

KERNTECHNIK IN EINZELDARSTELLUNGEN

Diese neue Schriftenreihe zur Kerntechnik ist für Studenten an Universitäten, Technischen Hochschulen und Ingenieur-Schulen bestimmt. Gleichzeitig wendet sie sich an Mitarbeiter bei Forschungsaufgaben und an qualifizierte Techniker, die ein tieferes Verständnis derjenigen Gebiete der Kerntechnik benötigen, die außerhalb ihres eigenen Fachgebietes liegen.

Für diesen Leserkreis sind die derzeit zur Verfügung stehenden umfangreichen Werke im ganzen vielfach zu ausführlich und nicht zuletzt recht kostspielig. Dem Bedürfnis nach einer weitgefaßten Darstellung hofft der Verlag mit der Herausgabe dieser preiswerten Reihe von Einzeldarstellungen nachzukommen; sie erfolgt in Zusammenarbeit mit TEMPLE PRESS LTD. und basiert auf der dort erscheinenden Schriftenreihe „Nuclear Engineering Monographs“.

Das Thema erstreckt sich von den elementaren Grundlagen bis hin zur Behandlung schwierigerer theoretischer Fragen, wobei auch die neuesten Ergebnisse berücksichtigt werden sollen.

Februar 1961

Der Verlag

Die Schriftenreihe

KERNTECHNIK IN EINZELDARSTELLUNGEN
– NUCLEAR ENGINEERING MONOGRAPHS –

umfaßt vorerst folgende Bände:

I

W. K. Mansfield

ELEMENTARE KERNPHYSIK

II

J. J. Syrett

REAKTORTHEORIE

III

W. B. Hall

WÄRMEÜBERTRAGUNG BEI REAKTOREN

IV

J. R. Harrison

REAKTORABSCHIRMUNG

V

J. H. Bowen und E. F. O. Masters

STEUERUNG UND INSTRUMENTIERUNG
VON REAKTOREN

VI

W. R. Wootton

DAMPFKREISLÄUFE FÜR KERNKRAFTWERKE

J. H. Bowen — E. F. O. Masters

**STEUERUNG UND INSTRUMENTIERUNG
VON REAKTOREN**

Mit 25 Abbildungen



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH 1961

Autorisierte Übersetzung: Diplomphysiker MARTIN KOLB

ISBN 978-3-663-03164-2 ISBN 978-3-663-04353-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-04353-9

“NUCLEAR ENGINEERING“ MONOGRAPHS

Nuclear Reactor Control and Instrumentation

© by Springer Fachmedien Wiesbaden 1959

Ursprünglich erschienen bei TEMPLE PRESS LTD. 1959.

Vorwort der Verfasser

Dieser Band will das zum Verständnis der charakteristischen Betriebs-eigenschaften des gasgekühlten, graphitmoderierten Kraftwerkreaktors sowie seiner Steuerung, Regelung und Instrumentierung erforderliche Wissen in einer Form vermitteln, die für alle, die sich mit dem Betrieb derartiger Anlagen befassen, von Nutzen ist. Darüber hinaus soll er als Einführung in Entwurf und Konstruktion von Kernkraftwerken dienen.

Die ersten vier Kapitel behandeln betriebsbedingte sowie gesteuerte Änderungen der Neutronenvermehrung und der Wärmeabfuhr und die daraus resultierenden Rückwirkungen auf den Reaktor. Spezielle, im Zusammenhang mit den Steuerstäben des Reaktors, seinen Meßinstrumenten und Sicherheitseinrichtungen stehende Fragen werden im fünften bzw. sechsten Kapitel erörtert.

Derart viele Faktoren bestimmen das Verhalten eines Reaktors, daß jede, z. B. zu Entwurfszwecken vorgenommene, gründlichere quantitative Untersuchung den Gebrauch irgendeines „Reaktorsimulators“ nahezu zwingend erfordert; dies kann etwa eine geeignet programmierte elektronische Rechenanlage sein. Eine orientierende Kenntnis der wesentlichsten Vorgänge kann man jedoch schon an Hand einfacher Modellvorstellungen gewinnen. Vor dem Übergang zu derartigen Vereinfachungen werden hier die wirklichen Verhältnisse stets so weit beschrieben, daß sich die notwendigen Einschränkungen und Vorbehalte bei Anwendung der aus den vereinfachten Modellvorstellungen abgeleiteten Ergebnisse in der Praxis machen lassen.

Weniger Raum wurde Stabilitätsfragen, die normalerweise bei jeder selbsttätigen Regelung untersucht werden müssen, aus der Überzeugung gewidmet, daß es 1. wichtiger ist, das charakteristische Verhalten eines Systems gegenüber Fremdsteuerung zu verstehen, und daß 2. eine solche Einteilung des zur Verfügung stehenden Raumes der größeren praktischen Bedeutung gerecht wird, die den Primär-Bauteilen der Anlage im Vergleich zu den mehr sekundären Steuer- und Regelkreisen zukommt; letztere können im allgemeinen leichter auf Grund der Betriebs-erfahrungen modifiziert werden. Viele wichtige Probleme, die mit der Steuerung und Regelung von Kernkraftwerken verknüpft sind, müssen noch gelöst werden; die Verfasser hoffen indessen, daß der in dieser Monographie — die zum Großteil auf ursprünglich für Universitätsvorlesungen zusammengestellten Unterlagen beruht — versuchte Lösungsweg in seinen Grundzügen weiterhin nützlich sein wird.

Mit dankbarer Anerkennung möchten die Verfasser an dieser Stelle Herrn Professor J. Diamond nennen, dem sie für anregende Förderung sehr verpflichtet sind.

J. H. Bowen
Industrial Group Headquarters
Atomic Energy Authority

E. F. O. Masters
Preece, Cardew and Rider

Nachwort zur deutschen Ausgabe

Der Verlag entschloß sich zur Herausgabe dieses Bändchens, weil hier an Hand der Betriebspraxis eines erprobten Reaktortyps viele der bei allen Kernkraftwerken in ähnlicher Weise auftretenden Steuerungsprobleme behandelt und in wichtigen Fällen einer elementaren Lösung zugeführt werden. Der vorliegende Text beruht auf einem von den Verfassern für die deutsche Ausgabe kommentierten Exemplar der Originalausgabe und weicht an einigen Stellen nicht unwesentlich von dieser ab.

Übersetzer und Verlag möchten auch an dieser Stelle Herrn Dr. G. Röbert für seine freundliche Durchsicht der Übersetzung danken, die dem deutschen Text an zahlreichen Stellen zugute gekommen ist. Die Literaturhinweise wurden durch einige neuere Arbeiten und Werke vor allem aus der deutschsprachigen Literatur ergänzt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Kernkraftwerke	
Die Kettenreaktion	1
Betrieb bei voller Leistung	3
Leistungsentnahme aus dem Reaktor	4
Steuerung unter normalen Betriebsbedingungen	8
Anfahren des Reaktors	10
Sicherheitsüberlegungen im Zusammenhang mit der Steuerung	14
II. Nichtstationäre Neutronenvermehrung	
Analogverfahren zu Lösung	19
Sprunghafte Änderung von k_{ex}	20
Sinusförmige Änderung von k_{ex}	23
Anfahren eines Reaktors mit konstanter Steuerstabgeschwindigkeit	26
Zeitabhängigkeit des Abschaltvorganges	28
Ein Beispiel: Auslaufen der Gasumwälzer auf $1/20$ Drehzahl, Steuerstäbe schnellstmöglich eingefahren	29
III. Der temperatur-stabilisierte Reaktor	
Temperaturkoeffizienten der Reaktivität	32
Die Wärmeübergangsgleichungen	34
Graphische Ermittlung des Betriebsverhaltens des temperatur-stabilisier- ten Reaktors	40
Das Übergangsverhalten des temperatur-stabilisierten Reaktors	45
Radiale Temperaturverteilung während des Einschwingungsvorganges	49
Axiale Temperaturverteilung während des Einschwingungsvorganges	50
IV. Durchgerechnete Beispiele	
1. Beispiel: Auslaufen der Gasumwälzer auf $1/10$ Drehzahl, Steuerstäbe festgehalten	53
2. Beispiel: Reaktivitätssprung um $+ 0,4 \%$ bei Vollast	59
3. Beispiel: Anfahren mit konstanter Ausfahrgeschwindigkeit der Steuer- stäbe	62
V. Die Steuerstäbe und ihr Antrieb	
Erforderliches Gesamtreaktivitätsäquivalent aller Stäbe	67
Wirkung der Steuerstäbe	69
Zahl der erforderlichen Steuerstäbe	74
Erwärmung der Steuerstäbe	77
Materialien für Steuerstäbe	77
Anforderungen an den Antriebsmechanismus der Steuerstäbe	79

	Seite
VI. Instrumentierung	
Messung des Neutronenflusses	81
Neutronenfluß – Meßsonden	82
Ionenkammern	83
Neutronen-Nachweisvermögen	85
Störende γ -Empfindlichkeit	86
Anordnung der Neutronenfluß-Sonden	87
Schaltungen für Strom-Ionenkammern	88
Nachweis undichter Spaltstoffelemente	91
Abschaltung bei Grenzwertüberschreitungen	93
 Literatur	 95
 Formelzeichen und Abkürzungen	 99
 Sachverzeichnis (deutsch-englisch)	 101