

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kenngrößen des Systems	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Erläuterungen zum System	9
4.3 Drehmoment-Drehzahl-Betrachtungen	9
4.4 Arten von Umrichter-Steuerverfahren	12
4.5 Erzeugung der Umrichter-Ausgangsspannung	14
4.6 Anforderungen an die Motoren.....	16
5 Verluste und ihre Auswirkungen.....	18
5.1 Allgemeines	18
5.2 Motorverluste bei Speisung aus Umrichtern mit eingepprägter Spannung.....	19
5.3 Entstehungsort der Zusatzverluste und Möglichkeiten ihrer Reduzierung.....	20
5.4 Umrichtermerkmale zur Verkleinerung der Motorverluste.....	20
5.5 Temperatur und Lebenserwartung	20
5.6 Bestimmung des Motorwirkungsgrades	21
6 Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente	21
6.1 Geräusche und Schwingungen in einem umrichtergespeisten Induktionsmotor	21
6.2 Bestimmung des Schalleistungspegels und Grenzwerte	23
6.3 Bestimmung und Grenzwerte der Schwingstärke	24
7 Elektrische Beanspruchung der Motorisolierung.....	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Gründe.....	25
7.3 Dielektrische Wicklungsbeanspruchung.....	27
7.4 Begrenzung der Isolierungsbeanspruchung.....	28
7.5 Verantwortlichkeiten	28
7.6 Umrichter-Eigenschaften	29
7.7 Möglichkeiten zur Verkleinerung der Spannungsbeanspruchung.....	29
7.8 Auswahl des Motors	30
8 Lagerströme.....	30
8.1 Ursachen von Lagerströmen in umrichtergespeisten Motoren	30
8.2 Erzeugung von hochfrequenten Lagerströmen.....	31
8.3 Common mode Kreis.....	33
8.4 Streufeld-Kapazitäten	33
8.5 Auswirkungen von großen Lagerströmen	35

	Seite
8.6 Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch hochfrequenten Lagerstrom.....	35
9 Installation.....	37
9.1 Erdung, Potentialausgleich und Kabelführung	37
9.2 Drosseln und Filter.....	43
Anhang A (informativ) Frequenzspektra der Umrichter-Ausgangsspannung.....	45
Literaturhinweise	47
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	48
Bild 1 – Komponenten eines PDS.....	6
Bild 2 – Drehmoment-Drehzahl-Verhalten	10
Bild 3 – Umrichter-Ausgangsstrom	10
Bild 4 – Umrichterausgangsspannung	11
Bild 5 – Auswirkungen der Schaltfrequenz auf die Motor- und die Umrichterverluste.....	15
Bild 6 – Auswirkung der Schaltfrequenz auf das Geräusch.....	15
Bild 7 – Auswirkungen der Schaltfrequenz auf Drehzahlschwankungen	16
Bild 8 – Beispiel der gemessenen Verluste W als Funktion der Frequenz f und der Versorgungsart	19
Bild 9 – Zusätzliche Verluste ΔW eines Motors (gleicher Motor wie in Bild 8) aufgrund des Umrichterbetriebs als Funktion der Pulsfrequenz f_p bei 50 Hz Drehfrequenz.....	19
Bild 10 – Lüftergeräusch in Abhängigkeit von der Lüfterdrehzahl	22
Bild 11 – Typische Spannungstöße an den Klemmen eines aus einem PWM-Umrichter gespeisten Motors	25
Bild 12 – Typische Spannungstöße in einer Phase an den Umrichter- und an den Motor-Klemmen (2 ms/Einheit).....	26
Bild 13 – Einzelner Stoß aus Bild 12 mit kurzer Anstiegszeit (1 μ s/Einheit).....	26
Bild 14 – Definition der Anstiegszeit t_r der Spannung an den Motorklemmen.....	27
Bild 15 – Spannung an der ersten Windung in Abhängigkeit von der Anstiegszeit der Stoßspannung	27
Bild 16 – Teilentladungsimpuls als Folge eines durch den Umrichter verursachten Spannungsstoßes an den Motorklemmen (100 ns/Einheit).....	28
Bild 17 – Grenzkurven der Impulsspannung U_{pk} , gemessen zwischen den Motorklemmen von zwei Strängen, in Abhängigkeit der Anstiegszeit.....	29
Bild 18 – Mögliche Lagerströme.....	32
Bild 19 – Motor-Kapazitäten.....	34
Bild 20 – Kraterbildung durch EDM-Durchschläge (Kraterdurchmesser 30 μ m bis 50 μ m)	35
Bild 21 – Querrillen durch hohen Lagerstrom	35
Bild 22 – Potentialausgleichslitze zwischen Klemmenkasten und Gehäuse eines Motors	38
Bild 23 – Beispiele für geschirmte Motorkabel und Verbindungen	40
Bild 24 – Parallele symmetrische Verkabelung von Umrichter und Motor hoher Leistung.....	41
Bild 25 – Umrichter-Verbindungen mit 360° HF Kabelstutzen, Demonstration des „Faraday-Käfigs“	41
Bild 26 – Motor-Endverschluss mit 360°-Verbindung	42
Bild 27 – Verbindung des Kabelschirms	42

	Seite
Bild 28 – Eigenschaften von Schutzmaßnahmen	44
Bild A.1 – Typische Frequenzspektra der Umrichter-Ausgangsspannung a) bei PWM-Regelung mit konstanter Schaltfrequenz und b) bei Hysterese-Regelung.....	45
Bild A.2 – Typische Frequenzspektra der Umrichter-Ausgangsspannung a) bei „random“ PWM-Regelung und b) bei Hysterese-Regelung	45
Bild A.3 – Typische Zeitverläufe des Motorstroms a) bei PWM-Regelung mit konstanter Schaltfrequenz und b) bei Hysterese-Regelung.....	46
Tabelle 1 – Maßgebliche Einflussfaktoren auf das Drehmoment-Drehzahl-Verhalten	11
Tabelle 2 – Betrachtungen zum Motorentwurf.....	16
Tabelle 3 – Motoreigenschaften	17
Tabelle 4 – Schalleistungspegel in Abhängigkeit der Ausgangsleistung.....	24
Tabelle 5 – Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen gegen Lagerströme	36