

Diss. ETH Nr. 6575

**SCHWINGUNGSERSCHEINUNGEN IN NATURUMLAUF-
VERDAMPFERSYSTEMEN UND DEREN ANREGUNG
DURCH STOCHASTISCHE STOEREFFEKTE**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN

HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

MUSTAFA YOUSSEF

dipl. Masch. Ing. TH Graz

geboren am 24. November 1941

von Syrien

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. P. Profos, Referent

Prof. M. Berchtold, Korreferent

ZÜRICH

1980

SUMMARY

This study deals with the occurrence of oscillations in natural circulation steam generator systems and their excitation by stochastic disturbances.

Based on preliminary investigations carried out on an air-water loop, a experimental natural circulation steam generator system was designed and constructed in the Department of Measurement and Control. It was used to measure stochastic pressure and flow fluctuations on the one hand and step response of circulation on the other.

A particular metrological problem was posed by the dynamic flow measurement in the downcomer of the steam generator system. By means of theoretical and experimental investigations it had to be ascertained that the dynamic measurement errors of the turbine flow measurement system used remained within the permissible scope.

A relatively large amount of attention had to be paid with regard to suppressing noise when measuring the step responses and to evaluation of the stochastic interference signals (amplitude density distributions, power density spectral, auto and cross correlation functions).

The results of the study of random disturbances are submitted in the form of diagrams showing the amplitude and spectral distributions of pressure and flow fluctuations as a function of the operation parameters of the steam generator, together with the results of qualitative considerations on the causes of the disturbances.

The measurements of the dynamic behaviour of circulation , supplemented by theoretical considerations (deductive modeling) confirmed the expected oscillation capability of the natural circulation steam generator system. Moreover, the experiment showed that under certain operating conditions instability even can occur with temporary back flow.

The developed mathematical model describes the dynamic behaviour of circulation in good agreement with the experimental results for stable conditions. To explain the instable circulation behaviour the model would have to be expanded further. Some ideas in this respect have been worked out.

This study is meant as a contribution to a better knowledge and more profound understanding of the complex dynamic processes in steam generating systems. In relation with this study the methods and aids of control theory were of particular value.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Schwingungserscheinungen in Naturumlauf-Verdampfersystemen und mit deren Anregung durch Stochastische Störeffekte.

Aufgrund von an einer Luft-Wasser-Umlaufschleife durchgeführten Voruntersuchungen wurde ein Versuchs-Naturumlauf-Verdampfersystem entworfen und im Laboratorium des Instituts für Mess- und Regeltechnik aufgebaut. Daran wurden einerseits die stochastischen Druck- und Durchflussschwankungen gemessen, andererseits das transitorische Umlaufverhalten bei Sprungstörung.

Ein besonderes messtechnisches Problem stellte die dynamische Durchflussmessung im Fallrohr des Verdampfersystems. Durch besondere theoretische und experimentelle Untersuchungen musste sichergestellt werden, dass mit dem eingesetzten Turbinendurchfluss-Messsystem die dynamischen Messfehler in zulässigem Bereich bleiben.

Verhältnismässig grossen apparativen Aufwand erforderte die Signalentstörung bei der Messung der stark verrauschten Sprungantworten, sowie die statistische Auswertung der stochastischen Störsignale (Amplitudendichte-Verteilungen, Leistungsdichtespektren, Auto- und Kreuzkorrelationsfunktionen).

Als Ergebnisse der Untersuchung der Störeffekte werden zahlenmässige Unterlagen über die amplitudenmässige und spektrale Verteilungen von Druck- und Durchflussschwankungen in Abhängigkeit der Betriebsparameter des Dampferzeugers vorgelegt, zusammen mit den Resultaten qualitativer Ueberlegungen hinsichtlich der Störursachen.

Die durch theoretische Betrachtungen (deduktive Modellbildung) ergänzten Messungen des dynamischen Umlaufverhaltens bestätigen zunächst die erwartete Schwingungsfähigkeit von Naturumlauf-Verdampferschleifen. Darüber hinaus zeigte das Experiment, dass unter bestimmten Betriebsbedingungen sogar Instabilität, mit temporärer Rückströmung im Fallrohr, eintreten kann.

Das entwickelte mathematische Modell beschreibt das dynamische Umlaufverhalten bei befriedigender Übereinstimmung mit den Messergebnissen für den stabilen Bereich. Zur Erklärung des instabilen Umlaufverhaltens müsste es noch weiter ausgebaut werden, wobei dies bezüglich qualitative Vorstellungen entwickelt worden sind.

Die vorliegende Arbeit versteht sich als Beitrag zur genaueren Kenntnis und zum tieferen Verständnis der komplexen dynamischen Vorgänge in Dampferzeugersystemen. Bei der Gewinnung dieser Erkenntnisse waren Methoden und Hilfsmittel der Regeltheorie von besonderem Nutzen.