

III. Maschinensender.

Es war der Gedanke naheliegend, mit Wechselstrommaschinen durch entsprechende Erhöhung der Polpaare p und der Umdrehungszahl n je Minute ungedämpfte Hochfrequenzströme zu erzeugen. Die unmittelbar von der Maschine gelieferte Frequenz f beträgt

$$f = \frac{p}{2} \frac{n}{60} \text{ (Hz)}.$$

Die Schwierigkeiten nehmen aber mit wachsender Frequenz außerordentlich stark zu, da die Umdrehungszahl f aus mechanischen und die Anzahl der Polpaare aus konstruktiven Gründen nicht ins Ungemessene gesteigert werden kann. Für $p = 500$ und einen Durchmesser des Rotors von 1 m beträgt die Polteilung, d. h. der Abstand von der Mitte eines Poles zur

Mitte des nächsten Poles, bereits nur noch $\frac{1000 \cdot 2\pi}{2p} = 6,28 \text{ mm}$. Bei

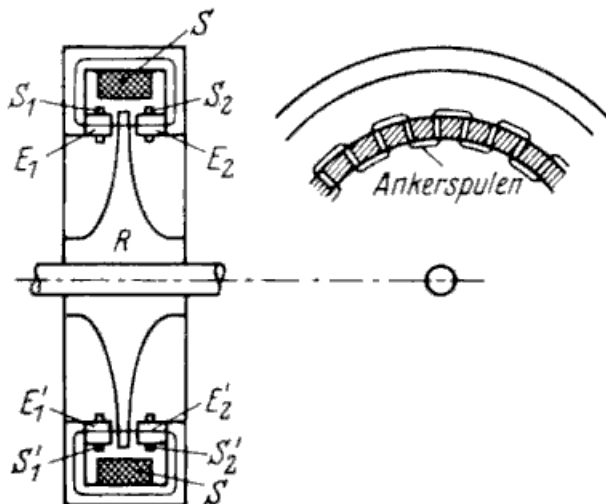
einer Umdrehungszahl $n = 5000$ ist die höchste erreichbare Frequenz

$$f = 20833 = \frac{500}{2} \cdot \frac{5000}{60} = \text{Hz, was einer Wellenlänge } \lambda = 14400 \text{ m}$$

entspricht. Bei dieser Drehzahl und dem angenommenen Durchmesser des Rotors erreicht dessen Umfangsgeschwindigkeit bereits den außerordentlich hohen Wert von 262 m/sec. Trotz dieser Schwierigkeiten wurde dieser Weg der Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen beschritten.

A. Maschine von Alexanderson.

Die Maschine von ALEXANDERSON, die in Abb. 733 schematisch im Schnitt dargestellt ist, ist eine sogenannte Gleichpoltype, bei der das Erregerfeld durch eine einzige Spule S , die von Gleichstrom gespeist ist, erzeugt wird. Der gezahnte Rotor R läuft zwischen den Eisenkernen $E_1 E_2, E'_1 E'_2$ usw., auf denen die kleinen Ankerspulen $S_1 S_2, S'_1 S'_2$ usw. aufgebracht sind, die alle hintereinander geschaltet sind. In der Praxis bestehen sie aus einem einzigen Draht, der wellenförmig auf dem Anker aufgebracht ist. Beim Umlaufen des Rotors ändert sich, je nach der augenblicklichen Stellung der Zähne des Rotors zwischen den Eisenkernen $E_1 E_2, E'_1 E'_2$ usw. der durch die Spule S



erzeugte magnetische Kraftfluß, wobei entsprechend der Umlaufgeschwindigkeit des Rotors und der Anzahl der Zähne in den Rotorspulen eine hochfrequente Wechselspannung erzeugt wird.

Um bei den hohen Umlaufgeschwindigkeiten den Luftwiderstand möglichst zu verringern, werden die Zwischenräume zwischen den Zähnen mit einem nichtmagnetischen Material ausgefüllt, so daß der Rotor eine glatte Oberfläche ausweist. Die Ausführung einer

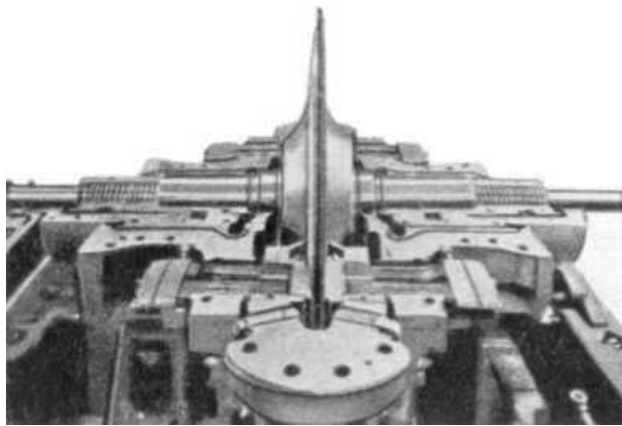


Abb. 734 Aufbau der Hochfrequenzmaschine von ALEXANDERSON

derartigen Hochfrequenzmaschine zeigt Abb. 734.

B. Goldschmidtsche Maschine.

Statt allein durch Erhöhung der Polpaarzahl und der Umlaufgeschwindigkeit erzielt GOLDSCHMIDT bei seiner Hochfrequenzmaschine die Hochfrequenz dadurch, daß er die im Rotor erzeugte Frequenz f_1 auf den Stator zurückwirken läßt, in dem die Frequenz $f_2 = 2f_1$ hervorgerufen wird, die ihrerseits wieder im Rotor die Frequenz $f_3 = 3f_1$ erzeugt. Dieses Prinzip kann noch mehrere Male

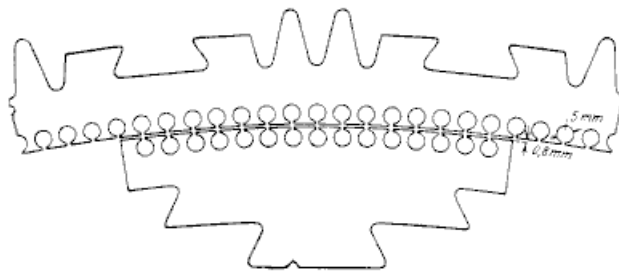


Abb. 735. Lammellenbleche der GOLDSCHMIDT'schen Maschine

wiederholt werden. Der genauere grundsätzliche Aufbau und die Wirkungsweise der Vervielfachung beim GOLDSCHMIDT'SCHEN Maschinensender sind im Abschnitt über die Frequenzwandlung (s. S. 676, 677) besprochen.

Die Eisenkerne des Läufers und Ständers der Maschine sind aus 0,5 mm starken

Eisenblechen zusammengesetzt und mittels schwalbenschwanzähnlicher Ansätze im Gehäuse des Stators bzw. am Kern des Läufers befestigt. Die Leiter sind mäanderförmig miteinander verbunden und liegen in den eingestanzten, nur etwa 5 mm im Durchmesser aufweisenden Nuten (Abb. 735), so daß sie bei den hohen Umlaufgeschwindigkeiten nicht abgeschleudert werden können.

C. Maschinensender mit ruhenden Frequenzwandlern.

Im Gegensatz zu den Maschinen von ALEXANDERSON und GOLDSCHMIDT wird hierbei durch die Maschinen nur eine Grundfrequenz von 6000 bis 8000 Hz erzeugt, was ohne große Schwierigkeit möglich ist. Zur Erzeugung der Hochfrequenz wird die Grundfrequenz in ruhenden Frequenzwandlern außerhalb der Maschine entsprechend vervielfacht.

1. Maschinensender von Telefunken.

Zur Frequenzwandlung werden Transformatoren verwendet, deren Eisenkern durch Gleichstrom so stark magnetisiert ist, daß die Grundfrequenz stark verzerrt wird, so daß je nach Schaltung der Sekundärwicklungen der Transformatoren die zweite oder dritte Oberwelle entnommen werden kann. Durch Verwendung mehrerer Frequenzwandler kann eine weitere Erhöhung der Frequenzvervielfachung erzielt werden. Die Schaltung derartiger Frequenzwandler und die genauere Beschreibung ihrer Wirkungsweise sind im Abschnitt „Frequenzwandlung“ (s. S. 672, 673) beschrieben.

2. Maschinensender von Lorenz.

Wie beim Maschinensender von Telefunken wird auch bei dem von LORENZ die Grundfrequenz in einer ähnlichen Maschine erzeugt. Zur Frequenzwandlung benutzt LORENZ einen Wandler ohne Gleichstromvormagnetisierung. Der Primärstrom des Wandlers ist jedoch so groß, daß der Eisenkern in jeder Halbperiode stark gesättigt wird. Aus der stark verzerrten Stromkurve wird die gewünschte Oberwelle durch einen abgestimmten Sekundärkreis herausgesiebt. Die genauere Wirkungsweise des LORENZschen Frequenzwandlers, die man auch als Stoßerregung auffassen kann, ist ebenfalls im Abschnitt „Frequenzwandlung“ (s. S. 673, 674) beschrieben. Beim Dauerbetrieb der Frequenzwandler ergeben sich leicht Schwierigkeiten, wenn das Eisen des Wandlers, das durch Wirbelströme stark erhitzt wird, nicht sehr gut gekühlt wird.

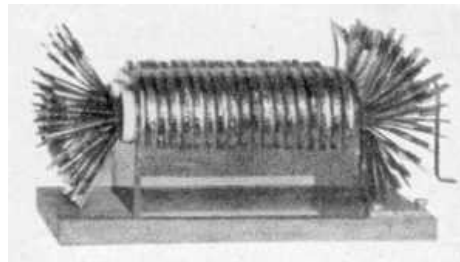


Abb. 736 Frequenzwandler

Durch Verwendung sehr dünner Eisenbleche von etwa 0,05mm Stärke und günstigen Aufbau, bei dem die im Innern der Eisenpakete entwickelte Wärme auf kürzestem Weg nach außen abgeführt werden kann, sowie durch Ölkühlung muß dafür gesorgt werden, daß sich das Eisen nicht unzulässig erwärmt und verbrennt. Den Aufbau eines derartigen Frequenzwandlers zeigt Abb. 736.

3. Maschinensender für kleine Wellenlängen (Rundfunkwellen).

Die Maschinensender arbeiten alle auf Wellen von einigen tausend Metern Wellenlänge. Durch entsprechende Weiterentwicklung versuchte LORENZ die Maschinensender auch für den Rundfunkwellenbereich brauchbar zu machen. Die notwendige Frequenzvervielfachung wurde in zwei Stufen mittels

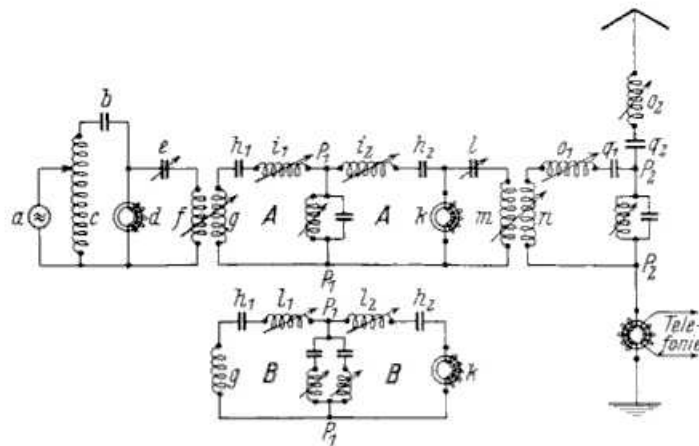


Abb. 737 Schaltbild des LORENZ Maschinensenders

LORENZ - scher Eisenwandler vorgenommen. Zur genügenden Unterdrückung der Oberwellen wurden in jeder Vervielfachungsstufe Sieb- bzw. Sperrmittel eingebaut. Abb. 737 zeigt die beim ehemaligen Münchener Maschinensender ausgeführte Schaltung. Besonders störend

machte sich im Anfang des Betriebes des Münchener Rundfunksenders ein Effekt bemerkbar, der als Trillereffekt bezeichnet wurde. Durch oszillographische Untersuchungen, die insbesondere durch das ehemalige Münchener Reichspostzentramt durchgeführt wurden, wurden als Ursache dieser Erscheinung prozentual sehr kleine periodische Frequenzänderungen der Senderwelle festgestellt, die mit der sekundlichen Umdrehungszahl der Grundfrequenzmaschine übereinstimmten. Weitere Untersuchungen ergaben,

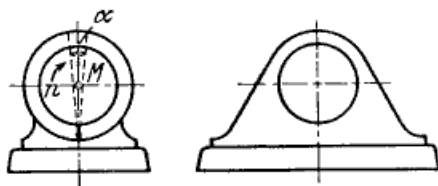


Abb. 738
Vibrationen bei einem normalen Gehäuse und Vermeidung durch entsprechende Gestaltung des Gehäuses

daß das Gehäuse des Grundfrequenzgenerators kleine Pendelungen durch Vibrationen ausführte, deren Amplitude nur etwa $\frac{1}{40}$ mm betrug, so daß sie zunächst nicht bemerkt wurden. Ihre Beseitigung gelang durch entsprechende Ausgestaltung der Maschine (Abb. 738) und genaueste Ausführung und Ausbalancierung der rotierenden Teile.

Trotz der nunmehr beseitigten Schwierigkeiten konnten sich, besonders nach der weiteren Erhöhung der Senderleistungen, die Maschinensender im Rundfunkwellenbereich nicht gegen die inzwischen hoch entwickelten Röhrensender durchsetzen.

4. Tourenregelung der Maschinensender.

Da von der genauesten Konstanthaltung der Drehzahl der Hochfrequenzmaschinen die Konstanthaltung der Senderwelle abhängt, mußte auf die Durchbildung der Tourenregelung der Maschinensender besonderes Gewicht gelegt werden. Bei einer Wellenlänge von 5000m (60000 Hz) ergibt eine Schwankung der Tourenzahl von $\pm 0,1\%$ bereits eine Frequenzänderung von 120 Hz, bei einer Wellenlänge von 500m (600 000 Hz) (Rundfunkwelle) eine Frequenzänderung von 1200 Hz.

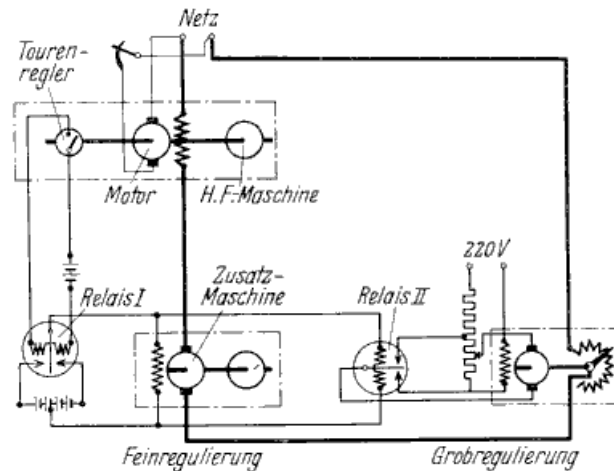


Abb. 739. Tourenregelung beim LORENZ-Maschinensender

Die Konstanthaltung der Drehzahl der Maschine erfolgt durch Regelung der Antriebsmaschine. Bei Gleichstromantriebsmaschinen regelt man meist die Erregung, bei Drehstrommotoren den Widerstand im Rotorkreis mit Hilfe von Relais, die in Abhängigkeit von der Drehzahl ansprechen. Die Betätigung der Relais erfolgt normalerweise durch Fliehkraftregler, wobei man zweckmäßig die Relais dauernd arbeiten läßt und die Regelung durch die Länge der Kontaktzeit des Fliehkraftreglers vornimmt.

Die Schwierigkeiten der Regelung nehmen mit wachsender Senderfrequenz zu. Beim Münchener Maschinensender wurde die Konstanthaltung der sehr hohen Rundfunkfrequenzen durch die in Abb. 739 dargestellte HERZOGSche Fein- und Grobregelung in Verbindung mit dem SCHMIDT'schen Regler erreicht.