

Dipl.-Ing. Andreas Biebighäuser, Berlin

Neue Aspekte zur Kommutierung von Gleichstrommaschinen

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **214**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VIII
1. Einleitung	1
2. Wicklungsvarianten	3
2.1 Schleifenwicklung	3
2.1.1 Spulenkurzschluß bei der Schleifenwicklung	7
2.2 Wellenwicklung	9
2.2.1 Spulenkurzschluß bei der Wellenwicklung	11
3. Das erweiterte Kommutierungsmodell	14
3.1 Grundsätzliches	14
3.1.1 Die Neutrale Zone	20
3.2 Maschengleichungen	23
3.2.1 Nutinduktivität der Ankerspulen	26
3.2.2 Zahnkopfinduktivität der Ankerspulen	30
3.2.3 Stirninduktivität der Ankerspulen	34
3.2.4 Luftspaltinduktivität der Ankerspulen	39
3.2.5 Widerstand der Ankerspulen	43
3.2.6 Bürstenübergangswiderstand	44
3.2.7 Gegeninduktivität zwischen der Erregerwicklung und einer Ankerspule	47
3.2.8 Induktivität der Erregerwicklung	49
3.2.9 Weitere Impedanzen des Erregerkreises	51
3.3 Rotatorisch vom Luftspaltfeld in den Ankerspulen induzierte Spannung	51
3.3.1 Erregerfeld	53
3.3.2 Ankerfeld	56
3.3.3 Luftspaltfeld	63

3.4	Von der Ankerzweigdurchflutung in der Erregerwicklung induzierte Spannung	63
3.5	Von der Ankerzweigdurchflutung in den K-Spulen induzierte Spannung	66
4.	Ergänzungen zu dem Kommutierungsmodell	72
4.1	Kommutierungsfördernde Maßnahmen	72
4.1.1	Staffelung der Teilbürsten	72
4.1.2	Getreppte Ankerwicklung	73
4.1.3	Gespaltene Ankerwicklung	78
4.1.4	Zusatzbürstenbeschaltung	82
4.2	Verschaltung der Erregerwicklung	88
4.3	Stromverdrängung in den Ankerleitern	91
4.4	Versatz eines einzelnen Bürstenhalters	100
4.5	Berücksichtigung der Lageabhängigkeit der Induktivitäten	101
5.	Neuartiges Verfahren zur Beurteilung der Kommutierung	104
5.1	Minimale Frequenz der Erregerstromüberschwingungen	104
5.2	In der d-Achse wirksame Ankerdurchflutung	105
5.3	Einfluß der Nutzahl-Polpaarzahl-Kombination	109
5.4	Meßtechnische Überprüfung	112
5.5	Variation der Erregerwicklungsverschaltung	115
5.6	Schlußbemerkungen	117
6.	Ergebnisse	118
6.1	Vergleich einiger Ersatzschaltbildelemente	118
6.2	Berechnung einfacher Beispiele	121
6.3	Vergleich gerechneter und gemessener Kommutierungsverläufe	128
6.3.1	Versuchsaufbau	128
6.3.2	Standardmeßreihe	130
6.3.3	Einfluß der Vorschaltinduktivität im Erregerkreis auf die Kommutierung	147

6.3.4	Staffelung der Bürsten	149
6.3.5	Variation der Erregerwicklungsverschaltung	152
6.3.6	Beeinflussung der Kommutierung durch die Z-Bürsten	155
6.3.7	Untersuchungen zur Stromverdrängung	158
6.3.8	Versatz des Bürstenkreuzes aus der Neutralen Zone	162
6.3.9	Versatz eines einzelnen Bürstenhalters	165
6.4	Weitere Ergebnisse der Berechnung	167
6.4.1	Getreppte Wicklung	168
6.4.2	Gespaltene Wicklung	169
6.4.3	Auswirkungen der Kommutierungsmodellerweiterung	170
6.4.4	Einfluß der Luftspaltfeldberechnung auf die Simulation der Kommutierung ..	171
7.	Zusammenfassung	173
Anhang	175
A	Hilfsfunktionen zur Berechnung der Stirninduktivität	175
B	Zu den möglichen Nutzahl-Polpaarzahl-Kombinationen der eingängigen Wellen- wicklung	176
C	Daten der Versuchsmaschine	178
Literaturverzeichnis	180