

· Dipl.-Ing. Ludger Werth, Darmstadt

**Betriebsverhalten  
und Wirkungsgrad  
von umrichtergespeisten  
Käfigläufermotoren  
für hohe Drehzahlen**

Reihe **21**: Elektrotechnik

Nr. **57**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	1
<b>2. Asynchronmaschine am Transistor–Pulswechselrichter</b>	2
2.1 Ansteuerverfahren	3
2.2 Verriegelungszeit	8
<b>3. Nachbildung des Antriebssystems auf dem Digitalrechner</b>	12
3.1 Modellbildung	12
3.2 Kopplung der Teilmodelle	16
3.3 Vergleich zwischen Messung und Simulation	19
<b>4. Maschinenverluste bei sinusförmiger Speisung</b>	26
4.1 Verlustanteile bei sinusförmiger Speisung	26
4.2 Berechnungsgang	31
4.3 Abhängigkeit der Maschinenverluste von der Luftspaltweite	33
4.4 Abhängigkeit der Verluste von der Läuferkonstruktion	38
<b>5. Berechnung der umrichterbedingten Zusatzverluste in der Maschine</b>	41
5.1 Berücksichtigung der Stromverdrängung	41
5.2 Zusätzliche Stromwärmeverluste	45
5.3 Zusätzliche Ummagnetisierungsverluste	49
5.3.1 Modelle zur Berechnung der Verlustkomponenten	49
5.3.2 Vereinfachtes Modell zur Berücksichtigung der PWM–Ansteuerung	56
5.4 Einfluß der Taktzahl und des Ansteuerverfahrens	59
5.5 Einfluß der Taktfrequenz	62
5.6 Gegenüberstellung Grundfrequenztaktung – Pulsweitenmodulation	64
<b>6. Berechnung der Verluste im Umrichter</b>	68
6.1 Schaltverhalten von Transistoren mit schneller Inversdiode	68
6.2 Berechnung der Durchlaß– und Schaltverluste des Umrichters	70
6.3 Aufteilung des Maschinenstromes auf Transistor und Diode	72
6.4 Grenzen der Umrichterauslegung aufgrund der Umrichterverluste	73

---

<b>7. Experimentelle Untersuchungen</b>	75
7.1 Versuchsstand	75
7.2 Meßtechnische Verfahren zur Bestimmung der Verluste	79
7.2.1 Bestimmung der mechanischen Leistung	79
7.2.2 Bestimmung der elektrischen Leistung	81
7.2.3 Auswertung der Erwärmungsläufe	82
7.3 Messungen	84
7.3.1 Lastmessungen bei Nennfluß	84
7.3.2 Lastmessungen bei erhöhtem Fluß	90
7.3.3 Erwärmungsläufe	91
7.3.4 Stillstandsmessungen	93
7.4 Wirkungsgrad des Antriebs	95
<b>8. Einfluß der Maschinen- und Umrichterauslegung</b>	97
8.1 Aufteilung in Umrichter- und Maschinenverluste	97
8.2 Feldschwächung	100
8.3 Läuferauslegung für Antriebe mit hohen Drehzahlen	102
8.4 Prinzip zur Vermeidung von Störeinflüssen durch Verriegelungszeiten	103
<b>9. Schlußbetrachtung</b>	106
<b>Formelzeichen</b>	107
<b>Literaturverzeichnis</b>	111
<b>Anhang</b>	116