

Die FRANKE sche Maschine (1891) – ein Markstein der Tonfrequenz – Messtechnik

Götz Corinth (Mainz)

Einleitung

Als in dem letzten Drittel des neunzehnten Jahrhunderts die Fernsprechtechnik entstand, verfeinert wurde und sich immer weiter ausbreitete, zeigte es sich, dass zwischen den bereits vorliegenden theoretischen Erkenntnissen über die Vorgänge auf längeren Leitungen und in Endgeräten (1, 2, 3.) und praktischen Erfahrungen bei Bau und Betrieb von Fernsprechanlagen kaum Zusammenhänge bekannt waren. Die Anwendung der schon damals hochentwickelten Gleichstrom-Messtechnik mit ihren Brücken – und anderen Kompensationsverfahren scheiterte an der Notwendigkeit, bei Wechselströmen und -spannungen Einfluss auf Betrag und Phase der Kompensationsspannung nehmen zu müssen, da nur so ein eindeutiges Messergebnis erreichbar ist. Hinzu kam noch das Problem des für damalige Verhältnisse grossen Frequenzbereiches, (der ja vorher allenfalls bei Laboruntersuchungen im Bereich der physiologischen und psychologischen Akustik eine Rolle spielte).

Mit einer Klärung durch Ausarbeitung eines brauchbaren Messverfahrens beauftragte das „Telegrapheningenieur-bureau des Reichspostamtes“ den jungen Physiker Adolf FRANKE, der bereits früher eine bemerkenswerte sowohl theoretisch vorbereitete als auch experimentell durchgeführte Arbeit (4) aus dem Fernsprecbereich publiziert hatte. Im Jahre 1891 legte er dann die bei der Philosophischen Fakultät der Berliner Universität erschienene Doktor – Dissertation (5) vor: „Die elektrischen Vorgänge in den Fernsprechleitungen und – apparaten“.

Zur Messeinrichtung

Für die beabsichtigten Untersuchungen musste eine Wechselstromquelle vorhanden sein, die u.a. folgende Bedingungen erfüllte: Frequenz im Bereich ca. 200 ... 2000Hz mit guter Konstanz einstellbar, Spannung weitgehend sinusförmig. Zur Phasenmessung sollen zwei unabhängige Ausgänge vorhanden sein, wovon der zweite zu dem ersten in der Phase um genau vorgegebene Beträge verschoben werden kann, ohne dass sich die Spannung eines der beiden Ausgänge oder die (gemeinsame) Frequenz wesentlich verändert.

Nach dem Stande der damaligen Technik kam nur eine besonders konstruierte Dynamomaschine in Frage (eigentlich entstanden dann zwei Wechselstrom-Generatoren auf durchlaufender Antriebswelle und umlaufender, ebenfalls gemeinsamer, von aussen gespeister Erregerwicklung, vgl. Abb. 1 u. Abb. 3). Franke entwarf sie wohl unter Kenntnis des schon länger bekannten Prinzips der „Zahnrad sirene“. Die Erregerspule lag zwischen zwei gemeinsam rotierenden coaxialen Zahnrädern, in welche

ausserdem noch zwei getrennte (nicht mit umlaufende) Ankerspulen von aussen her hineinragten. Von diesen konnte eine in strenger Achsenrichtung des Erregerfeldes aus diesem herausgezogen werden, die zweite konnte in genau einstellbaren Winkeln zur ersten gedreht werden, ohne aber die axiale Position zu verändern. So konnte die Amplitude der Ausgangsspannung von Ankerspule 2 und bei Ankerspule 1 die Phase zu der Ausgangsspannung von Spule 2 völlig unabhängig variiert werden.

Durch mehrfache Abgriffe der Ankerspulen war eine exakte Spannungsteilung zu Kalibrierzwecken vorgesehen.

Möglichst sinusförmige Ausgangsspannungen liessen sich durch eine günstige Form der Zahnradflanken erreichen, problematisch blieb aber die Forderung nach hohen Frequenzen. Mit einer Zähnezahzahl der beiden Polräder von jeweils 24 liessen sich mit 3000 UpM max. 1200 Hz erreichen, die spätere industriell gefertigte Ausführung (Abb. 2) kam dann mit 40 Zähnen und höherer Drehzahl etwas über 2 kHz.. Eine genaue Bestimmung der Arbeitsfrequenz erfolgte über mehrfach unterteilte Schleifringe und Zungenfrequenzmesser, dabei erwies sich die Konstanzhaltung der Frequenz (Umdrehungszahl) als nicht einfach, da in Anbetracht des recht weiten Regelbereiches (1 : 10) der Antrieb durch einen Gleichstrom – Nebenschlussmotor erfolgen musste. (Es liegen Berichte der Anwender vor, dass gelegentlich erst nach mehreren Stunden eine ausreichende Stabilität erreicht war).

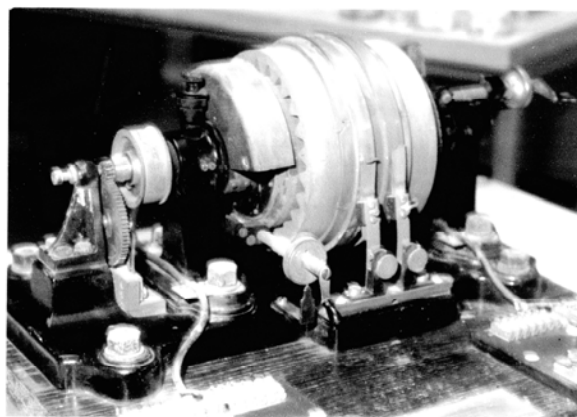


Abb. 1: Sehr frühe (erste ?) Laborausführung der Maschine. Die linke Kurbel verändert den Phasenwinkel zwischen den Ankerspulen, mit der rechten kann die Eintauchtiefe der „Spannungsspule“ in das Erregerfeld beeinflusst werden. Die Schleiffedern in der Bildmitte führen den Erregerstrom zu und bilden eine zur Stabilisierung der Drehzahl günstige mechanische Vorlast. (Original im Museum für Kommunikation Frankfurt/M)

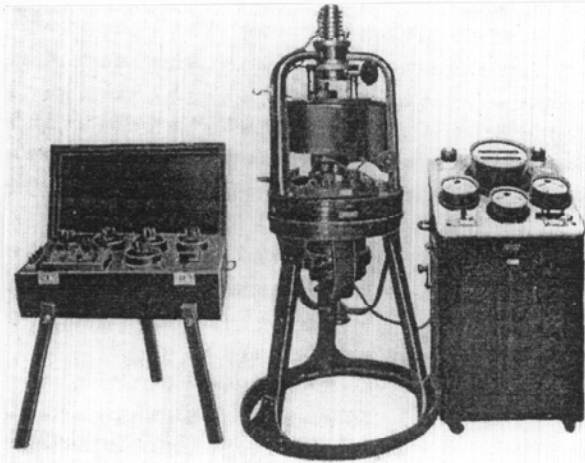


Abb. 2: Die komplette Messeinrichtung aus industrieller Fertigung (Siemens & Halske, ca. 1920). Rechts das Schaltpult für die externe Stromversorgung (110 V DC, max. 10 A), in der Mitte die eigentliche Maschine, Links der spezielle Kompensator. Gesamtgewicht nach Werksangabe ca. 280 kg.

Anwendungen und Ergebnisse

Bereits in der Erstveröffentlichung (5) legt der Erfinder eine Anzahl von Anwendungsbeispielen vor und gibt dazu die theoretischen Grundlagen mit den zugehörigen mathematischen Herleitungen. Durch die sehr hohe feinmechanische Qualität der Maschine sind besonders für die Messgenauigkeit bzw. Auflösung von Phasenwinkeln - sie ist bei der letzten Ausführung besser als eine Winkelminute - sehr gute Voraussetzungen gegeben. So konnte man jetzt auch verlustbehaftete Bauelemente untersuchen, was beispielsweise bei Kondensatoren mit dem gebräuchlichen ballistischen Gleichstromverfahren kaum möglich war. Auch waren jetzt die Frequenzabhängigkeiten eindeutig bestimmbar, was bei der damals gerade aufkommenden Dämpfungsverminderung von Fernsprechleitungen durch die Einführung der Pupinspulen grosse Vorteile brachte. Auch weitere Eigenschaften von Frei- und Kabelleitungen und Endgeräten der Fernsprech- und Telegraphentechnik konnten jetzt sicher ermittelt und eindeutig verglichen werden.

Literaturauswahl:

- 1) VASCHY: Ann. Telegr. 1884, S. 24, 185
- 2) HEAVISIDE: Electrician 1886 u. 1887
- 3) WIETLISBACH: Elektrotechn. Rundschau 1887
Jahrbuch f. Elektrotechn. 1887, S. 206
- 4) FRANKE: ETZ 20, 1890, S. 288 ff.
- 5) FRANKE: ETZ 34, 1891, S. 447 ff.

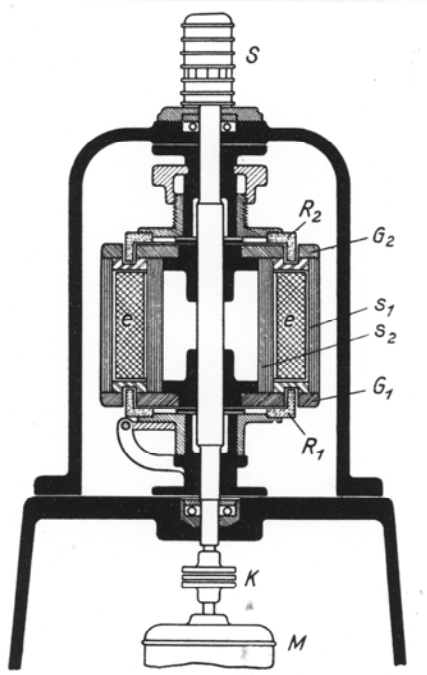


Abb. 3: Schematischer Längsschnitt durch den Generatorteil der industriell hergestellten Maschine. Gegenüber dem Labormodell steht die Achse jetzt senkrecht, der Antrieb erfolgt nicht mehr über einen Riemenantrieb, sondern durch einen direkt gekuppelten Nebenschlussmotor. Es bedeuten:

G 1: Polplatte für „Phasenanker“ (bestehend aus 2 konzentrischen Ringen mit jeweils 40 Zähnen)

G 2: Polplatte für „Spannungsanker“ (Ausführung wie G 1)

R 1: „Phasenanker“ mit Spule (um Längsachse drehbar)

R 2: „Spannungsanker“ mit Spule (längsverschieblich)

e: Erregerspule (für beide „Anker“ gemeinsam)

Anfänge und Enden aller Spulen führen zu den Schleifringen am Kopf der Maschine

S 1 und S 2: gemeinsames inneres bzw. äußeres Polrohr

K: elastische Wellenkupplung

M: Antriebsmotor



Dr. Adolf Franke

7. Dezember 1865 in Lingen / Emsland geboren
 Studium der Physik in Heidelberg u. Berlin
 1889 Eintritt in das Telegraphen-Ingenieurbureau des Reichspostamtes Berlin
 1891 Promotion zum Dr. phil.
 1896 Eintritt in Fa. Siemens & Halske
 1903 dort stellvertr. Vorstandsmitglied
 1908 dort Mitglied des Vorstandes
 1920 Direktor des Wernerwerkes bei S & H
 1922 Vorsitzender des Vorstandes bei S & H
 1922 Ehrendoktor der TH Berlin
 11. September 1940 in Berlin verstorben.