Analytische Erfassung des Winkelflusses beim Neutronentransport in Abschirmungen

Diss. Nr. 5324

ANALYTISCHE ERFASSUNG DES WINKELFLUSSES BEIM NEUTRONENTRANSPORT IN ABSCHIRMUNGEN

A B H A N D L U N G

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Technischen Wissenschaften

der

E I D G E N O E S S I S C H E N T E C H N I S C H E N

H O C H S C H U L E Z U E R I C H

vorgelegt von

J U E R G E N H A L I N
Dipl. Masch. Ing. ETH
geboren am 30. September 1943
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. W. Hälg, Referent
Dr. J. Mennig, Korreferent

1974

Für die ersten sieben Rechnungen wurde der Bereich des Isolators in I Intervalle der Dicke d/I unterteilt. Im letzten, mit einem Stern gekennzeichneten Fall weisen die Diskretisierungsintervalle die Dicken 0.15 cm für die ersten zwanzig, 0.1 cm für die nächsten vierzig und 0.15 cm für die letzten zwanzig Intervalle auf. Der erhebliche Anstieg der Integrationszeit ist darauf zurückzuführen, dass gemäss den Ausführungen des Abschnittes (4.7) für die ersten sieben Rechnungen jeweils nur die Elemente der ersten Matrixspalte durch Integration über die Winkelvariable bestimmt werden müssen, während es bei der unterschiedlichen Ortsdiskretisierung wesentlich mehr Elemente sind.

3.4 Verbesserungsmöglichkeiten der S_∞-DPR-Methode

Wie die Ergebnisse der Testbeispiele im Abschnitt (3.3) zeigen, weist die S_∞-DPR-Methode erhebliche Vorteile in bezug auf die Genauigkeit der Resultate und der Rechenzeiten gegenüber dem S_n-Verfahren auf. Trotzdem bedarf es noch einiger weniger kleiner Modifikationen in der Theorie, um den SHIELD-Code im vollen Umfang mit S_n-Codes, wie ANISN, konkurrenzfähig zu machen.

Zur Zeit weist das S_∞-DPR-Programm folgende drei Nachteile auf:

a) Wie insbesondere aus den Beispielen 3 und 4 zu ersehen ist, benötigt die Lösung des linearen Gleichungssystems bei einer grossen Zahl von Ortsintervallen wesentlich mehr Zeit als die Winkelintegration. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einer feineren Ortsdiskretisierung mit Intervallen gleicher optischer Dicke der Aufwand für die Integration linear wächst, während er für die Lösung des linearen Gleichungssystems quadratisch zunimmt.

b) Gemäss den Ausführungen des Abschnittes (4.7) und entsprechend den Bemerkungen zu Beispiel 4 wächst die Rechenzeit stark an, wenn Ortsintervalle unterschiedlicher optischer Dicke vorliegen. Dies ist bei Multigruppen-Mehrzonenproblemen stets der Fall und hat seine Ursache in der Zahl der durch Integration über die Winkelvariable zu bestimmenden Matrixelemente.

c) Wegen des beschränkten Speicherplatzes für die Matrix des linearen Gleichungssystems können Probleme mit anisotroper Streuung nur gelöst werden, wenn die Zahl der Ortsintervalle entsprechend reduziert wird (3.2). Zwar lässt sich diese Schwierigkeit bei Problemen mit grossen optischen Dicken durch Anwendung des im SHIELD-Code eingebauten Raumseparationsverfahrens umgehen, doch hat dies stets Genauigkeitseinbussen zur Folge. Damit möglichst wenig Raumseparationsschritte erforderlich sind, ist die Zahl der Ortsintervalle so zu wählen, dass die zulässige Zahl linearer Gleichungen fast erreicht wird, was jedoch den unter a) angeführten Nachteil mit sich bringt.

Alle genannten Schwierigkeiten lassen sich bei der S_∞-DPR-Methode aus dem Wege räumen, wenn die bei S_n-Verfahren übliche Methode der Quelltermiteration Anwendung findet.

Hierzu werden die Momente des integrierten Flusses (44) ${}^{(0)}\Phi_{\ell,g,i}$ näherungsweise aus einer Diffusionsrechnung bestimmt oder beispielsweise Null gesetzt. Aus (45) ergibt sich eine durch (0) gekennzeichnete 0-te Näherung der Streuquellenmomente ${}^{(0)}U_{\ell,g,g,i}$, die in (38) mit den Streuquellenbeiträgen aus energetisch höheren Gruppen und den Fremdquellen, d.h. den Termen $H_{\ell,g,i}$, zu Grössen ${}^{(0)}H_{\ell,g,i}$ zusammengefasst werden können. ${}^{(0)}H_{\ell,g,i}$ weist im Gegensatz zu $H_{\ell,g,i}$ die obere Summationsgrenze g auf. Durch Anwendung der Lie-Reihen-Methode auf die modifizierte Gleichung (38) lassen sich verbesserte Werte

${}^{(1)}\Phi_{\ell,g,i}$ bestimmen, die mit der neuen Definition von ${}^{(0)}H_{\ell,g,i}$ formal völlig gleich berechnet werden wie die über k zu summierenden Grössen $W^{\pm}_{\ell,g,i,k}$ (67). Auf diese Weise ergeben sich iterativ verbesserte Werte ${}^{(p)}\Phi_{\ell,g,i}$, ohne dass dazu Matrixelemente berechnet werden müssen. Das Iterationsverfahren bricht ab, wenn für alle ${}^{(p)}\Phi_{\ell,g,i}$ der relative Fehler gegenüber der (p-1)-ten Näherung kleiner als eine vorgegebene Schranke ist.

Eine weitere, leicht durchzuführende Verbesserung des S_{∞}-DPR-Verfahrens wäre der Abbruch der Winkelflussentwicklung im DPR-Teil nach $\overset{*}{\nu} = 4$ Termen.