzspannung. Das an ihm anliegende NF-Signal wird über einen Emitterfolger auf den NF-Ausgang, Anschluß 7, geführt und steht dort mit einem geringen Innenwiderstand zur Verfügung.

Der Ausgang des AFC-Verstärkers ist ebenfalls ein Gegentaktstromausgang und liegt direkt am Anschluß 5 des IS. Legt man ihn z. B. über einen Widerstand gegen eine externe Referenzspannung, so fließt ein Gleichstrom, der um den Nulldurchgang proportional der Verstimmung ist und von einem Wechselstrom, proportional der FM-Modulation, überlagert ist.

Ein Siebkondensator am Anschluß 5 glättet den AFC-Strom, so daß das Ausgangssignal zur Steuerung einer AFC-Schaltung bereitsteht. Der Verstimmindikator ist ein dem AFC-Ausgang äquivalenter Ausgang, der am Anschluß 4 liegt und dort mittels eines Kondensators von NF-Signalen befreit wird. Der der Verstimmung proportionale positive bzw. negative Gleichstrom fließt im IS über eine "Gleichrichterschaltung", die diesen Strom in einen richtungsunabhängigen Steuerstrom umwandelt, in einen Gleichstromverstärker, der am Anschluß 13 eine verstimmabhängige Spannung erzeugt und über den internen Schwellwertverstärker den NF-Ausgang stumm schaltet.

### 1.3 Feldstärkeanzeige und feldstärkeabhängige Stummschaltung

Der IS A 225 bietet am Anschluß 14 die Anschlußmöglichkeit für einen Feldstärkeindikator, der über einen Eingangsspannungsbereich von ca. 60 dB einen näherungsweise logarithmischen Zusammenhang zwischen Eingangssignal und Feldstärkeanzeige aufweist. Die Auswertung der Feldstärke wird in der zweiten, vierten und sechsten Stufe des Begrenzerverstärkers durch Abgriff des HF-Signals, sowie am Phasenschieberkreis vorgenommen. Der Anschluß 15 weist gegenüber dem Anschluß 14 einen mit steigender Feldstärke fallenden Spannungsverlauf auf und kann somit über einen einstellbaren Spannungsteiler den Anschluß 13, also den Eingang des Schwellwertschalters der Stummschaltstufe, steuern. Bei Verringerung der Feldstärke steigt somit  $U_{13}$  und die NF-Ausgangsspannung wird abgeschaltet. Beide Ausgänge, Anschluß 14 und Anschluß 15, können auch zur Steuerung anderer Baustufen genutzt werden, z. B. Zwangsmonoschaltung des Stereodekoders.

### 1.4 Automatische AFC-Abschaltung

Im IS A 225 ist ein Komplex enthalten, der dazu dient, die AFC bei der Senderwahl abzuschalten, um ohne AFC den Sender optimal einzustellen, wonach sich die AFC automatisch wieder einschaltet und den Feinabgleich vornimmt, sowie eine mögliche Oszillatordrift ausgleicht. Dazu wird die Abstimmspannung bzw. eine bei Abstimmung variierende Spannung (z. B. Hilfsspannung bei Dreko-Dunern) über

einen Kondensator an den Anschluß 2 des IS gelegt. Bei einer auftretenden Abstimmspannungsänderung von  $\Delta U > 20 \text{ mV}$  wird die AFC-Stufe abgeschaltet. Mit der Zeitkonstante  $\gamma$  des am Anschluß 3 des IS liegenden RC-Gliedes schaltet sich die AFC-Stufe nach Beendigung der Senderwahl verzögert wieder ein.

## 2. Gegenüberstellung der Meßwerte am A 225 und am TDA 1047

Die Parameter des IS A 225 sind in der Tabelle 1 anhand von Meßwerten mit denen des TDA 1047 den Grenzwerten des Pflichtenheftes sowie den Fremdmasterkatalogangaben gegenübergestellt. Der Vorstellung der Parameter seien hier noch einige Einflußgrößen der äußeren Beschaltung auf die Parameter vorangestellt. Alle Parameter wurden auf einer Meßschaltung entsprechend dem Pflichtenheft bei einer Leerlaufgüte des Phasenschieberkreises von  $Q_0 = 35$  gemessen. Am NF-Ausgang ist eine Deemphasis vorgesehen worden, um die Parameter dem späteren Einsatz entsprechend zu ermitteln. Besonderen Einfluß auf die Parameter des IS zeigt, wie zu erwarten, die Leerlaufgüte des Phasenschieberkreises. Eine Erhöhung der Güte bedeutet eine Erhöhung der NF-Ausgangsspannung und damit gleichlaufend des Klirrfaktors. Entsprechend dem Anstieg der NF-Ausgangsspannung steigt auch die AFC-Steilheit; der Bereich, in dem die verstimmabhängige Stummeschaltung noch nicht einsetzt, wird kleiner.

Die höhere Güte liefert am Phasenschieberkreis eine höhere Träger-spannung, die auch auf die Feldstärkeanzeige wirkt und den Spannungsanstieg  $U_{14}$  bei kleinen Eingangssignalen versteilert. Eine Verringerung der Güte beeinflusst die aufgeführten Parameter im entgegengesetzten Sinn.

Aus der Tabelle sind die wesentlichen Parameter ersichtlich. Die Diskussion erstreckt sich an dieser Stelle nur auf ausgewählte Parameter. So ist zu erkennen, daß die NF-Ausgangsspannung des A 225 typisch etwas höher liegt, als beim TDA 1047. Beide Werte liegen erheblich über der Angabe des Fremdmasterkatalogs. Eine Ursache ist darin zu sehen, daß im Fremdmasterkatalog eine andere <sup>x</sup> angegeben wird, als in unserer Meßschaltung realisiert ist.

<sup>x</sup>Betriebsgüte

Eine Anpassung an die Katalogangabe wurde nicht vorgenommen, da sich dann andere Parameter des Katalogs auch am Fremdmuster nicht mehr übereinstimmend ergeben würden. Somit sind auch in den Fremdmusterkatalogangaben Widersprüche zu entsprechenden Meßwerten zu erkennen.

Beachte Unterschiede bestehen zwischen A 225 und TDA 1047 im etwas höheren Begrenzungseinsatz des A 225, der bei den untersuchten Mustern jedoch die Katalogforderung  $\leq 50, \mu\text{V}$  und damit auch die Pflichtenheftforderung  $\leq 60, \mu\text{V}$  erfüllt. In der AM-Unterdrückung sind A 225 und Fremdmuster als gleichwertig anzusehen, wobei der Fremdmusterkatalogwert nicht von allen TDA 1047 eingehalten wird. Im Parameter "Klirrfaktor" erfüllten die untersuchten A 225 die Katalogforderung auch bei  $I_{\text{APC}} = 0$ . Diese Rundbedingung ist wesentlich, fehlt aber bei der Fremdmusterangabe.

Im Bereich zwischen dem Einsatz der verstimmabhängigen Stummschaltung wurde am A 225 etwas geringer ermittelt als am Fremdmuster, wobei ein Katalogvergleich aus der bereits genannten Differenz zur Güte des Phasenschieberkreises nicht direkt möglich ist. Die übrigen Parameter sind weitestgehend zwischen A 225 und Fremdmuster identisch. Auch aus den Kurvenverläufen der Bilder 1 bis 5 ist dies ersichtlich, wobei im Bild 2 eine Ausnahme bei  $U_g = 4 \text{ V}$  auffällt. Bei dieser Betriebsspannung, bei der die interne Spannungsstabilisierung in ihrer Funktion beeinträchtigt wird, treten starke Unsymmetrien im Demodulator auf. Es steigt die NF-Ausgangsspannung und der Klirrfaktor an. Obwohl ein Betriebsfall im Einsatz bei dieser Betriebsspannung kaum noch vorkommen wird, sollte dieses Verhalten jedoch in der weiteren Bearbeitung abgestellt werden, um auch in diesem Punkt Fremdmusteräquivalenz zu erreichen. An dieser Stelle soll noch angemerkt werden, daß im Bild 5 die Kurvenverläufe auf das jeweilige NF-Signal des gemessenen Musters bei  $U_1 = 10 \text{ mV}$  normiert sind.



Tabelle 1

Kenngrößen des A 225 (TDA 1047)

 $U_S = 15 \text{ V}$ ,  $Q_0 = 35$ ,  $f_{\text{mod}} = 1 \text{ kHz}$ ,  $f_{\text{ZF}} = 10,7 \text{ MHz}$ 

Kennwert	Kurzzeichen	Einheit	min	typ	max	Bemerkung
Stromaufnahme $I_{14} = 0$	$I_S$	mA	10	10,5	11,5	1)
				11,5		2)
			9	12	20	3)
					15	4)
NF-Ausgangsspanng. $\Delta f = + 75 \text{ kHz}$ , $U_1 = 70 \text{ mV}$	$U_{\text{NF}}$	mV	380	418	448	1)
				395		2)
			300			3)
			270	300		4)
Begrenzungseinsatz $\Delta f = 75 \text{ kHz}$	$U_{\text{IT}}$	µV	37	43	50	1)
				25		2)
					60	3)
				30	50	4)
AM-Unterdrückung $\Delta f = + 75 \text{ kHz}$ , $m = 0,3$ , $U_1 = 10 \text{ mV}$	$a_{\text{AM}}$	dB	52	63	72	1)
				62,2		2)
			48			3)
			60			4)
NF-Unterdrückung bei Stummschaltung $f = \pm 75 \text{ kHz}$	$a_{\text{NF}}$	dB	62	69	80	1)
				65		2)
			60			4)
Klirrfaktor $\Delta f = + 75 \text{ kHz}$ $\text{IAFC} = 0$	K	%	0,24	0,51	0,76	1)
				0,47		2)
				0,4	0,8	4)
Feldstärkeanzeigspg. $U_1 = 16 \mu\text{V}$	$U_{14}$	mV	0	19	60	1)
				5		2)
					200	3)
				10	20	4)
Feldstärkeanzeigspg. $U_1 = 160 \text{ mV}$	$U_{14}$	V	2,18	2,6	3,1	1)
				2,75		2)
			1,6			3)
			1,6	2		4)
Spg. für Squelch- einstellung $U_1 = 10 \text{ mV}$	$U_{15}$	mV	-	0	165	1)
				10		2)
					700	3)

Fortsetzung Tabelle 1

Kennwert	Kurz- zeichen	Einheit	min	typ	max	Bemerkung
Spg. für Squelch- einstellung $U_i = 16, \mu V$	$U_{15}$	V	2,43	2,6	2,67	1)
					2,7	2)
			2,2			3)
			2,2	2,5		4)
Einsatz d. verstimm- abhängigen Stumm- schaltung	$\Delta f$	KHz	$\pm 50$	$\pm 60$	$\pm 75$	1)
				$\pm 73$		2)
			$\pm 70$	$\pm 100$	$\pm 150$	4)
AFC-Steilheit	$S_{AFC}$	$\frac{\mu A}{KHz}$		1,05		1) 2)
AFC-Abschaltspan- nung	$\Delta U_2$	$\frac{KHz}{\mu V_{on}}$	8,2	8,6	10	1)
				7,8		2)
					20	3) 4)

Bemerkungen

- 1) Meßwerte A 225 (20 Stück)
- 2) Meßwerte TDA 1047 (5 Stück)
- 3) Forderung gemäß Pflichtenheft A 225, Ausgabe 11/77
- 4) Angaben im Siemens-Katalog "Lineare Schaltungen"  
Ausgabe 1977/78

### 3. Anwendungsbeispiele und -hinweise zum A 225

Eine aufwendige Grundschialtung für hochwertige Empfänger zeigt Bild 6, die im Zusammenhang mit dem in Bild 7 dargestellten gruppenlaufzeitkonstanten Filterkomplex hervorragende Parameter zeigt. Die Schaltung ist im Laboraufbau erprobt worden und zeigt auch im Zusammenspiel mit einem Tuner Typ 6 (Tocata) und einem Stereodecoder mit dem IS A 290 D sehr gute Ergebnisse. Auf einige Schaltungsdetails soll hier etwas näher eingegangen werden. Der Schalter S 1 bewirkt im geschlossenen Zustand, daß die AFC abgeschaltet ist, während mit dem Schalter S 2 die Stummschaltung außer Betrieb gesetzt werden kann. Die Ausgänge A 1 und A 2 (positiv und negativ verlaufende Feldstärkeausgänge) können z. B. für weitere Schaltungsfunktionen unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Ströme genutzt werden (z. B. Zwangsmonoschaltung). Der Kondensator C 1 kann bedarfsweise sowohl am Anschluß 14 als auch am Anschluß 15 vorgesehen werden, um die Anzeigespannung zu glätten, da diese entsprechend dem Amplitudengang des Phasenschieberkreis und der vorgeschalteten Selektion bei hohem Modulationshub durch diesen moduliert wird. Der Koppelkondensator C 2 von der Abstimmspannung zum AFC-Abschaltkomplex sollte entsprechend dem angewandten Konzept optimiert werden. So hat z. B. eine Abstimmung zwischen AFC-Zeitkonstante und C 2 zu erfolgen, um zu verhindern, daß die Änderung der Abstimmspannung durch eine aufgestockte AFC diese sofort wieder abschaltet. In der Regel genügt für C 2 ein Kondensator von  $0,1 \mu\text{F}$ . Die Siebung des Ausgangssignals des Verstimmindikators erfolgt am Anschluß 4 mittels C 3. Der empfohlene Wert von  $4,7 \mu\text{F}$  kann weitgehend variiert werden. Für die sichere Funktion der verstimmabhängigen Stummschaltung reicht ein Kondensator von  $0,47 \mu\text{F}$  aus. Es sollten im Interesse der Spitzenstrombelastung der internen Bauelemente des IS beim Einschaltvorgang keine Kondensatorwerte  $> 4,7 \mu\text{F}$  angeschlossen werden. Eine eventuelle Verzögerung der NF-Einschaltung kann mittels einer Reihenschaltung eines Kondensators mit einem Widerstand zwischen Masse und Anschluß 4 erfolgen, wobei der Widerstand in der Größenordnung von  $50 \text{ k}\Omega$  sein kann. Neben dieser Kombination ist vom Anschluß 4 nach Masse ein zweiter Kondensator von  $0,47 \mu\text{F}$  erforderlich.

Diese Einschaltverzögerung ist bei HI-FI-Geräten nicht notwendig, da hier im allgemeinen die Lautsprecher verzögert angeschaltet werden. Eine weitere Möglichkeit der NF-Abschaltung besteht am Anschluß 6, indem dieser über einen Widerstand von ca. 1 k $\Omega$  nach Masse geschaltet wird. Ferner ist an diesem Anschluß die Möglichkeit gegeben, den Grad der NF-Absenkung im stummgeschalteten Zustand festzulegen. Dazu wird vom Anschluß 6 ein Einstellregler zur positiven Betriebsspannung geschaltet, an dem der Grad der NF-Absenkung eingestellt werden kann. Der Widerstand darf 1 k $\Omega$  pro Volt Betriebsspannung nicht unterschreiten. Durch diese Abschwächung der NF-Absenkung ist es möglich, beim Durchstimmvorgang auch noch Sender wahrzunehmen, die auf Grund zu geringer Feldstärke stummgeschaltet sind.

Der Phasenschieberkreis im Bild 6 ist als Doppelkreis ausgebildet. Dabei kann an L 1 ein Abgleich auf  $I_{AFC} = 0$  erfolgen, während mittels L 2 Klirrfaktorminimum eingestellt wird. Die erreichten Klirrfaktoren bei einem sinnvoll ansatzenden Frequenzhub von  $\Delta f = \pm 40$  KHz liegen in der Größenordnung von 0,1 % für  $f_{mod} = 1$  KHz gemessen mit Deemphasis. Dabei liegt dieser Wert in der Größenordnung der Möglichkeiten der verwendeten Meßtechnik. Der doppelte Phasenschieberkreis wurde experimentell dimensioniert, wobei eine weitere Optimierung meßtechnisch mit den vorhandenen Möglichkeiten nicht erfolgen kann. Für normale Anwendungen genügt es, den einfachen Phasenschieberkreis anzuwenden, wobei der zweite Schwingkreis (L 2, 470 pF) entfällt. Der Klirrfaktor für  $\Delta f = \pm 75$  KHz liegt dann typisch bei ca. 0,5 % bei  $I_{AFC} = 0$ .

Im Bild 7 ist ein einfacher aber hochwertiger Selektionsblock mit Verstärkertransistor dargestellt. Die Verstärkung vom Eingang bis zum Ausgang beträgt  $v_u \approx 20$  dB, bei  $U_S = 15$  V.

Die 3 dB-Selektion beträgt ca. 130 KHz, wobei eine Gruppenlaufzeitänderung von  $< 0,5 \mu s$  im Durchlaßbereich ermittelt wurde. Die 300 KHz Selektion ist etwa 60 dB. Die Schaltung nach Bild 6 in Verbindung mit dem Filterkomplex nach Bild 7, einem Stereodekoder und einem Tuner des Gerätes "RIMA Toccata" zeigte meßtechnisch die hohe Qualität des Konzeptes. Es wurden Übersprechdämpfungen ( $f = 1$  KHz) zwischen den Stereokanälen von  $> 40$  dB ermittelt.



Bei diesen Messungen zeigte sich, daß für derartige Konzepte der verwendete Tuner die schwächste Stelle in der Kette ist und im wesentlichen, besonders bei Antennensignalen  $> 8 \mu\text{V}$  am 60-Ohm-Eingang des Tuners, die AM-Unterdrückung und den Klirrfaktor negativ beeinflusst.

Die Gesamtempfindlichkeit des Konzeptes ist etwa  $0,8 \mu\text{V}$  an 60 Ohm für die verstärkungsbegrenzte Empfindlichkeit und  $1 \mu\text{V}$  an 60 Ohm für ein Signalrauschverhältnis von 30 dB bei einem Frequenzhub  $\Delta f = \pm 40 \text{ kHz}$ .

Bild 8 zeigt einen einfachen Selektionsblock für Billigstgeräte. Hier wird der Tunerausgang eines Kofferempfängertuners Typ III GS direkt auf ein Piezefilter SPF 10700 geschaltet, dessen Ausgang auf die Koppelspule L 1 arbeitet. Die ZF wird somit in den Schwingkreis hineintransformiert, wobei die Eingänge des A 225 direkt an den Schwingkreis angekoppelt werden. Durch die Wahl des L-C-Verhältnisses des Schwingkreises geht der Eingangswiderstand des A 225 unwesentlich in die Schwingkreisdaten ein, und weiterhin ist eine ausreichende Anpassung des Piezofilters gewährleistet. Mit der relativ hohen Tunerverstärkung des benutzten Tuners liegt die verstärkungsbegrenzte Empfindlichkeit dieses Konzeptes ebenfalls in der Größenordnung von  $1 \mu\text{V}$  am 60-Ohm-Tunereingang.

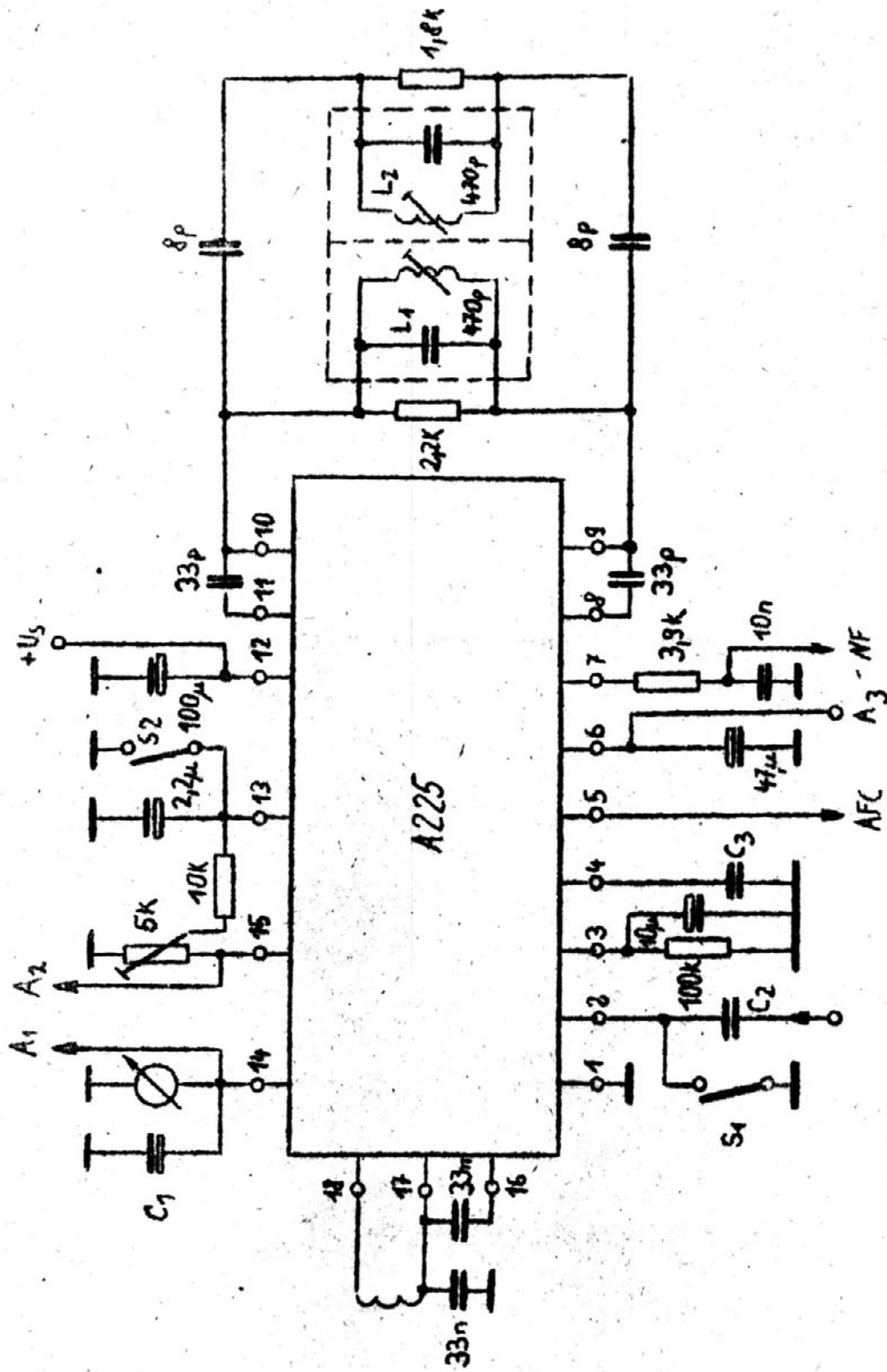
Für ein derart einfaches Konzept kann z. B. die AFC-Schaltung nach Bild 9 genutzt werden. Dazu ist jedoch eine kleine Veränderung im Tuner Typ III erforderlich (Es gab auch Tunervarianten, in denen beide Anschlüsse der AFC herausgeführt waren).

Bei der Verwendung von C-Dioden abgestimmten Tunern muß der AFC-Strom in die Abstimmkombination eingespeist werden. Eine einfache Möglichkeit für einen "Toccata"-Tuner ist im Bild 10 dargestellt. Es lassen sich auch hochwertigere AFC-Möglichkeiten durch Zwischenschaltung von OPV's oder speziellen Abstimmhaltekreisen realisieren.

#### 4. Zusammenfassung

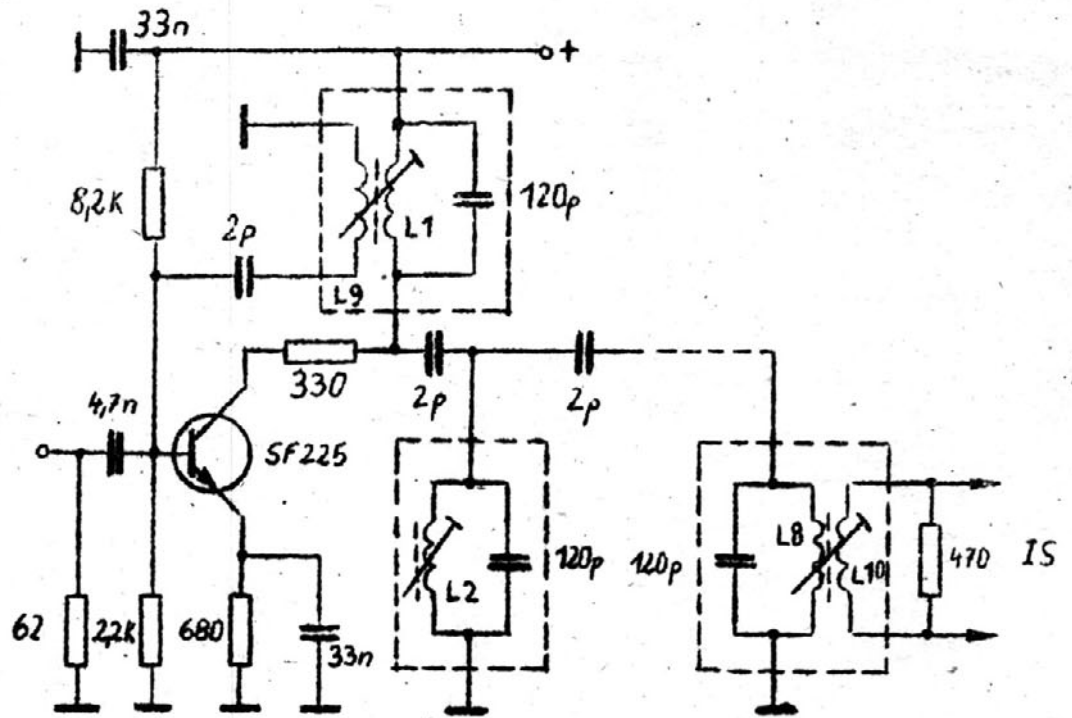
Der A 225 D ist ein Schaltkreis, der für den vorgesehenen Anwendungsfall im ZF-Verstärker von Rundfunkempfängern neben sehr guten elektrischen Eigenschaften auch eine Reihe von zusätzlichen Funktionen aufweist, die den Gebrauchswert mit ihm bestückter Rundfunkempfänger stark erhöht. Trotz einfacher Außenbeschaltung lassen sich mit diesem IS hochwertige HIFI-Geräte realisieren. Auch in hochwertigen Kofferempfängern bildet er eine gute Grundlage, die Qualität der Geräte beachtlich zu verbessern, wobei sein großer Funktionsbereich über der Versorgungsspannung diesem Einsatz sehr entgegenkommt. Bei weiterer Anpassung des Parameters "Begrenzungseinsatz" und Verbesserung der Funktion bei  $U_B = 4 \text{ V}$  an das Fremdmuster kann eine sehr gute Fremdmusteräquivalenz erreicht werden.

Geringfügige Abweichungen in anderen Parametern zwischen A 225 und TDA 1047 sollten bei der Überarbeitung bis K5/0 nach Möglichkeit ebenfalls in Übereinstimmung gebracht werden, obwohl auch am Fremdmuster noch geringfügige Änderungen nicht auszuschließen sind. Dem K2-Abschluß wird zugestimmt.

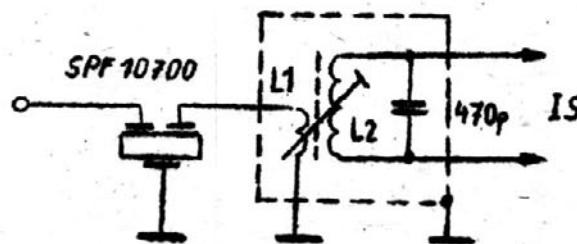


**Bild 6**

Schaltbild eines ZF-Komplexes für hochwertige Rundfunkempfänger  
 (Demodulatorkreise Standardfilter Mausslitz  
 10 Wdgn. 0,25 CuL über volle Körperlänge gewickelt)



**Bild 7:** ZF-Selektion mit Vorstufe für hochwertige Rundfunkempfänger (Filter mit konstanter Gruppenlaufzeit)  
 Filterkreise Standardfilter Meuselwitz  
 L 1 ... L 8 20 Wdg. 0,25 CuL über gesamte Körperlänge gewickelt  
 L 9 ... L10 4 Wdg. 0,25 CuL auf kaltem Schwingkreisende gewickelt  
 Abgleichkerne Manifer 330 (orange)



**Bild 8:** ZF-Selektion für Billigstempfänger  
 Filter SPF 10700 + 1 Kreis Standardfilter Meuselwitz  
 L 2 = 10 Wdgn. 0,25 CuL auf volle Körperlänge gewickelt  
 L 1 = 3 Wdgn. 0,25 CuL auf kaltes Ende gewickelt



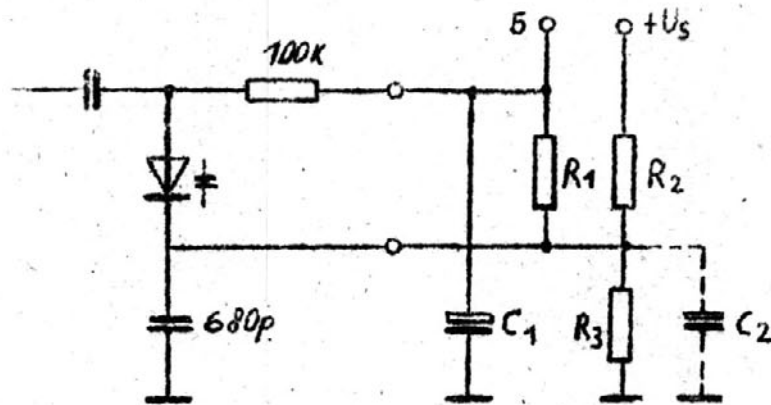


Bild 9: Einfache Möglichkeit einer Tuner AFC für Drake-Tuner

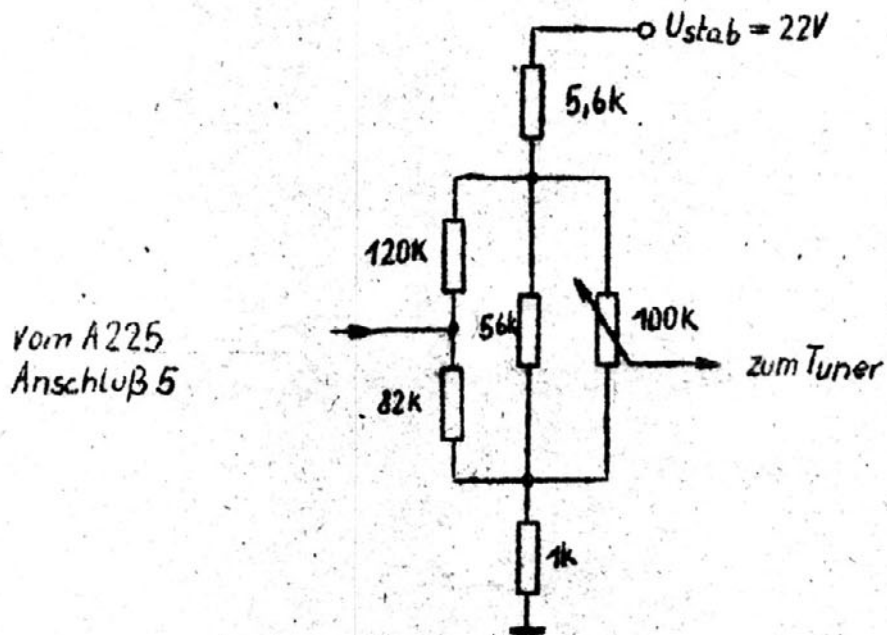


Bild 10: Einfache Möglichkeit einer Tuner AFC für C-Dioden Tuner