

Dipl.-Ing. Jörg Janning, Berlin

**Regelung eines statischen
Netzkupplungs-Umrichters
zur Speisung des
16 $\frac{2}{3}$ -Hz-Bahnstromnetzes
aus dem 50-Hz-Landesnetz**

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **235**

Inhalt

1 Statische Netzkupplungs-Umrichter in der Bahnstromversorgung	1
1.1 Entwicklung der statischen Netzkupplungs-Umrichter	1
1.2 Inhalt dieser Arbeit	4
2 Umrichter-Konzeption	8
2.1 Anforderungen an den Netzkupplungs-Umrichter	8
2.2 Aufbau des Leistungsteils	11
3 Systembeschreibung	14
3.1 Drehstrom-Transformator	14
3.2 Bahnnetz-Transformator	16
3.3 Vierquadrantensteller-Modul in 3-Level-Technik	18
3.4 Drehstromseitiger Teilumrichter	20
3.5 Bahnnetzseitiger Teilumrichter	24
3.6 Zwischen- und Saugkreise	24
3.7 Konfiguration des Bahnnetzes am Anschlußort Jübek	28
4 Entwicklungs-Strategie	30
5 Besonderheiten digitaler Umrichter-Regelungen	33
5.1 Abtaststrategie und Zustandsraum-Mittelung	33
5.2 Zeitdiskrete Regelungen mit variabler Abtastzeit	35
5.2.1 Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit	36
5.2.2 Entwurf eines Zustandsreglers	40
5.2.3 Modifizierter quasi-kontinuierlicher Entwurf	47
5.2.4 Stabilität im Sinne von Ljapunov	50

6	Steuerung und Regelung des Umrichters	54
6.1	Grundkonzeption und Zuordnung der Regelungsaufgaben	54
6.2	Regelung des drehstromseitigen Teilumrichters	58
6.2.1	Analogien zur Regelung eines Asynchronmotors und Stromregelung	62
6.2.2	Optimierung des Pulsmusters nach den Netzanforderungen	73
6.2.2.1	Ansatz des optimierten Pulsmusters	73
6.2.2.2	Optimierungsziele	76
6.2.2.3	Optimierung des Pulsmusters für den Anschlußort Jübek	79
6.2.3	Raumzeigermodulationsverfahren für frei optimierbare Pulsmuster	84
6.2.3.1	Abtastung und Korrektur der Ströme	90
6.2.3.2	Synchronisations-Regler	91
6.2.4	Nullsystemstrom-Regler	94
6.2.5	Zwischenkreisspannungs-Regler	95
6.3	Regelung des bahnnetzseitigen Teilumrichters	99
6.3.1	Pulsmustergenerator	102
6.3.1.1	Pulsmustergenerator für einen Vierquadrantensteller	103
6.3.1.2	Pulsmustergenerator für zwei Vierquadrantensteller	111
6.3.1.3	Pulsmustergenerator für vier Vierquadrantensteller	116
6.3.2	Stromgleichanteil-Regler	121
6.4	Überlagerte Spannungsregelung	128
6.4.1	Verbundbetrieb mit Spannungsregelung	132
6.4.2	Phasenschieberbetrieb	137
7	Schlußbetrachtung	139
8	Zusammenfassung	141
9	Anhang	144
10	Literatur	162