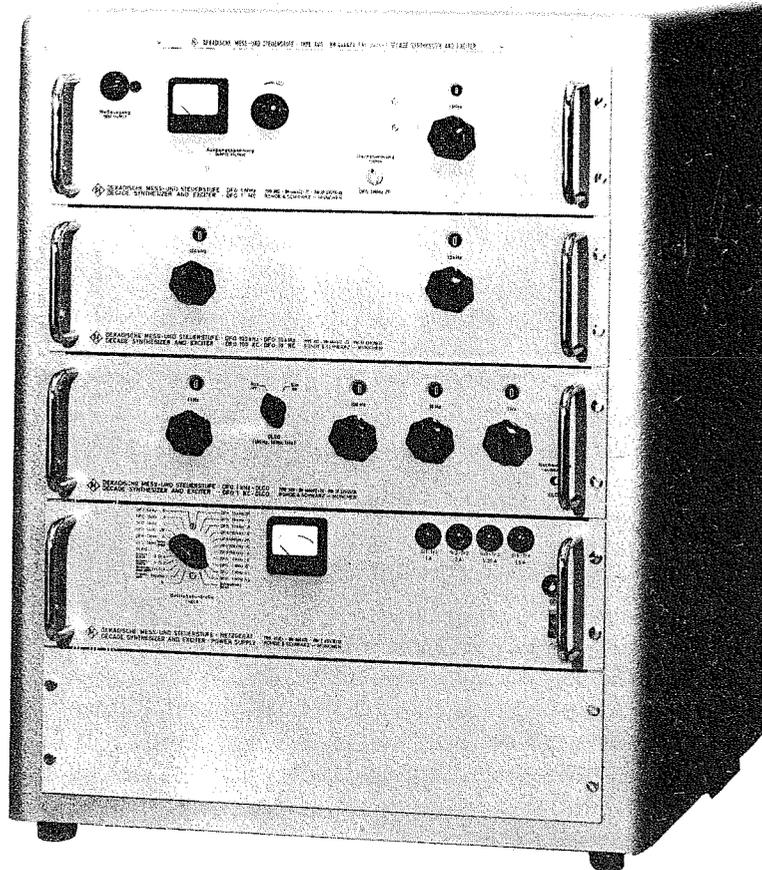


## DEKADISCHE MESS- UND STEUERSTUFE

100 kHz...30 MHz



In Schritten von 1 Hz einstellbarer Frequenzumsetzer

Besondere Merkmale:

Ausgelegt für Ansteuerung mit 100 kHz

Einfache, rasche Frequenzeinstellung, je Dezimale ein Knopf mit zehn Stellungen

Eigenfehler und Inkonstanz im ganzen Bereich kleiner als 0,5 Hz

Fehlerfreie Umsetzung bei allen 1-kHz-Vielfachen

Kleinste Störspannungen

Bemerkenswerte Ausgangsleistung

Anwendungen in der Sendertechnik:

Steuerstufe für AM-Sender  
aller Leistungsklassen  
und für Fernsehsender

in der Meßtechnik:

Erzeugung einstellbarer Frequenzen  
hoher Genauigkeit,  
besonders für Präzisionsfrequenzmessungen

# Aufgaben und Anwendung

## Nachteile herkömmlicher Generatoren

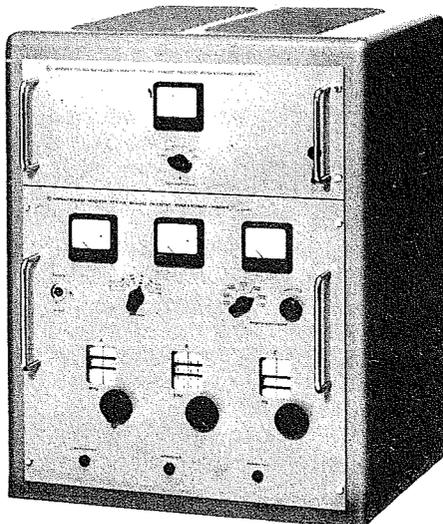
Frequenzen sehr großer Genauigkeit und Konstanz sind für manche Aufgaben der allgemeinen Meßtechnik, für Präzisionsfrequenzmessungen und als Trägerschwingungen für Nachrichtensender aller Art unentbehrlich. Bei ihrer Erzeugung wird heute bevorzugt Quarzsteuerung angewendet. Quarzoszillatoren sind aber auf feste Frequenzen beschränkt, ein Nachteil, der auch bei Benützung von Oberwellen oder Spektren bestehen bleibt. Andererseits können durchstimbare Oszillatoren üblicher Art nur schwer für sehr große Frequenzbereiche und dann nur unter entscheidender Einbuße an Genauigkeit hergestellt werden.

## Genauere, einstellbare Frequenzen durch Frequenzsynthese

Hier bieten unsere auf dem Prinzip der Frequenzsynthese aufbauenden Geräte, wie die Normalfrequenzgeneratoren Type XUA bzw. XUB und die Dekadische Meß- und Steuerstufe Type XUD eine sehr zweckmäßige Ergänzung. Sie lösen das Problem, aus einer einzigen festen, quarzstabilisierten Steuerfrequenz unter praktisch voller Wahrung der Genauigkeit eine neue, nunmehr frei einstellbare Frequenz abzuleiten.

## Stetige oder stufenweise Frequenzeinstellung

Damit stehen der Meß- und Betriebstechnik Generatoren zur Verfügung, die schon durch ihren ungewöhnlich großen, keine Bereichsumschaltung erfordernden Frequenzumfang vielfach mehrere Einzelgeräte zu ersetzen vermögen. Sie besitzen innerhalb dieses ganzen Frequenzgebietes eine überall gleiche Einstellsicherheit, wie sie sonst nur bei Oszillatoren für sehr niedere Frequenzen erzielbar ist. Trotzdem ist die Frequenzwahl denkbar einfach. Sie erfolgt bei der Dekadischen Meß- und Steuerstufe XUD ähnlich wie bei Widerstandsdekaden mit Hilfe von Drehknöpfen, die den einzelnen Dezimalstellen des Gesamtwertes bis zu 1 Hz herunter zugeordnet und jeweils von 0 bis 9 (bzw. 29) schaltbar sind. Solche Anordnungen sind besonders bei Routinearbeiten mit häufig wiederkehrenden oder von vornherein fest vorgegebenen Frequenzen und damit vor allem im Betriebsdienst zweckmäßig. Demgegenüber sind die Normalfrequenzgeneratoren XUA und XUB mit kontinuierlich einstellbaren Skalen ohne mechanische Rastung ausgestattet, die mehrere Dekaden umfassen. Sie empfehlen sich bevorzugt für Arbeiten mit Frequenzen, deren Werte innerhalb weiter Bereiche zunächst unbekannt sind oder willkürlich streuen und eignen sich demgemäß in erster Linie für den allgemeinen Laborbetrieb. Ihre Eigenschaften sind in besonderen Datenblättern dargestellt, auf die hier verwiesen sei.



Normalfrequenzgenerator  
Type XUA

ein Beispiel für Geräte mit  
stetiger Frequenzeinstellung

## Als Meßsender

wird die Dekadische Meß- und Steuerstufe Type XUD, auf die sich die nachstehenden Ausführungen beziehen, überall dort sinnvoll eingesetzt, wo ihre charakteristischen Eigenschaften einem mit einfacheren Mitteln nicht zu befriedigenden Bedarf entgegenkommen, wo also ein ungewöhnlich großer Frequenzbereich erfaßt werden soll und wo auf die Möglichkeit sehr genauer Frequenzeinstellung Wert zu legen ist. Das Gerät ist damit hervorragend für alle Untersuchungen von elektrischen Elementen hoher Selektivität sowie für Konstanzmessungen geeignet. In diesem Sinne empfiehlt es sich beispielsweise für Meßprobleme der Filtertechnik und für Untersuchungen von Quarzen. Ebenso werden durch die Dekadische Meß- und Steuerstufe XUD alle Frequenzarbeiten besonders erleichtert; gerade hier macht sich ihre Eigenart sehr angenehm bemerkbar, daß die Ausgangsfrequenz mühelos in jeder Dezimale um ganzzahlige Schritte ohne Rücksicht auf die Einstellung der übrigen Dekaden weitergeschaltet werden kann.

## Als Vergleichsfrequenzquelle für Präzisionsfrequenzmessungen

Weitere Anwendung findet die Dekadische Meß- und Steuerstufe XUD als Quelle einer einstellbaren Vergleichsfrequenz für Präzisionsfrequenzmessungen nach dem Überlagerungsverfahren. Sie führt hier infolge ihrer geringen Eigenfehler zu bedeutend größeren Genauigkeiten, als sie mit gewöhnlichen Interferenzfrequenzmessern erreichbar sind. Das Verfahren erfordert als apparative Ergänzung lediglich eine Mischstufe, in der die Differenz zwischen unbekannter Frequenz und Vergleichsfrequenz gebildet werden kann. Hierfür sind Frequenzzeiger (z.B. die Type FKM BN 47051) besonders geeignet, ebenso Empfänger, die dann allein oder in Kombination mit einem Frequenzzeiger gleichzeitig auch Fernmessungen gestatten. Im allgemeinen wird die Vergleichsfrequenz so lange verändert, bis die Differenzfrequenz den Wert Null erreicht. Die an der Dekadischen Meß- und Steuerstufe XUD abgelesene Ziffernfolge ergibt in diesem Falle unmittelbar - bzw. bei Verwendung von Oberwellen, die Messungen bis über 1000 MHz erlauben, nach Multiplikation mit der Ordnungszahl - den genauen Wert der unbekannt Frequenz. Sollen Frequenzschwankungen registriert werden, so wird eine endliche, der zu erwartenden Variation angepaßte Differenzfrequenz belassen; auch für diese Anwendung ist die Benutzung der hochkonstanten Dekadischen Meß- und Steuerstufe XUD in Verbindung mit einem Frequenzzeiger FKM sehr vorteilhaft.

## Als Steueroszillator für Nachrichtensender

Der Einsatz der Dekadischen Meß- und Steuerstufe XUD als Steueroszillator für die Erzeugung der Trägerfrequenz von Lang-, Mittel- und Kurzwellensendern ist immer dann zweckmäßig, wenn die Frequenz häufig und in kurzer Zeit gewechselt werden muß. Das Gerät ist hier gewissermaßen in der Lage, bei einem angenommenen Kanalabstand von 1 kHz eine Quarzstufe mit einem Satz von 29900 einzelnen, genau abgeglichenen und sorgfältig gealterten Quarzen zu ersetzen, denn die Frequenz läßt sich unmittelbar mit Abweichungen von weniger als 1 Hz gegenüber jedem Sollwert einstellen. Es werden also alle international festgelegten Toleranzen bei weitem eingehalten. Trotzdem ist es ohne Beeinträchtigung der Konstanz möglich, mit der Frequenz gegen Störer um beliebige Beträge auszuweichen, wie dies im kommerziellen Betrieb bei den heutigen Verhältnissen im Kurzwellenverkehr häufig wünschenswert ist. Die hohe Konstanz gewährleistet einwandfreie Funktion auch bei den gegen Frequenzschwankungen empfindlichsten Modulationsarten.

Die Dekadische Meß- und Steuerstufe XUD ermöglicht es, im Lang-, Mittel-, Grenz- und Kurzwellenbereich durchwegs ohne Frequenzvervielfachung auszukommen, wodurch ein besonders einfacher Aufbau des gesamten Senders erreicht wird. Auch bei Sendern großer Leistung treten bei dieser Betriebsart keine Schwierigkeiten auf, da durch den geschirmten Aufbau der Steuerstufe störende Rückwirkung vom Senderausgang verhindert wird. Es ist aber ebenso möglich, das übliche Verfahren der Frequenzvervielfachung in den nachfolgenden Senderstufen anzuwenden, wobei nur zu berücksichtigen ist, daß sich der in Hertz gemessene Fehler der Steuerstufe in gleichem Maße mit vervielfacht. Die Ausgangsleistung ist auf den Leistungsbedarf normaler Senderverstärker abgestellt.

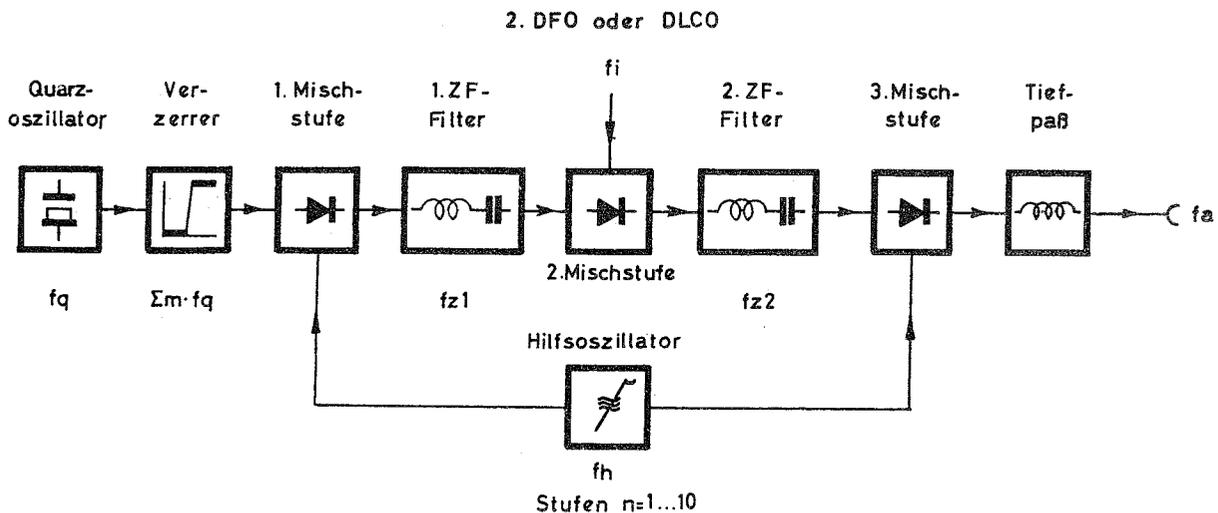
# Arbeitsweise

## Steuerung

Die Dekadische Meß- und Steuerstufe XUD verwendet ein Verfahren der Frequenzsynthese und geht dabei zunächst von einem System kohärenter, dekadisch gestufter Steuerfrequenzen aus. Eine dieser Steuerfrequenzen, und zwar 100 kHz, muß von außen eingespeist werden. Sie soll möglichst genau und konstant sein, da ihr Fehler unmittelbar in den relativen Fehleranteil der Ausgangsfrequenz eingeht; außerdem ist großer Störabstand Voraussetzung für einwandfreie Funktion. Ein geeigneter Generator ist zum Beispiel unser Frequenznormal Type XSB EN 444112.

## Frequenzsynthese

Jede Grundfrequenz wird einem Verzerrer zur Bildung ihres Oberwellenspektrums und dann einem sogenannten Dekadischen Frequenz-Oszillator (DFO) zugeleitet, dessen Aufgabe die Auswahl der jeweils für die Frequenzsynthese benötigten Oberwelle ist. Er besteht aus einem Hilfsoszillator zur Vor- und Rückumsetzung und einer festen Zwischenfrequenz-Filteranordnung hoher Trennschärfe. Die Hilfsoszillatoren sind stufenweise schaltbar, den einzelnen Dezimalstellen zugeordnet und von 0 bis 9 (bzw. 29) beschriftet. Etwaige Schwankungen ihrer Frequenz haben auf die Ausgangsfrequenz keinerlei Einfluß, da sie im Endergebnis der den Selektionsprozeß beschreibenden Gleichungen (siehe unten) nicht mehr auftritt. Die Endfrequenz ergibt sich durch Summation der mit den DFO's ausgewählten Oberwellen der Grundfrequenzen und Addition einer weiteren Zusatzfrequenz, deren Variationsbereich den Schritt- abstand des tiefsten DFO überbrückt. Diese Zusatzfrequenz wird einem ebenfalls dekadisch schaltbaren LC-Oszillator (DLCO) entnommen, der dank sorgfältigen Aufbaues und guter Temperaturkompensation über hohe Konstanz verfügt. Die Frequenz des DLCO läßt sich jederzeit ohne weitere Hilfsmittel gegen die Steuerfrequenz 100 kHz prüfen und notwendigenfalls abgleichen. Alle bei der Frequenzsynthese entstehenden unerwünschten Frequenzkomponenten werden durch fest abgestimmte Filter unterdrückt. Ein Breitbandverstärker liefert die Ausgangsleistung von 1 W; bei Frequenzwechsel ist also keine zusätzliche Verstärkerabstimmung erforderlich. Eingebaute Instrumente gestatten die Messung der Ausgangsspannung und die Kontrolle mehrerer für das einwandfreie Arbeiten der DFO's charakteristischer Betriebspegel.



Prinzipialschaltbild eines einzelnen Dekadischen Frequenzoszillators

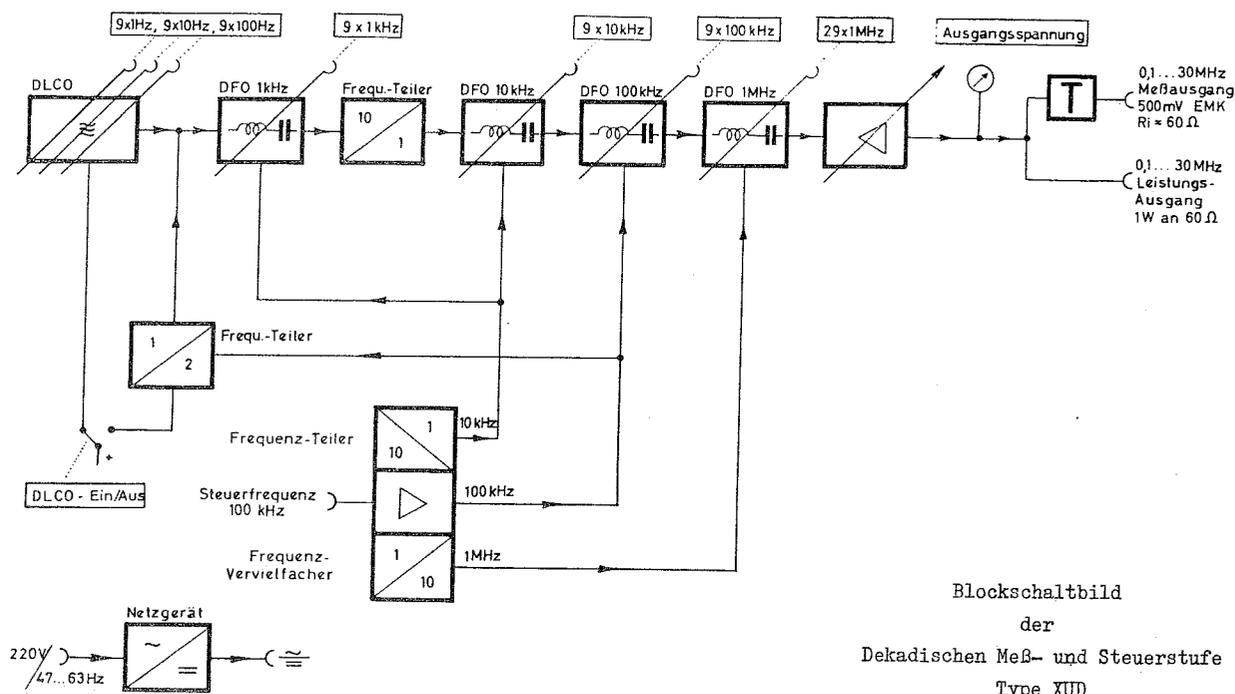
Auswahl einzelner Quarzoberwellen und Addition einer Zusatzfrequenz

Erste Umsetzung:  $\sum m \cdot f_q + f_h = f_{z1}$ , selektiv für bestimmtes  $m$ , abhängig von  $f_h$

Zweite Umsetzung:  $f_{z1} + f_i = f_{z2}$

Dritte Umsetzung:  $f_{z2} - f_h = f_a$

$$f_a = m \cdot f_q + \cancel{f_h} + f_i - \cancel{f_h} = m \cdot f_q + f_i$$



## Störfreiheit

Sorgfältige Dimensionierung der in der Dekadischen Meß- und Steuerstufe XUD verwendeten Frequenzsynthese gewährleistet eine Dämpfung aller zunächst entstehenden unerwünschten Frequenzkomponenten, die auch extremen Ansprüchen gerecht wird. Außer der eingestellten Ausgangsfrequenz und ihren Oberwellen treten keine Störfrequenzen mit einem ungünstigeren Amplitudenverhältnis als  $-70$  db gegenüber der Nutzamplitude auf. Auch die Amplituden-Geräuschmodulation liegt mit  $< -65$  db unter den strengsten Forderungen für Rundfunksender.

## Fehlergrenzen

Da sich die Ausgangsfrequenz aus den Beiträgen der DFO's und des DLCO zusammensetzt, hat ihr Fehler zwei Glieder, deren eines in relativem Maß und deren anderes in Hertz angegeben wird. Der relative Anteil rührt von den in den DFO's umgesetzten Steuerfrequenzen her und entspricht genau dem Fehler der zugeführten 100-kHz-Steuerfrequenz; der in Hertz angegebene Anteil ist durch die Konstanz und Treffsicherheit des DLCO bedingt. Je nach Größe der Ausgangsfrequenz kann das eine oder das andere Glied überwiegen, doch bleibt der Gesamtfehler immer mit großem Spielraum innerhalb der international für Sender zugelassenen Toleranzen.

## Aufbau

Die Dekadische Meß- und Steuerstufe XUD ist äußerlich in vier gleich große Einzelgeräte aufgeteilt, deren funktionelle Gliederung aus den technischen Daten ersichtlich ist. Sie sind konstruktiv als Einschübe in Anlehnung an DIN 41490 ausgestaltet und werden nur betriebsfertig in Kastengestelle eingebaut geliefert. Diese Gestelle enthalten die gesamte Zwischenverkabelung, mit der die Einschübe beim Einführen in das Gestell selbsttätig durch Vielfach-Steckerleisten verbunden werden. Bei bevorzugter Verwendung der Anordnung als Meßsender empfiehlt sich ein tragbares Kastengestell. Steuerstufen für Sender können auch in ortsfeste, größere Gestelle eingebaut werden, die in verschiedenen Größen zur Verfügung stehen oder gegebenenfalls nach Wunsch angefertigt werden.

Literatur: H. Flicker und J. Gerhold: Dekadische Steuerstufen für Lang-, Mittel- und Kurzwellensender. Rohde & Schwarz-Mitteilungen, Heft 7, Dezember 1955, Seite 470-472.



4. Geräteaufteilung	
Einschub 1 . . . . .	DFO 1 MHz, Endverstärker
Einschub 2 . . . . .	DFO 100 kHz, DFO 10 kHz
Einschub 3 . . . . .	DFO 1 kHz, DLCO
Einschub 4 . . . . .	Frequenzvervielfacher, Frequenzteiler, Netzgerät
5. Röhrenbestückung . . . . .	1 x EC 93, 50 x EF 800, 6 x EL 34, 1 x EL 803, 1 x 85 A 2, 5 x E 88 CC
6. Netzanschluß . . . . .	220 V $\pm 5\%$ , 47...63 Hz (rd. 450 VA)
(Anodenspannung elektronisch geregelt)	
7. Abmessungen	
7.1 Einschübe (B x H) . . . . .	520 x 134 mm
7.2 Tragbares Kastengestell (B x H x T) . . . . .	600 x 780 x 730 mm
7.3 Ortsfeste Kastengestelle . . . . .	nach Vereinbarung
8. Gewicht	
8.1 Einschübe zusammen . . . . .	rd. 66 kg
8.2 Tragbares Kastengestell . . . . .	rd. 40 kg
8.3 Ortsfeste Kastengestelle . . . . .	auf Anfrage
9. Zubehör . . . . .	2 16-adrige Verbindungskabel
(im Preise eingeschlossen)	1 4-adriges Hochfrequenzverbindungskabel
10. Empfohlene Ergänzungen . . . . .	Frequenznormal Type XSB BN 444112
(gesondert zu bestellen)	

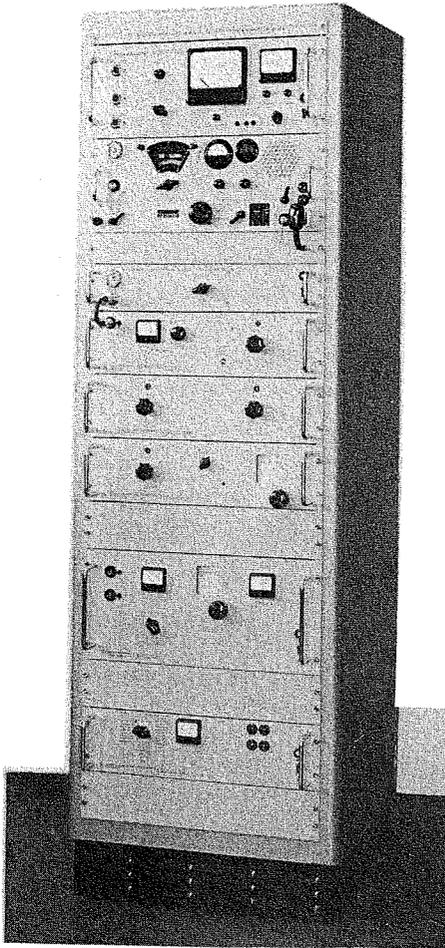
Die Dekadische Meß- und Steuerstufe Type XUD BN 444473  
ersetzt die bisherigen Ausführungen HS 411, HS 421,  
HS 431, HS 471, die nicht mehr hergestellt werden.

Ausgabe September 1960

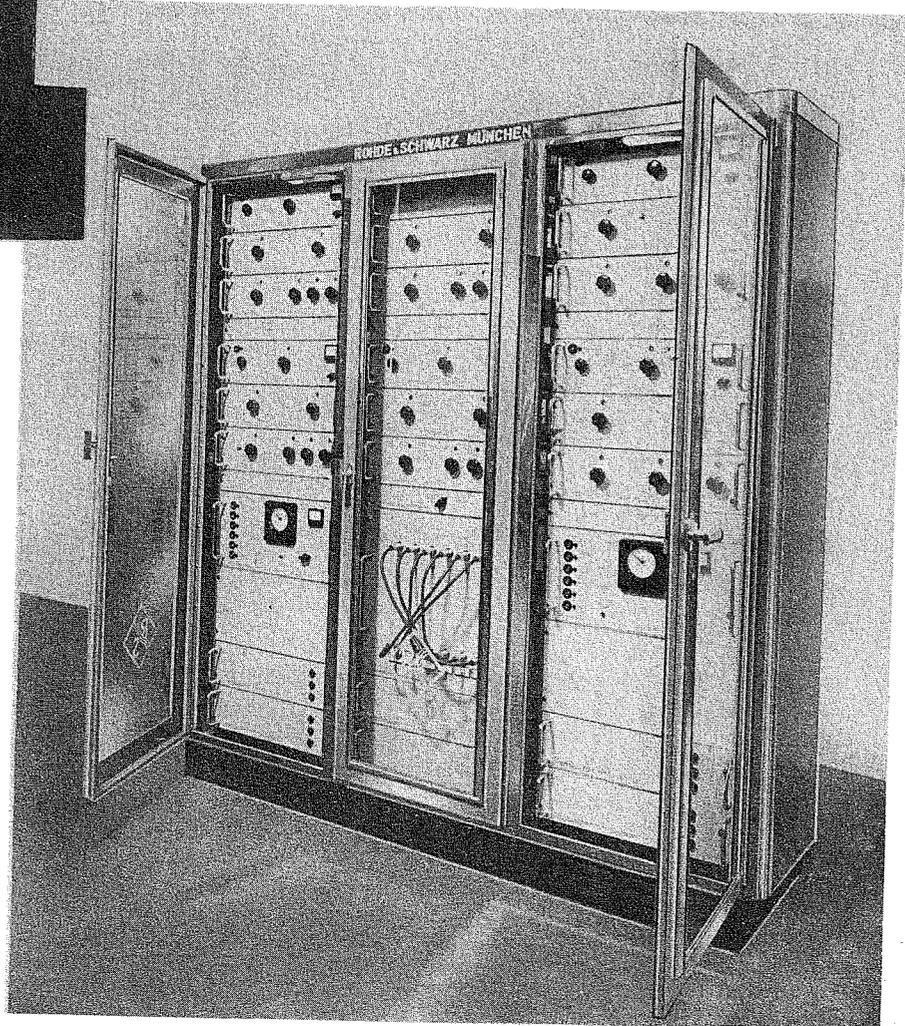
Änderungen, insbesondere solche, die durch den technischen Fortschritt bedingt sind, vorbehalten!

## Dekadische Meß- und Steuerstufe Type XUD

in Anlagen des Senderbetriebsdienstes



Steuerstufe eines Mittelwellen-Rundfunksenders mit Dekadischer Meß- und Steuerstufe XUD, Frequenznormal XSB, VHF-Überwachungsempfänger ESM 300 und Frequenzzeiger FKM, außerhalb der Programmzeiten als Frequenz-Fernmeßplatz für VHF-Rundfunk- und Fernsehsender benützt.



Frequenzzentrale  
einer  
Kurzwellen-Übersee-  
funkstelle

mit sechs Dekadischen Meß- und Steuerstufen XUD, zwei Frequenznormalen  
und Verteilerfeld

0960-Rot 4744