

Neuer UHF-Fernsehsender mit dem Leistungsklystron YK 1151

Sonderdruck
aus »Siemens-Zeitschrift«
47. Jahrgang · Heft 11
November 1973
Seite 804 bis 809
Verfasser: Wolfgang Günther
und Heinz Schlösser

Seit März 1973 führt Siemens einen neuen UHF-Fernseh-Großsender mit einer Ausgangsleistung von 20/2 kW (10/1 kW) im Vertriebsprogramm*, der ab Mitte der 70er Jahre vor allem die z.Z. in Betrieb befindlichen und zum Teil bereits veralteten Band-IV/V-Großsender ersetzen soll. Seine ausschließlich in Halbleitertechnik ausgeführte, ZF-modulierte Vorstufe steuert direkt die mit dem Klystron YK1151 bestückten Endstufen für Bild und Ton an. Im Automatikteil der Anlage kommen nur Halbleiter-Logikbausteine zum Einsatz, die eine hohe Betriebszuverlässigkeit gewährleisten. Der Sender läßt sich auch in passiver Reserveschaltung (zwei Einzelsender) betreiben.

Die Entwicklung von UHF-Fernsendern setzte bei Siemens bereits Mitte der fünfziger Jahre ein. Die ersten Anlagen für die Bänder IV und V wurden in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1958 und 1959 in Betrieb genommen. Aus heutiger Sicht wirkt die damals erreichte Ausgangsleistung von 2 bis 2,5 kW noch recht bescheiden; sie wurde ausschließlich mit den Siemens-Tetroden RS1022 und RS1052 in der seinerzeit für Band-III-Sender üblichen Endstufen-Modulationstechnik erzielt. Erst die Entwicklungen der 10-kW-Siemens-Tetrode RS1032 und der 10-kW-Klystrons (Typ 4 KM 50000 LA von Eimac und YK1001 von Valvo) ermöglichen den Bau von modernen UHF-Fernsendern mit den Typenleistungen 10 bzw. 20 kW Bildausgangsleistung.

Die im darauffolgenden Jahrzehnt gelieferten 10-kW- und 20-kW-Sender verschiedener Herkunft unterscheiden sich einerseits in der Röhrenbestückung (Tetrode oder Klystron; in der Bundesrepublik Deutschland arbeiten z. Z. etwa 80 Anlagen mit Klystrons und etwa 100 Anlagen mit Siemens-Tetroden), andererseits im Schaltungskonzept (Vorstufenmodulation bei Sendefrequenz oder in ZF-Lage) und in der Anwendung von passiver oder aktiver Vollreserve. In neuerer Zeit brachten Halbleiter in den Steuerstufen weitere Vorteile hinsichtlich Raumbedarf und Gewicht.

Mit den Erfahrungen aus 13 Jahren UHF-Sender-Bau und Senderbetrieb wurde von den deutschen Bedarfsträgern und Herstellern ein einheitliches Konzept für einen modernen UHF-Fernseh-Großsender für 20/2 kW (10/1 kW) erarbeitet. Dem entspricht das erste fertiggestellte und hier beschriebene Muster, das folgende Anforderungen erfüllt:

Doppelsender aus zwei vollständigen Einzelsendern in passiver Reserveschaltung mit Klystronverstärkern, neuartige »Standby«-Vorheizung der Klystrons im Reservesender mit Betriebsaufnahme in weniger als 5 s, einheitliche Klystron-Endstufen für Bild und Ton mit hoher Lebenserwartung,

gemeinsame Stromversorgung für Bild- und Ton-Klystron, umschaltbar von 20-kW- auf 10-kW-Betrieb, halbleiterbestückte Vorstufen mit ZF-Modulation im Bild- und Tonteil zur direkten Ansteuerung der Klystron-Endstufen,

Tonteil vorbereitet für die Zwei-Ton-Übertragung nach dem IRT-System,

übersichtliche Blockierung und Automatik mit Störungsspeicherung und Druckeranschlußmöglichkeit zur chronologischen Fehlerfassung,

Sicherheitseinrichtungen nach den neuen VDE-Vorschriften, mit mechanischer Verriegelung hochspannungsführender Teile,

neue, auf den Einzelsender bezogene Betriebs- und Meßtechnik mit zentralem Anschlußpunkt für ein Sendermeßgestell unter Einbeziehen der künftigen Anforderungen durch die automatische Prüfzeilenmeßtechnik,

minimale Frontlänge und Stellfläche, damit Doppelanlagen anstelle der bisherigen Einzelsender ohne Gebäudeerweiterung Platz finden können,

nach vorn herausziehbare Baugruppen, so daß die Rückseite nicht begehbar zu sein braucht.

Es kommt für die Endstufen ausschließlich das von Siemens und Valvo gefertigte luftgekühlte Vier-Kammer-Klystron YK 1151 zum Einsatz. Die in den Pflichtenheften gestellten Bedingungen und Grenzwerte werden eingehalten bzw. übertroffen. Nach Konzept und Ausführung ist zu

* Der neue Sender wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Standard Elektrik Lorenz AG entwickelt.

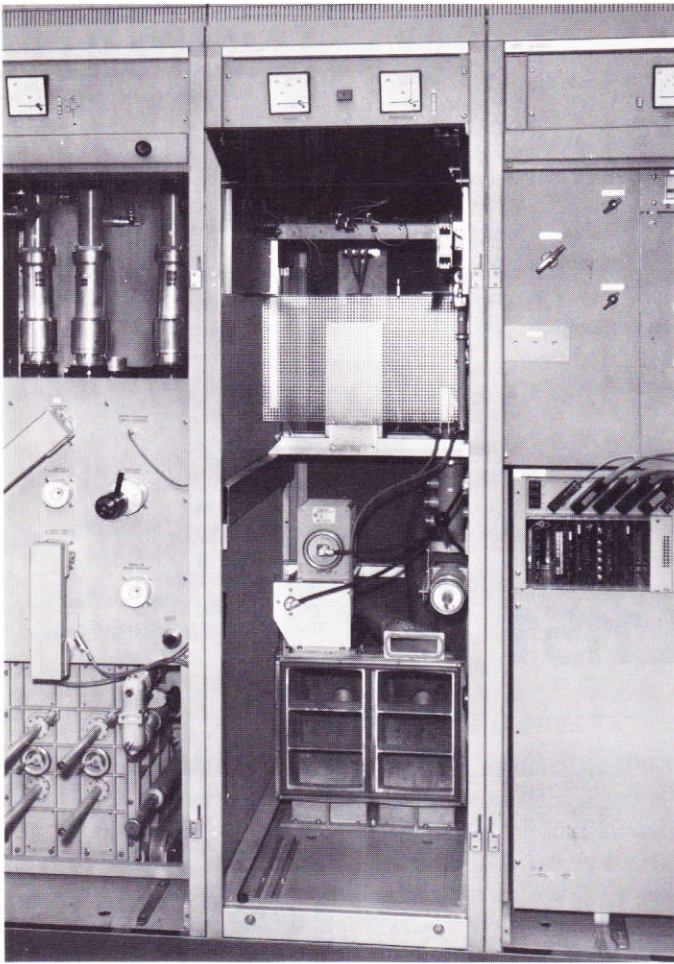


Bild 1 Fernsehsender 20/2 kW für die Bänder IV und V (Tonendstufe ohne Klystronwagen)

erwarten, daß die vorhandenen Übertragungsqualitäten über lange Zeit ohne Nachstellen erhalten bleiben und daß der Wartungsaufwand der Anlagen äußerst gering ist.

Vorstufe

Der neue Fernsehsender für die Bänder IV und V enthält Halbleitervorstufen, die sich in vielem, insbesondere in der RF-Ausgangsleistung, von den Vorläufertypen unterscheiden und die nunmehr zum direkten Ansteuern der Hochleistungsklystrons ausreichen. Entzerrer für Senderlaufzeit, Linearität und differentielle Phase liegen im Zwischenfrequenzbereich, was unter anderem auch eine ZF-Einspeisung – z.B. von einem Ballempfänger – ermöglicht. Ein engtolerierter, neungliedriger passiver Allpaß nach IRT-Vorschlägen im VF-Zug dient zur Vorentzerrung der Empfängerlaufzeit. Mit einer Ausgangsleistung der Bildvorstufe von etwa 4 W in den Kanälen 21 bis 42 und 3 W in den oberen Kanälen ist genügend Reserve für die Ansteuerung des 20-kW-Bildverstärkers mit dem Klystron YK1151 vorhanden. Abgleich, Wartung, Fehlersuche und Reparatur sind durch Schaltungstechnik und Konstruktion sehr erleichtert.

Erstmals läßt sich ein zweiter, frequenzmodulierter Tonträger (etwa 250 kHz oberhalb des normalen Tonträgers) für Stereosendungen oder für den Begleittext in einer zweiten Sprache übertragen. Beide Signale werden bereits in der Zwischenfrequenzlage zusammengeführt und gemeinsam in der Klystron-Tonendstufe verstärkt.

Die Vorstufe nimmt nur die obere Hälfte eines Vorstufengestells ein; der untere Teil enthält bei Sendern für die Deutsche Bundespost die Kontrollmeßgeräte.

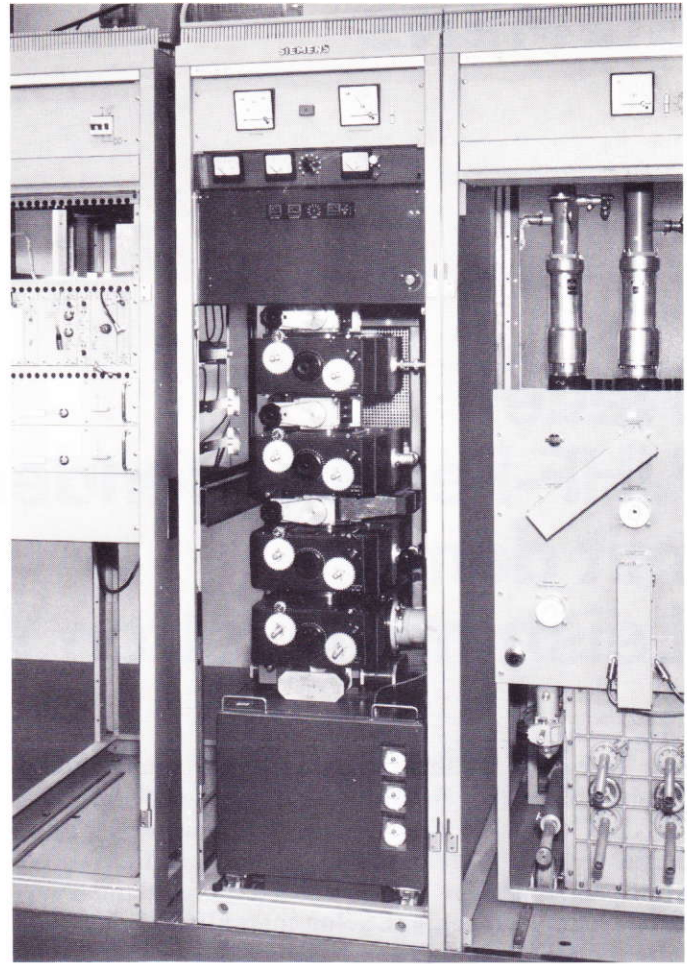


Bild 2 Fernsehsender 20/2 kW für die Bänder IV und V (Bildendstufe mit Klystron)

Leistungsteil

Bild- und Tonsender arbeiten mit nur je einem hochverstärkenden Klystron in den 20/2-kW- und 10/1-kW-Leistungsverstärkern. So ergibt sich ein völlig gleicher Aufbau der Bild- und Tonendstufen, und man kann aus einer gemeinsamen Stromversorgung parallel speisen. Weitere Vorteile dieses Konzepts sind

- Ausnutzung der hohen Langzeitstabilität der Betriebswerte von Klystrons und damit große Wartungsabstände,
- einfaches Umschalten von 20/2 kW auf 10/1 kW Ausgangsleistung,
- ausreichende Leistungsreserve der Tonendstufe für einen Zwei-Ton-Linearbetrieb,
- Verwenden von Luftkühlung.

Die Bildendstufen- und Tonendstufenschränke unterscheiden sich nur in der Kontroll- und Überwachungsinstrumentierung. Die Klystrons befinden sich in nach vorn aus den Sendergestellen herausziehbaren Wagen; die fertig montierte Einheit kann so innerhalb von fünf bis acht Minuten ausgetauscht werden. Daher braucht auch das Sendergestell seitlich und von hinten nicht zugänglich zu sein. Sämtliche Einstell- und Abgleichelemente sind bei geöffneter Schranktür leicht erreichbar und ohne Gefahr zu bedienen. Ein Röhrenwechsel, ausgeführt von zwei Personen, dauert knapp eine Stunde.

Bild 1 zeigt den Bildendstufenschrank ohne Klystronwagen. Die Zuluft- und die Abluftkrümmer für die Kollektorkühlluft bestehen aus stabilem Aluminiumguß. Darüber ist das Anschlußstück für die Kühlung der Resonatoren, der Triftstrecken und der Kathode befestigt. Mit

Hilfe von Silikongummi-Dichtungen an den Stirnseiten der Krümmen wird das Kühlluftsystem beim Hineinschieben und Festklemmen des Klystronwagens völlig abgedichtet. Alle Metallteile in Klystronnähe bestehen zum Vermeiden von Störungen der Triftstrecken-Magnetfelder aus Messing oder Aluminium.

Rechts hinten liegen die RF-Leitungen. Sie bestehen aus einem automatischen Kupplungsstück mit Arretierhebel, einem trimmbaren Anpassungsstück, einem Oberwellenfilter aus einer Rohrleitung mit elffach getrepptem Innenleiter und einem bis zur Schrankdecke reichenden Rohrstück. Für den gesamten UHF-Bereich (470 bis 860 MHz) werden zwei verschiedene, elektrisch optimierte Oberwellenfilter benötigt, damit mit Sicherheit für die jeweilige 2. und 3. Harmonische eine Durchgangsdämpfung von mehr als 30 dB erzielt wird. Für das Nutzsignal (1. Harmonische) bleibt die Durchgangsdämpfung unter $5 \cdot 10^{-3}$ dB, so daß eine Kühlung des Filterinnenleiters nicht nötig ist.

Oberhalb des Zuluftkrümmers befinden sich hinter der Montageplatte die beiden 50- Ω -Absorber für Resonator 2 und Resonator 3. An der Stirnseite oben links ist die Triftstromanzeige und rechts das Instrument für die RF-Ausgangsleistung und die reflektierte RF-Leistung; dazwischen ist die RF-Betriebslampe angebracht. Geschützt durch ein Sicherheitsglas hinter der Schranktür liegt eine Reihe weiterer Instrumente, die den Ionengetterpumpenstrom, den Kollektorstrom, die Heizspannung und die Fokussierspannung anzeigen. Die Fokussierspannung ist mit Hilfe eines Schraubenziehers über ein Zehn-Gang-Potentiometer zwischen -100 und -600 V sehr genau einstellbar. Der in zehn Grobstufen schaltbare Spannungsteiler für die Anodenspannung kann über einen hochspannungsfesten Drehschalter von der Mitte des unteren Instrumentenfelds aus eingestellt werden. Der Hochspannungsteiler mit Schalter, die ganze Heizspannungsversorgung und die ebenfalls auf Kathodenpotential liegende Fokussierspannungsversorgung befinden sich hinter den Instrumentenfeldern und im hinteren Teil der oberen Schrankhälfte.

Eine in das Schlüssel-Verriegelungssystem einbezogene Schutztür macht in Verbindung mit dem Zentrierpanel der eingeschobenen Klystroneinheit und einer dahinter montierten perforierten Schutzplatte jede Berührung hochspannungsführender Teile unmöglich. Bei geöffneter Schutztür ist die Kathodenseite des Klystrons mit sämtlichen Anschlüssen für die notwendigen Versorgungsleitungen gut zugänglich. Der Kathodenkleinlüfter für »Standby«-Betrieb, Eingangsstichleitung und Eingangszirkulator liegen dahinter.

Unmittelbar am klystronseitigen Teil der RF-Ausgangskupplung sind zwei Richtkoppler angebracht. Angeschraubte und auf die Kanalfrequenz abstimmbare HF-Gleichrichterköpfe geben zur hin- oder rücklaufenden RF-Welle proportionale Signalspannungen für Anzeige und Blockierautomatik ab.

Ein vergossener Drehstromtransformator trennt die im Schrank auf Kathodenpotential liegende Heizspannungs- und Fokussierspannungsversorgung vom Netz. Ein anschließender Drehstrom-Brückengleichrichter liefert ohne weitere Siebung die erforderliche 8-V-Gleichspannung für die Klystronheizung. Für die »Standby«-Heizung (5,5 V) wird die Spannung primärseitig über Vorwiderstände umgeschaltet. Die Sekundärwicklung des Heiztransformators liefert außerdem eine Wechselspannung von 7,6 V zum Speisen des Netzteils für die Fokussierelektrode.

Alle hochspannungsführenden Bauteile und Baugruppen sind schaltungstechnisch und konstruktiv so bemessen, daß Sprühercheinungen erst bei einer Testspannung über 35 kV einsetzen können. Beim Betrieb tritt daher kein störendes Hochspannungssprühen auf.

Bild 2 zeigt den neuen UHF-Sender 20/2 kW mit dem Klystron YK 1151. In Tafel 1 sind einige Daten des UHF-Senders 20/2 kW sowie des Doppelsenders $2 \times 20/2$ kW in passiver Reserveschaltung zusammengestellt.

Stromversorgung

Wie bei den Vorstufen und den Leistungsverstärkern bestimmen auch bei der Stromversorgung lange Wartungsabstände und ein Optimum an Betriebssicherheit und Servicefreundlichkeit Technik und Konstruktion. Vor allem mußten die unterschiedlichen Einstellungen für Unterband- und Oberbandbetrieb jeweils beider Leistungsklassen (20/2 kW und 10/1 kW) möglich sein.

In Tafel 2 sind die wichtigsten Daten der Stromversorgung zusammengestellt.

Die Verwendung des gleichen Röhrentyps für den Bild- und den Ton-Leistungsteil ermöglicht eine wirtschaftliche und vorteilhafte gemeinsame Erzeugung der 4-kV-Absenk- und der 17-kV-Kollektorspannung. Bild 3 zeigt den Blockschaltplan mit den beiden Endstufen und den jeweils im gleichen Schrank untergebrachten Meß- und Zusatzeinrichtungen. Beide Spannungen werden über Drehstrom-Brückengleichrichter mit hochsperrenden, stoßspannungsbegrenzenden Siliziumdioden erzeugt und durch einfache LC-Siebkreise geglättet. Durch Verwenden von vakuumimprägnierten Trockentransformatoren und Drosseln werden alle Schwierigkeiten, die mit Öl oder CLOPHEN verbunden sind, vermieden. Das Einschalten über Anlaßwiderstände verhindert sprunghaftes Ansteigen der Kollektorspannung, verbunden mit störend großen Überschwingerscheinungen über die Siebschaltung. Außerdem halten Kurzschlußstrom-Begrenzungsdrosseln die Bauteilbelastung und die Netzbelastung in sicheren Grenzen.

		Einfachsender	Doppelsender
RF-Frequenzbereich	MHz	470 bis 860	
Modulationsmethode Bild/Ton		ZF-Modulation	38,9/33,4 MHz
Betriebsleistung	kW	20/2	20/2
Reserveleistung	kW	-	20/2
Leistungsröhren		2 Klystrons	2×2 Klystrons
Anzahl der Vorstufentransistoren		504	1076
Anzahl der integrierten Schaltungen		189	398
Gestelleinheiten		5	11
Frontlänge	m	4,1	8,8
Stellfläche	m ²	4,95	10,7
Anschlußwert	kVA	95	195
Kühlluftbedarf	m ³ /min	120	270

Tafel 1 Technische Daten des 20/2-kW-UHF-Fernsehenders

Netz		3/Mp _~ 380/220 V, 50/60 Hz
Maximale Leistungsaufnahme	kVA	110
davon:		
Kollektor		92
Absenkung		1
Heizung Bild/Ton		je 0,4
Kühlluft Bild		7
Kühlluft Ton		4
Leistungsfaktor cos φ		$\geq 0,9$
Maximaler Netzkurzschlußstrom	kA	2,4
Höchste Gleichspannung gegen Masse	kV	28
Breite \times Höhe \times Tiefe	mm	1283 \times 1214 \times 2154

Tafel 2 Technische Daten der Stromversorgung für den 20/2-kW-UHF-Fernsehender

Die Arbeitsbereiche 3,5 bis 4,5 kV bzw. 13,5 bis 21,5 kV lassen sich mit Transformatoranzapfungen einstellen.

Das höchste Potential liegt an den Kathoden der beiden Klystrons und damit auch an den zugehörigen Peripheriegeräten. Da sich beim Röhrenbetrieb Überschläge nie ganz vermeiden lassen, ist die leistungsschwächere, mit der Kollektorspannungsquelle in Reihe geschaltete Absenkspannungsquelle durch eine parallelgeschaltete Lei-

stungsdiodenstrecke vor den zerstörenden Folgen eines Kurzschlusses der Kollektorspannung gegen Masse geschützt.

Die durch Automaten gesicherten Verbraucherkreise werden durch Luftschütze geschaltet. Nur bei der Kollektorspannungsvorsorgung ist ein dreipoliger Vakuumschalter eingesetzt, der bei der großen Schaltleistung weniger Geräusch verursacht und schneller abschaltet.

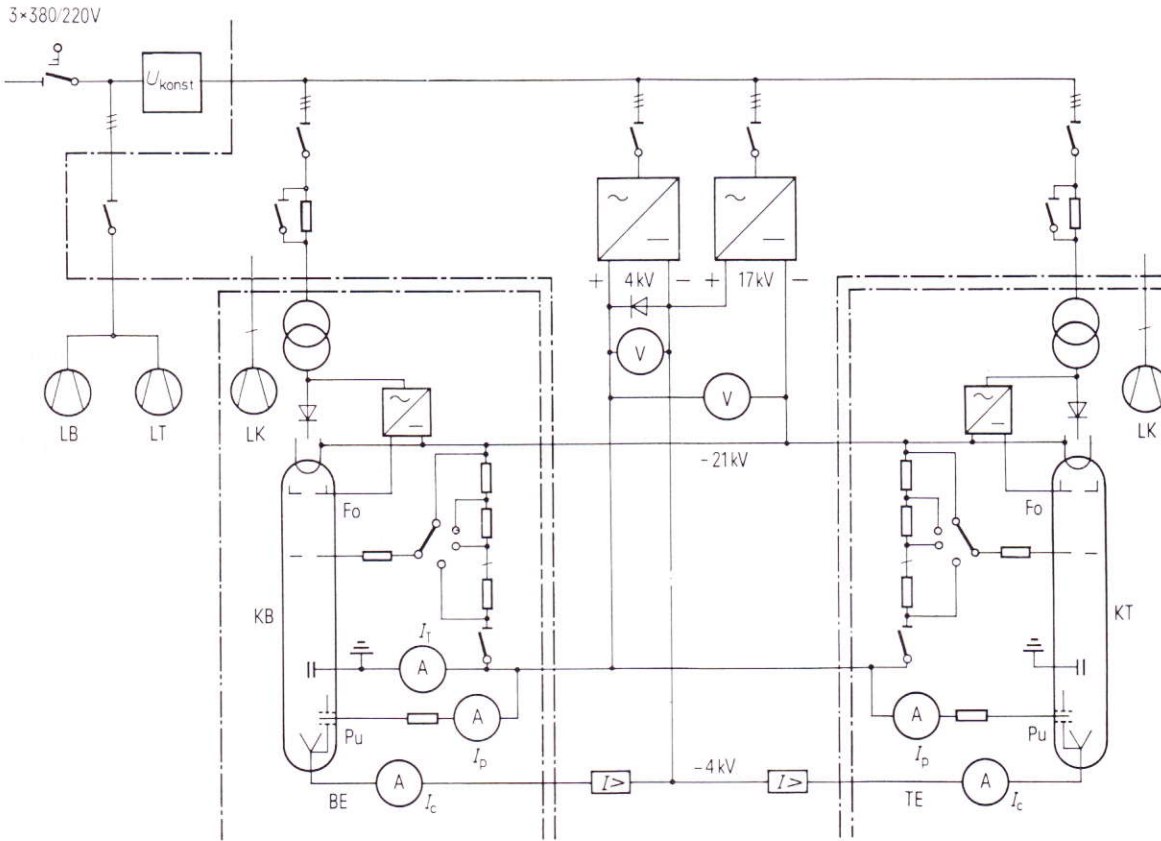


Bild 3
Blockschaltplan
der Endstufen-
Stromversorgung des
Fernsehenders
20/2 kW für die
Bänder IV und V

BE Bildendstufe
TE Tonendstufe
KB, KT Klystron Bild bzw. Ton
Fo Fokussierelektrode
Pu Ionengetterpumpe
LB, LT Lüfter für KB bzw. KT
I.K Lüfter für Kathoden von KB und KT

	Bild: $P_{\text{asyn}} = 22 \text{ kW}$			Ton: $P_a = 2,2 \text{ kW}$			
		21 bis 41	42 bis 60	61 bis 68	21 bis 41	42 bis 60	61 bis 68
Kanal		21 bis 41	42 bis 60	61 bis 68	21 bis 41	42 bis 60	61 bis 68
Strahlspannung ¹⁾²⁾	kV	20,5 (24)	24	24,5	20,5 (24)	24	24,5
Kollektorabsenkung ³⁾	kV	-4	-4	-4,5	-4	-4	-4,5
Kathodenstrom	A	3,6 (3)	3	3,1	0,6 (0,5)	0,5	0,5
Modulationsanodenspannung ⁴⁾	kV	$\approx 0 (-6)$	-6	-6	-14,5	-18,5	-19
Fokussieranodenspannung ⁵⁾	V		-100 bis -600			-100 bis -600	
Wirkungsgrad	%		37			22	
Steuerleistung	W	$\leq 2,5$	$\leq 1,7$	$\leq 1,7$		$\leq 0,5$	
Synchronkompression			$\leq 40:25$				
Linearitätsverhältnis ⁶⁾			$\leq 0,75:1$				
10/85 4,43 MHz							
Differentielle Phase ⁶⁾			$\leq +15^\circ$ bis -5°				
10/85 4,43 MHz							
Störspannungsabstand	dB		≤ 48				
Pegelabhängigkeit der Durchlaßkurve	dB		$\leq 0,6$				
Maximale Ausgangsleistung	kW		≤ 25				

1) Bei den Kanälen 21 bis 41 kann die eine oder die andere der beiden angegebenen Spannungen optimal sein

2) Gemessen an Kathode gegen Masse

3) Gemessen an Masse gegen Kollektor

4) Gemessen gegen Masse

5) Gemessen gegen Kathode

6) Gemessen mit einer Sägezahnsteuerung von 15 bis 80% der Synchronspitzenamplitude (BAS) und einer überlagerten 4,43-MHz-Schwingung, deren Spitze-Spitze-Wert bei Weißbild 10% der Synchronspitzenamplitude beträgt

Eine zentrale Sender-Blockierungs- und -Überwachungseinheit veranlaßt und kontrolliert den gesamten Steuerungsablauf. Die Verarbeitung aller Signale sowie die Ein- und Ausgabe der Befehle geschehen kontaktlos. Dabei dienen Spannungsteiler, Shunts, Gleichspannungs- und Wechselspannungswandler als Sensoren für die Betriebsüberwachung. Die Leistungsschütze und einige kleinere einphasige Verbraucher werden über Triacs geschaltet.

Die Konstanz der Qualitätswerte eines Farbfernsehensenders erfordert $\pm 1\%$ Betriebsspannungskonstanz, so daß Netzspannungsschwankungen von $+5$ bis -10% im Inland und von $+10$ bis -15% im Ausland eine Netzspannungsregelung notwendig machen. Da die Stromversorgung keine Spannungsregelung enthält, kann das Reglerprinzip entsprechend den jeweiligen Netzverhältnissen und den speziellen Kundenwünschen frei gewählt werden. Empfehlenswert sind aus Kostengründen entweder schnelle elektronisch-magnetische Regler oder die noch preisgünstigeren motorischen Stellregler. Sie sind in den gleichen Schränken wie die Sendereinheiten lieferbar.

Zur Erfüllung der VDE-Vorschriften oder der IEC-Empfehlungen zum Schutze des Betriebspersonals bei Anlagen mit Spannungen über 1000 V ist die Senderanlage mit einer mechanisch arbeitenden Sicherheitsverriegelung versehen. Diese arbeitet nach dem »Zwei-Schlüssel-Prinzip. Schlüssel 1 verriegelt den Netztrenner und den Erdungsschalter im Hochspannungsnetzgerät, Schlüssel 2 den Erdungsschalter und die Türen der Endstufen für Bild und Ton. Es ist in jedem Fall sichergestellt, daß bei eingeschaltetem Netz der Erdungsschalter in der Stellung »Nicht geerdet« arretiert ist und die beiden Abdeckungen vor den Bild- und Tonklystrons fest verschlossen sind. Nur nach Abschalten des Netzes über den Trennschalter lassen sich die Siebkondensatoren kurzschließen und erden. Der betätigte Erdungsschalter gibt darauf Schlüssel 2 zum Öffnen der Schutztüren an Bild- oder Tonstufe frei. Bei geöffneten Schutztüren an den Leistungsstufen kann weder die Erdung aufgehoben noch die Netzspannung eingeschaltet werden.

Das Hochspannungsnetzgerät ist servicefreundlich aufgebaut, vor allem wegen der Aufteilung in nach vorn herausrollbare Einheiten und eines mit dem Schrank fest verbundenen Netzanschlußfelds. Sämtliche Sicherungsautomatenschalter, Bedienungselemente und Steuerleitungsanschlüsse des Blockierungsfelds sind von vorn zugänglich. Ein Instrumentenfeld enthält die Anzeigen für Absenk- und Kollektorspannung sowie für die Zulufttemperatur.

Klystron YK 1151

Das luftgekühlte Klystron YK 1151 ist besonders für die Anforderungen von Leistungsverstärkern in UHF-Fernsehensendern für 470 bis 860 MHz ausgelegt. Dies gilt sowohl für das elektrische Verhalten als auch für den mechanischen Aufbau und die Handhabung.

Die Röhre ist eine Metall-Keramik-Konstruktion, die mit den Permanentmagneten für die Elektronenstrahlführung fest verbunden ist. Außen angebrachte austauschbare Resonatoren ermöglichen einen problemlosen Röhrenwechsel. Während der Lebensdauer ändert sich die einmal richtig justierte Fokussierung nicht mehr.

Die sich selbst regenerierende Wolfram-Vorratskathode hat eine hohe Lebensdauer und zeichnet sich durch eine große Emissionsstabilität aus. Schädigungen durch Fehlbedienungen, Überschläge oder Gasausbrüche führen allen-

falls zu einem schnell vorübergehenden Emissionseinbruch, aber nicht zu einem Röhrenausfall. Diese Kathodenart ermöglicht einen »Standby«-Betrieb der Heizung und gewährleistet somit sofortige Einschaltbereitschaft.

Die Luftkühlung, die auch unter extremen Umgebungsbedingungen einfach zu verwirklichen ist, verbürgt hohe Betriebszuverlässigkeit. Kollektor und Kühlluftführung sind so konstruiert, daß Druckabfall und Geräuschentwicklung möglichst klein bleiben. Bei einer Verlustleistung von 60 kW beträgt der Kühlluftbedarf für die Kollektorkühlung auf Meereshöhe 55 m³/min. Der Druckabfall beträgt dabei etwa 21 mbar. Für Resonator- und Triftstrecken Kühlung kommen noch etwa 5 m³/min hinzu.

Der gesamte Bereich der Bänder IV und V (Kanal 21 bis Kanal 68) wird von einer einzigen Röhre überdeckt. Dies ermöglichen zwei Sätze Resonatoren und Koppelschleifen für die Teilbereiche K 21 bis K 41 und K 42 bis K 68. Die Resonatoren lassen sich ohne Mühe in wenigen Minuten an der Röhre anbringen. Das gesamte Zubehör paßt zu jeder beliebigen Röhre, muß also beim Röhrenwechsel nicht mit ausgetauscht werden.

Tafel 3 enthält einige wesentliche Strom- und Spannungswerte für eine Röhrenausgangsleistung von 22 kW (Bildsender) und von 2,2 kW (Tonsender). Dabei wurden gleiche Spannungen für Bild- und Toneinstellung gewählt, damit sie aus dem gleichen Netzgerät entnommen werden können. Die HF-Qualitätswerte entsprechen einer Einstellung der Röhre nach CCIR-Standard G. Dabei ist die Eingangsleistung auf die Anschlußebene vor dem Zirkulator am ersten Resonator bezogen. Wenn man die Eingangsleistung über den Wert für einen 22-kW-Betrieb erhöht, ohne die Einstellung der Röhre zu ändern, ergibt sich die in der letzten Zeile der Tafel angegebene maximale Ausgangsleistung, bei der sich die Qualitätswerte wohl teilweise verschlechtern, die aber ein Maß für die Leistungsreserve und damit auch für die Betriebssicherheit der Röhre ist.