

Inhaltsverzeichnis

Liste der meistbenutzten Abkürzungen und Formelzeichen	IX
1 Die Methode der finiten Elemente	1
1.1 Überblick	1
1.2 Die Methode der gewichteten Residuen	2
1.3 Die schwache Formulierung	3
1.4 Diskretisierung mit finiten Elementen	5
1.5 Die Galerkin - Methode	7
1.5.1 Aufbau des Gleichungssystems	8
2 Die Methode der Randelemente	11
2.1 Überblick	11
2.2 Der Kirchhoffsche Satz	12
2.3 Die Randelementmethode als spezielle Methode der gewichteten Residuen	16
2.4 Diskretisierung mit Randelementen	17
2.5 Aufbau des Gleichungssystems	19
2.6 Mehrfach zusammenhängende Grundgebiete	21
2.7 Unendliche Grundgebiete	21
2.8 Berechnung des „Kantenfaktors“ c	23
3 Anwendung der Methode der finiten Elemente zur Lösung magneto- statischer Probleme	25
3.1 Felder stationärer Ströme in linearen Medien	25

3.1.1	Die Erfüllung der Eichbedingung	29
3.1.2	Die schwache Formulierung des Problems	32
3.1.3	Die Finite - Elemente - Formulierung	34
3.2	Felder stationärer Ströme in beliebigen Medien	36
3.2.1	Die schwache Formulierung des Problems	39
3.2.2	Die Finite - Elemente - Formulierung	42
3.3	Iterative Lösungsverfahren	44
3.3.1	Das $M(H)$ - Iterationsverfahren	45
3.3.2	Das $M(B)$ - Iterationsverfahren	48
3.4	Modellierung der magnetischen Materialien	50
3.4.1	Lineare Medien	50
3.4.2	Nichtlineare Medien	51
3.4.3	Hysteresebehaftete Medien	52
3.4.3.1	Das skalare Preisach - Modell	53
3.4.3.2	Das Vektor - Preisach - Modell	60
4	Anwendung der Methode der finiten Elemente zur Lösung von Wirbelstromproblemen	64
4.1	Wirbelstromprobleme in linearen magnetisierbaren Medien	64
4.1.1	Die Erfüllung der Eichbedingung	67
4.1.2	Die schwache Formulierung des Problems	70
4.1.3	Die Finite - Elemente - Formulierung	71
4.2	Wirbelstromprobleme in beliebigen magnetisierbaren Medien	74
4.2.1	Die schwache Formulierung des Problems	78
4.2.2	Die Finite - Elemente - Formulierung	79
4.3	Das Euler - Verfahren	82
5	Kopplung der Methode der finiten Elemente mit der Randelementmethode	83
5.1	Einleitung	83

5.2	Die Kopplung für elektrostatische Probleme	84
5.2.1	Die Beschreibung mit finiten Elementen	85
5.2.2	Die Beschreibung mit Randelementen	87
5.2.3	Berechnung der Matrizen	88
5.2.4	Die Kopplung von BEM und FEM	90
5.2.5	Mehrere nicht zusammenhängende FEM - Teilgebiete	91
5.2.6	Beispiele	91
5.3	Die Kopplung für magnetostatische Probleme	96
5.3.1	Die Beschreibung mit finiten Elementen	96
5.3.2	Die Beschreibung mit Randelementen	97
5.3.3	Kopplung von BEM und FEM	97
5.3.4	Beispiele für lineare homogene Medien	99
5.3.5	Beispiel für ein lineares inhomogenes Medium	105
5.3.6	Beispiel für nichtlineare Medien	105
5.3.7	Beispiele für ebene Probleme mit hysteresebehafteten Medien	108
5.3.8	Beispiel für ein dreidimensionales Problem mit hysteresebehaftetem Medium	111
5.4	Die Kopplung für Wirbelstromprobleme	112
5.4.1	Ebene Probleme	114
5.4.2	Dreidimensionale Probleme	120
5.4.2.1	TEAM - Problem 3	123
5.4.2.2	TEAM - Problem 7	126
5.4.2.3	TEAM - Problem 8	129
5.5	Die Kopplung auf endlichem Grundgebiet	133
5.6	Nachteile der Kopplung	137
5.7	Vergleich mit infinitem Element und „Ballooning - Element“	141
5.7.1	„Ballooning - Elemente“	141
5.7.2	Infinites Element	143
6	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	147

Anhänge

A Koordinatentransformation bei beliebigen Rändern	149
B Die schwache Formulierung des magnetostatischen Randwertproblems für lineare Medien	151
C Die schwache Formulierung des magnetostatischen Randwertproblems für beliebige Medien	155
D Die Anwendung des Vektor - Preisach - Modells	159
D.1 Das skalare Preisach - Modell	159
D.2 Das zweidimensionale Vektor - Preisach - Modell	161
D.3 Das dreidimensionale Vektor - Preisach - Modell	168
E Koppelbedingungen für magnetostatische Probleme	171
F Analytische Lösung des Beispiels aus Abschnitt 5.3.6 und 5.3.7	173
F.1 Nichtlineares Medium	175
F.2 Medium mit Hysterese	175
Literaturverzeichnis	177