

Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieser Norm ist ...

Inhalt

	Seite
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
4 Kenngrößen des Systems	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Erläuterungen zum System	15
4.3 Drehmoment-Drehzahl-Betrachtungen	15
4.4 Anforderungen an die Maschinen	19
5 Verluste und ihre Auswirkungen (bei Induktionsmaschinen mit Speisung durch <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i>)	21
5.1 Allgemeines	21
5.2 Entstehungsort der zusätzlichen aufgrund von <i>Umrichterspeisung</i> entstandenen Verluste und Möglichkeiten ihrer Reduzierung	23
5.3 <i>Umrichtermerkmale</i> zur Verkleinerung der Maschinenverluste	23
5.4 Einsatz von Filtern zur Reduzierung zusätzlicher aufgrund von <i>Umrichterspeisung</i> entstandener Maschinenverluste	24
5.5 Temperatur und Lebenserwartung	25
5.6 Bestimmung des Maschinenwirkungsgrades	25
6 Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente	25
6.1 Geräusche	25
6.2 Schwingungen (außer Drehschwingungen)	28
6.3 Drehschwingungen	29
7 Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung	30
7.1 Allgemeines	30
7.2 Gründe	30
7.3 Dielektrische Wicklungsbeanspruchung	32
7.4 Begrenzungen und Verantwortlichkeiten	33
7.5 Möglichkeiten zur Verkleinerung der Spannungsbeanspruchung	34
7.6 Begrenzung der Isolierungsbeanspruchung	34
8 Lagerströme	35
8.1 Ursachen von Lagerströmen in <i>umrichtergespeisten Maschinen</i>	35
8.2 Erzeugung von hochfrequenten Lagerströmen	36
8.3 Common-Mode-Kreis	37
8.4 Streufeld-Kapazitäten	38
8.5 Auswirkungen von großen Lagerströmen	39

	Seite
8.6	Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch hochfrequenten Lagerstrom 40
8.7	Zusätzliche Betrachtungen zu Lagerströmen bei <i>umrichter</i> gespeisten Hochspannungs- Maschinen 43
8.8	Schutzmaßnahmen bei Lagern in Hochspannungsmaschinen mit Speisung aus <i>Stromzwischenkreis-Umrichtern</i> 43
9	Installation 44
9.1	Erdung, <i>Potentialausgleich</i> und Kabelführung 44
9.2	Drosseln und Filter 49
9.3	Anpassung des Leistungsfaktors 50
9.4	Kompaktmaschinen (elektrische Maschine und Antriebsmodule integriert) 51
10	Zusätzliche Betrachtungen zu permanentmagneterregten Synchronmaschinen mit Speisung aus <i>Spannungszwischenkreis-Umrichtern</i> 51
10.1	Kenngößen des Systems 51
10.2	Verluste und ihre Auswirkungen 51
10.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 52
10.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 52
10.5	Lagerströme 52
10.6	Besondere Aspekte bei Permanentmagneten 52
11	Zusätzliche Betrachtungen zu Hochspannungs-Käfigläufermaschinen mit Speisung aus <i>Spannungszwischenkreis-Umrichtern</i> 52
11.1	Allgemeines 52
11.2	Kenngößen des Systems 53
11.3	Verluste und ihre Auswirkungen 54
11.4	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 54
11.5	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 55
11.6	Lagerströme 57
12	Zusätzliche Betrachtungen zu Synchronmaschinen mit Speisung durch <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i> 57
12.1	Kenngößen des Systems 57
12.2	Verluste und ihre Auswirkungen 57
12.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 57
12.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 57
12.5	Lagerströme 57
13	Zusätzliche Betrachtungen zu Käfigläufermaschinen mit Speisung aus Block- <i>Stromzwischenkreis-Umrichtern</i> 58
13.1	Kenngößen des Systems 58
13.2	Verluste und ihre Auswirkungen 59
13.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 61
13.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 61
13.5	Lagerströme 61
13.6	Zusätzliche Betrachtungen für 6-strängige Käfigläufermaschinen 62

	Seite
14	Zusätzliche Betrachtungen für Synchronmaschinen mit LCI-Versorgung 62
14.1	Kenngößen des Systems 62
14.2	Verluste und ihre Auswirkungen..... 63
14.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 63
14.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 63
14.5	Lagerströme 63
15	Zusätzliche Betrachtungen zu Induktionsmaschinen mit Versorgung durch <i>Stromzwischenkreis-Umrichter</i> mit <i>Pulsbreitenmodulation (PWM CSI)</i> 64
15.1	Kenngößen des Systems 64
15.2.	Verluste und ihre Auswirkungen..... 65
15.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 65
15.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 65
15.5	Lagerströme 65
16	Induktionsmaschinen mit Schleifringläufer mit Versorgung durch <i>Spannungszwischenkreis-</i> <i>Umrichter</i> im Läuferkreis 65
16.1	Kenngößen des Systems 65
16.2	Verluste und ihre Auswirkungen..... 65
16.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 66
16.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 66
16.5	Lagerströme..... 66
17	Weitere Maschinen-/Umrichter-Systeme..... 66
17.1	Antriebe mit Versorgung aus <i>Direktumrichtern</i> 66
17.2	Induktionsmaschinen mit Schleifringläufer mit Versorgung durch <i>Stromzwischenkreis-</i> <i>Umrichter</i> im Läuferkreis 67
18	Zusätzliche Betrachtungen zu für eine Drehzahl bemessene Induktionsmaschinen im Rahmen von IEC 60034-12 mit Versorgung durch <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i> 68
18.1	Drehmomentabschläge bei <i>Umrichterbetrieb</i> 68
18.2	Verluste und ihre Auswirkungen..... 70
18.3	Geräusche, Schwingungen und Pendelmomente 70
18.4	Elektrische Beanspruchung der Maschinenisolierung 70
18.5	Lagerströme 71
18.6	Höchste sichere Betriebsdrehzahl..... 72
Anhang A (normativ)	<i>Umrichter</i> -Kenngößen 73
A.1	Arten von <i>Umrichter</i> -Steuerverfahren 73
A.2	Erzeugung der <i>Umrichter</i> -Ausgangsspannung (für <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i>)..... 75
Anhang B (informativ)	Frequenzspektra der Ausgangsspannung von Zwei-Ebenen- <i>Spannungszwischenkreis-Umrichtern</i> 78
Anhang C (informativ)	Spannungen an der Stromversorgungsschnittstelle zwischen <i>Umrichter</i> und Maschine 82
Literaturhinweise 86

	Seite
Bild 1 – Drehmoment-Drehzahl-Verhalten	16
Bild 2 – <i>Umrichter</i> -Ausgangsstrom.....	17
Bild 3 – Kennlinien der <i>Umrichter</i> -Ausgangsspannung/Frequenz	18
Bild 4 – Beispiel für die Abhängigkeit der durch Oberschwingungen P_h hervorgerufenen Maschinenverluste, bezogen auf die Verluste P_{f1} bei Betriebsfrequenz f_1 , von der Schaltfrequenz f_s bei Versorgung aus einem <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i>	22
Bild 5 – Beispiel der gemessenen Verluste P_L als Funktion der Frequenz f und der Versorgungsart.....	23
Bild 6 – Zusätzliche Verluste ΔP_L einer Maschine (gleiche Maschine wie in Bild 5) aufgrund des <i>Umrichterbetriebs</i> als Funktion der Schaltfrequenz f_p bei 50 Hz Drehfrequenz	24
Bild 7 – Lüftergeräusch in Abhängigkeit von der Lüfterdrehzahl.....	26
Bild 8 – Schwingungsformen	27
Bild 9 – Typische Spannungsstöße an den Klemmen einer aus einem PWM- <i>Umrichter</i> gespeisten Maschine	30
Bild 10 – Typische Spannungsstöße in einer Phase an den <i>Umrichter</i> - und an den Maschinenklemmen (2 ms/Einheit).....	31
Bild 11 – Einzelner Stoß aus Bild 10 mit kurzer <i>Anstiegszeit</i> (1 μ s/Einheit)	31
Bild 12 – Definition der <i>Anstiegszeit</i> t_r der Spannung an den Maschinenklemmen.....	32
Bild 13 – Spannung zwischen den Windungen in Abhängigkeit von der <i>Anstiegszeit</i>	33
Bild 14 – Teilentladungsimpuls als Folge eines durch den <i>Umrichter</i> verursachten Spannungsstoßes an den Maschinenklemmen (100 ns/Einheit).....	35
Bild 15 – Mögliche Lagerströme	36
Bild 16 – Maschinen-Kapazitäten	39
Bild 17 – Kraterbildung durch EDM-Durchschläge (Kraterdurchmesser 30 μ m bis 50 μ m).....	40
Bild 18 – Querrillen durch hohen Lagerstrom.....	40
Bild 19 – <i>Potentialausgleichslitze</i> zwischen Klemmenkasten und Gehäuse einer Maschine.....	45
Bild 20 – Beispiele für geschirmte Maschinenkabel und Verbindungen	46
Bild 21 – Parallele symmetrische Verkabelung von <i>Umrichter</i> und Maschine hoher Leistung.....	47
Bild 22 – <i>Umrichter</i> -Verbindungen mit 360° HF Kabelstutzen, Demonstration des „Faraday-Käfigs“	47
Bild 23 – Maschinen-Endverschluss mit 360°-Verbindung	48
Bild 24 – Verbindung des Kabelschirms.....	48
Bild 25 – Eigenschaften von Schutzmaßnahmen	50
Bild 26 – Schema eines typischen Drei-Ebenen- <i>Umrichters</i>	53
Bild 27 – Ausgangsspannung und -strom eines typischen Drei-Ebenen- <i>Umrichters</i>	53
Bild 28 – Typische Spannung an der ersten Windung ΔU (in Prozent der Leiter-Erde-Spannung) als Funktion von du/dt	55
Bild 29 – Materialien zur Isolierung von Mittelspannungs- und Hochspannungs-Formspulen und zum Schutz vor Spannungsbeanspruchungen	56
Bild 30 – Schema eines Block- <i>Stromzwischenkreis-Umrichters</i>	58
Bild 31 – Strom und Spannungskurven von Block- <i>Stromzwischenkreis-Umrichtern</i>	58
Bild 32 – Einfluss der <i>Umrichterspeisung</i> auf die Verluste einer Induktionsmaschine mit Käfigläufer (Baugröße 315 M, Grundausführung N) bei Betrieb mit den Bemessungswerten von	

	Seite
Drehmoment und Drehzahl	60
Bild 33 – Schema und Spannungs- und Stromkurven einer Synchronmaschine mit Versorgung durch einen <i>Stromzwischenkreis-Umrichter</i>	62
Bild 34 – Schema eines <i>gepulsten Stromzwischenkreis-Umrichters</i>	64
Bild 35 – Spannungen und Ströme von <i>gepulsten Stromzwischenkreis-Umrichtern</i>	64
Bild 36 – Schema eines <i>Direktumrichters</i>	66
Bild 37 – Kurvenformen von Spannung und Strom eines <i>Direktumrichters</i>	67
Bild 38 – Grundschiwingungsspannung U_1 in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz f_1	69
Bild 39 – Abschlagfaktor für das Drehmoment einer Induktionsmaschine mit Käfigläufer in Grundausführung N, IC 0141 (Eigenkühlung) in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz f_1 (Beispiel).....	70
Bild 40 – Grenzkennlinie der zulässigen Impulsspannung \hat{U}_{LL} (Spitzenwert der Leiterspannung unter Berücksichtigung von Reflexion und Dämpfung) an den Maschinenklemmen in Abhängigkeit von der <i>Anstiegszeit</i> t_r	71
Bild A.1 – Auswirkungen der Schaltfrequenz auf die Maschinen- und die <i>Umrichterverluste</i>	76
Bild A.2 – Auswirkung der Schaltfrequenz auf das Geräusch	76
Bild A.3 – Auswirkungen der Schaltfrequenz auf Drehmomentschwankungen	76
Bild B.1 – Kurvenform der Leiterspannung u_{LL} bei Betrieb am <i>Spannungszwischenkreis-Umrichter</i> mit der Schaltfrequenz $f_s = 30 f_1$ (Beispiel).....	78
Bild B.2 – Typische Frequenzspektra der <i>Umrichter-Ausgangsspannung</i>	79
Bild B.3 – Typische Frequenzspektra der <i>Umrichter-Ausgangsspannung</i>	79
Bild B.4 – Typische Spektra der <i>Umrichter-Ausgangsspannung</i>	80
Bild B.5 – Typische Zeitverläufe des Maschinenstroms	80
Bild B.6 – Typische Zeitverläufe des Maschinenstroms	81
Bild C.1 – Beispiel für typische Spannungskurven und –parameter eines <i>Zwei-Ebenen-Umrichters</i> in Abhängigkeit von der Zeit an den Maschinenklemmen (Leiter-Leiter-Spannung; entnommen aus IEC 61800-8)	82
Tabelle 1 – Maßgebliche Einflussfaktoren auf das Drehmoment-Drehzahl-Verhalten	17
Tabelle 2 – Betrachtungen zum Maschinenentwurf	20
Tabelle 3 – Maschineneigenschaften	20
Tabelle 5 – Höchste zulässige Betriebsspannung an den Maschinenklemmen in Einheiten von U_N	34
Tabelle 4 – Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen gegen Lagerströme	41