

Abbildungsverzeichnis/List of Figures/图清单	xxi
Tabellenverzeichnis/List of Tables/表清单	xxv
1 Einleitung/Introduction/引言	1
2 Feldorientierte Regelung/Field-oriented Control/磁场定向控制	9
3 Kaskadenregelung mit PI-Regler/Cascade Control with PI-controllers/ 基于 PI 控制器的串级控制	17
3.1 Stromregelung/Current control/电流控制	21
3.2 Drehzahlregelung/Speed control/转速控制	23
3.3 Flussregelung/Flux control/磁通控制	23
3.4 Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	23
4 Prädiktive Regelungen/Predictive Control/预测控制	25
4.1 Einteilung nach Funktionsprinzip/Classification based on the operational principle/基于工作原理分类	31
4.2 Einteilung nach Prädiktionshorizont und Steuerungsprinzip/Classification according to prediction horizon and control principle/ 基于预测步长和控制原理分类	45
5 Modellbasierte Prädiktivregelung/Model Predictive Control/模型预测控制	49
5.1 Funktionsprinzip/Functional principle/工作原理	51
5.2 Modelle/Models/模型	59
5.2.1 Zustandsraummodell/State space model/状态空间模型	61
5.2.2 Übertragungsfunktionsbasierte, lineare Modelle/Linear transfer function- based models/基于传递函数的线性模型	63
5.2.3 Nichtlineare Modelle/Nonlinear models/非线性模型	69
6 Allgemeine Prädiktivregelung/ Generalized Predictive Control/广义预测控制	75
6.1 „Klassisches GPC“/“Classical GPC”/经典广义预测控制	75
6.1.1 Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	75
6.1.2 Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	93

6.2	GPC mit Filter/GPC with filter/带滤波器的 GPC	93
6.2.1	Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	99
6.2.2	Simulationen/Simulations/仿真	109
6.3	Kaskadenregelung mit GPC-Reglern/Cascade control with GPC controllers/ 基于 GPC 控制器的串级控制	113
6.3.1	Stromregelung/Current control/电流控制	115
6.3.2	Drehzahlregelung/Speed control/转速控制	117
6.3.3	Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	119
6.3.4	Rechenzeiten/Computation times/计算时间	133
7	Zeitdiskretes Maschinenmodell für Stromregelung/Time-discrete Machine Model for Current Control/用于电流控制的时间离散电机模型	137
7.1	Herleitung/Derivation/推导	137
7.1.1	MATLAB	141
7.1.2	Differenzenquotient/Difference quotient/微商	141
7.1.3	Laplace-Transformation/Laplace transformation/拉普拉斯变换	143
7.1.4	Potenzreihe/Power series/幂级数	147
7.2	Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	151
7.3	Modifiziertes Maschinenmodell für GPC/Modified machine model for GPC/ 用于 GPC 的修正电机模型	157
8	Multivariable GPC-Regelung/Control/多变量广义预测控制	165
8.1	„Klassisches“ MIMO-GPC/“Classical” MIMO-GPC/经典 MIMO-GPC	165
8.1.1	Bestimmung der Übertragungsfunktion/Determination of the transfer function/传递函数的确定	165
8.1.2	Berechnung der Systemmatrizen/Calculation of the system matrices/系统矩阵的计算	169
8.1.3	Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	171
8.1.4	Berücksichtigung des Regelhorizonts/Consideration of the control horizon/考虑控制步长后的简化	185
8.2	Störgrößenbehandlung mit GPC/Consideration of disturbance inputs with GPC/广义预测控制的扰动变量处理	187
8.2.1	Bestimmung der Übertragungsfunktion/Determination of the transfer function/传递函数的确定	189
8.2.2	Berechnung der Systemmatrizen/Calculation of the system matrices/系统矩阵的计算	189
8.2.3	Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	191
8.2.4	Berücksichtigung des Regelhorizonts/Consideration of the control horizon/考虑控制步长后的简化	203
8.3	MIMO-GPC mit Filter/MIMO-GPC with filter/带滤波器的 MIMO-GPC	205

8.3.1	Bestimmung der Übertragungsfunktion/Determination of the transfer function/传递函数的确定	207
8.3.2	Berechnung der Systemmatrizen/Calculation of the system matrices/系统矩阵的计算	207
8.3.3	Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	207
8.3.4	Berücksichtigung des Regelhorizonts/Consideration of the control horizon/考虑控制步长后的简化	223
8.4	Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	225
8.4.1	Stromregelung/Current control/电流控制	225
8.4.2	Rechenzeiten/Computation times/计算时间	227
8.5	Vergleichende Zusammenfassung/Comparative summary/对比性总结	231

9 Direkte Modellbasierte Prädiktivregelung /Direct Model-based Predictive Control /直接模型预测控制 233

9.1	Publizierte Verfahren/Published techniques/已发表的方法	237
9.2	Umrichterbetrieb mit DMPC/Inverter operation with DMPC/基于 DMPC 的逆变器运行	239
9.2.1	Berücksichtigung der Bootstrap-Schaltung/Consideration of the Bootstrap circuit/考虑自举电路	243
9.3	Modellbildung/Model formulation/模型建立	245
9.3.1	Einfaches Maschinenmodell/Simple machine model/简化电机模型	251
9.4	Implizite Lösung/Implicit solution/隐式求解	253
9.4.1	Lösungsverfahren/Solving algorithms/求解方法	257
9.4.2	Mathematische Herleitung/Mathematical derivation/数学推导	269
9.4.3	Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	269
9.4.4	Rechenzeiten/Computation times/计算时间	277
9.5	Explizite Lösung/Explicit solution/显式求解	281
9.5.1	Standard-Algorithmus/Standard algorithm/标准算法	299
9.5.2	Minimum-Time-Controller/Minimum Time Controller/最小时间控制器	299
9.5.3	Binärer Suchbaum/Binary search tree/二叉搜索树	305
9.5.4	Optimale Komplexitäts-Reduzierung/Optimal complexity reduction/最优的复杂度降低	315
9.5.5	Experimentelle Ergebnisse/Experimental results/实验结果	327

10 Verwandte Regelstrukturen/Related Control Structures/相关的控制结构 343

10.1	Internal Model Control/Internal Model Control/内部模型控制	343
10.2	Lineare Quadratische Regelung/ Linear Quadratic Control/线性二次控制	349
10.2.1	Funktionsweise von LQR/Functional principle of LQR/ LQR 工作原理	349
10.2.2	GPC und LQR/GPC and LQR/GPC 和 LQR	353

11 Zusammenfassung und Ausblick/ Summary and Outlook/总结和展望	359
Literaturverzeichnis/Bibliography/参考文献	371
A Glossar Polynommatrizen/Glossary Polynomial Matrices/词汇表 多项式矩阵	383
B Nomenklatur/Nomenclature/术语表	397
C Normierungsgrößen/Normalization Values/标么量	431
D Physikalische Maschinengrößen/Physical Machine Constants/电机参数	433
E Polynome und Matrizen bei GPC/ Polynomials and Matrices for GPC/ 用于 GPC 的多项式和矩阵	435
E.1 SISO-System/SISO-System/单输入单输出系统	435
E.2 MIMO-System/MIMO-System/多输入多输出系统	437
E.2.1 Definitionen/Definitions/定义	437
E.2.2 Dimensionen/Dimensions/维度	445
F Verfahren zur Matrixinversion/Methods for Matrix Inversion/矩阵求逆方法	447
F.1 Gauß-Verfahren/Gauss algorithm/高斯法	447
F.2 Gauß-Jordan-Verfahren/Gauss Jordan algorithm/高斯-若尔当法	449
F.3 Austauschverfahren/Exchange algorithm/互换法	449
F.4 LR-Zerlegung/LR decomposition/LR 分解	449
F.5 Verfahren von Cholesky/Algorithm of Cholesky/科列斯基法	449
F.6 Rechenzeitaufwand/Computation times/计算时间	451
G Alternativverfahren Matrizenzerlegung/ Alternative Method for Matrix De- composition/矩阵分解的替代性方法	453