

	DIN EN 61800-9-2 (VDE 0160-109-2)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
ICS 29.160.30 Ersatz für DIN EN 50598-2 (VDE 0160-202):2015-05 Siehe Anwendungsbeginn Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 9-2: Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen – Indikatoren für die Energieeffizienz von Antriebssystemen und Motorstartern (IEC 61800-9-2:2017); Deutsche Fassung EN 61800-9-2:2017 Adjustable speed electrical power drive systems – Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters (IEC 61800-9-2:2017); German version EN 61800-9-2:2017 Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 9-2: Ecoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteurs (IEC 61800-9-2:2017); Version allemande EN 61800-9-2:2017 Gesamtumfang 114 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-04-07 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-01-01.

Für **DIN EN 50598-2 (VDE 0160-202):2015-05** besteht eine Übergangsfrist bis 2020-04-07.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61800-9-2 (VDE 0160-109-2):2015-09.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 226 „Ausrüstung von Starkstromgeräten und -anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22G „Adjustable speed electric drive systems incorporating semiconductor power converters“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 50598-2 (VDE 0160-202):2015-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Aufbau der Norm wurde überwiegend beibehalten, jedoch technisch und editoriell weitestgehend überarbeitet und ergänzt bzw. aktualisiert.
- b) Alle Formulierungen hinsichtlich der normativen Bezüge wurden angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 50598-2 (VDE 0160-202): 2015-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60034 (alle Teile)	IEC 60034 (alle Teile)	DIN EN 60034 (alle Teile)	VDE 0530 (alle Teile)
EN 60034-1	IEC 60034-1	DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1)	VDE 0530-1
EN 60034-2-1:2014	IEC 60034-2-1:2014	DIN EN 60034-2-1 (VDE 0530-2-1):2015-02	VDE 0530-2-1
–	IEC/TS 60034-2-3	–	–
CLC/TS 60034-25	IEC/TS 60034-25	DIN VDE 0530-25 (VDE 0530-25)	VDE 0530-25
EN 60034-30-1	IEC 60034-30-1	DIN EN 60034-30-1 (VDE 0530-30-1)	VDE 0530-30-1
–	IEC/TS 60034-30-2	–	–
CLC/TS 60034-31	IEC/TS 60034-31	DIN CLC/TS 60034-31 (VDE V 0530-31)	VDE V 0530-31
–	IEC 60050-161	a	–
–	IEC 60072-1	–	–
EN 60146-1-1	IEC 60146-1-1	DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11)	VDE 0558-11
EN 60947-4-1	IEC 60947-4-1	DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102)	VDE 0660-102
EN 60947-4-2	IEC 60947-4-2	DIN EN 60947-4-2 (VDE 0660-117)	VDE 0660-117
EN 61000-3-12	IEC 61000-3-12	DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12)	VDE 0838-12
EN 61800-2	IEC 61800-2	DIN EN 61800-2 (VDE 0160-102)	VDE 0160-102
EN 61800-3	IEC 61800-3	DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103)	VDE 0160-103
–	IEC/TS 61800-8	–	–
–	IEC/TS 62578	–	–
EN 61800-5-1	IEC 61800-5-1	DIN EN 61800-5-1 (VDE 0160-105-1)	VDE 0160-105-1)
–	IEC/TS 61800-8	–	–
EN 61800-9 (alle Teile)	IEC 61800-9 (alle Teile)	DIN EN 61800 (VDE 0160-109) (alle Teile)	VDE 0160-109 (alle Teile)
EN 50598-1 ersetzt durch:	IEC 61800-9-1	DIN EN 50598-1 (VDE 0160-201) ersetzt durch:	VDE 0160-201
EN 61800-9-1		DIN EN 61800-9-1 (VDE 0160-109-1)	VDE 0160-109-1
EN 50598-2 ersetzt durch:	IEC 61800-9-2	DIN EN 50598-2 (VDE 0160-202) ersetzt durch:	VDE 0160-202
EN 61800-9-2		DIN EN 61800-9-2 (VDE 0160-109-2)	VDE 0160-109-2

^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: <http://www.dke.de/dke-iev>.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 60034-31 (VDE V 0530-31), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 31: Auswahl von Energiesparmotoren einschließlich Drehzahlstellantrieben – Anwendungsleitfaden*

DIN EN 60034 (alle Teile), *Drehende elektrische Maschinen*

DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60034-1:2010 + Cor.:2010*

DIN EN 60034-2-1 (VDE 0530-2-1):2015-02, *Drehende elektrische Maschinen – Teil 2-1: Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades aus Prüfungen (ausgenommen Maschinen für Schienen- und Straßenfahrzeuge) (IEC 60034-2-1:2014); Deutsche Fassung EN 60034-2-1:2014*

DIN EN 60034-30-1 (VDE 0530-30-1), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 30-1: Wirkungsgrad-Klassifizierung von netzgespeisten Drehstrommotoren (IE-Code)*

DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11), *Halbleiter-Stromrichter – Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter – Teil 1-1: Festlegung der Grundanforderungen*

DIN EN 60947-4-1 (VDE 0660-102), *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 4-1: Schütze und Motorstarter – Elektromechanische Schütze und Motorstarter*

DIN EN 60947-4-2 (VDE 0660-117), *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 4-2: Schütze und Motorstarter – Halbleiter-Motor-Steuergeräte und -Starter für Wechselspannungen*

DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-12: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme, verursacht von Geräten und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom > 16 A und ≤ 75 A je Leiter, die zum Anschluss an öffentliche Niederspannungsnetze vorgesehen sind*

DIN EN 61800-2 (VDE 0160-102), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 2: Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Wechselstrom-Antriebssystemen mit einstellbarer Frequenz*

DIN EN 61800-3 (VDE 0160-103), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 3: EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren*

DIN EN 61800-5-1 (VDE 0160-105-1), *Elektrische Leistungsantriebssysteme mit einstellbarer Drehzahl – Teil 5-1: Anforderungen an die Sicherheit – Elektrische, thermische und energetische Anforderungen*

DIN EN 61800 (VDE 0160-109) (alle Teile), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe*

DIN EN 61800-9-1 (VDE 0160-109-1), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 9-1: Energieeffizienz für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen – Allgemeine Anforderungen für die Erstellung von Normen zur Energieeffizienz von Ausrüstungen mit Elektroantrieb nach dem erweiterten Produktansatz (EPA) und semi-analytischen Modellen (SAM)*

DIN EN 61800-9-2 (VDE 0160-109-2), *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe – Teil 9-2: Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen – Indikatoren für die Energieeffizienz von Antriebssystemen und Motorstartern*

DIN VDE 0530-25 (VDE 0530-25), *Drehende elektrische Maschinen – Teil 25: Leitfaden für den Entwurf und das Betriebsverhalten von Drehstrommotoren, die speziell für Umrichterbetrieb bemessen sind*

**Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe –
Teil 9-2: Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und
deren angetriebene Einrichtungen –
Indikatoren für die Energieeffizienz von Antriebssystemen und Motorstartern
(IEC 61800-9-2:2017)**

Adjustable speed electrical power drive systems –
Part 9-2: Ecodesign for power drive systems,
motor starters, power electronics and their driven
applications –
Energy efficiency indicators for power drive
systems and motor starters
(IEC 61800-9-2:2017)

Entraînements électriques de puissance à vitesse
variable –
Partie 9-2: Ecoconception des entraînements
électriques de puissance, des démarreurs de
moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs
applications entraînées –
Indicateurs d'efficacité énergétique pour les
entraînements électriques de puissance et les
démarreurs de moteurs
(IEC 61800-9-2:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-04-07 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61800-9-2:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 22G/349/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 61800-9-2, erarbeitet vom SC 22G „Adjustable speed electric drive systems incorporating semiconductor power converters“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61800-9-2:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-01-07
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-04-07

Dieses Dokument ersetzt **EN 50598-2:2014**.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativer **Anhang ZZ**, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61800-9-2:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60034	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60034 (Reihe).
IEC/TS 60034-25	ANMERKUNG	Harmonisiert als CLC/TS 60034-25 .
IEC 60034-30	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60034-30 (Reihe).
IEC/TS 60034-31	ANMERKUNG	Harmonisiert als CLC/TS 60034-31 .
IEC 60146-1-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60146-1-1 .
IEC 60947-4-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60947-4-2 .
IEC 61000-3-12	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-3-12 .
IEC 61800-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-2 .
IEC 61800-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-3 .
IEC 61800-5-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-5-1 .
IEC 61800-9	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-9 (Reihe).
IEC 61800-9-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61800-9-1 .

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	2
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe, Symbole und abgekürzte Begriffe	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Symbole und abgekürzte Begriffe	17
4 Referenz-PDS (RPDS), Referenz-CDM (RCDM) und Referenzmotor (RM)	24
4.1 Allgemeines	24
4.2 Referenzarbeitspunkte des RPDS, RCDM, RM und zugehörige Verlustleistungen	25
4.3 Verknüpfung von PDS-Verluste mit der angetriebenen Einrichtung – Arbeitsablauf für das semi-analytische Modell (SAM)	27
4.4 IE-Klassen eines netzgespeisten Motors	29
4.5 IE-Klassen stromrichter gespeister Motoren	29
4.6 IE-Klassen von Frequenzumrichtern (vollständige Antriebsmodule, CDM)	29
4.7 IES-Klassen eines PDS	30
4.8 Folgerichtigkeit der IE- und IES-Klassen	30
4.9 Bestimmung der IES-Klasse eines PDS durch Anwendung von „Referenz-“ und „Prüf-“ Geräten und Leitfaden für die Hersteller	31
5 Mathematisches Modell von CDM, Motor und PDS	32
5.1 Allgemeines	32
5.2 CDM	33
5.2.1 Allgemeines Verfahren und Bestimmung von CDM und Prüflast	33
5.2.2 Verluste des Ausgangswechselrichters	35
5.2.3 Verluste des Eingangsstromrichters	38
5.2.4 Verluste der Eingangsdrossel	39
5.2.5 Verluste des Gleichspannungszwischenkreises	40
5.2.6 Verluste an Stromschienen	40
5.2.7 Verluste in den Baugruppen für Steuerung und im Standby-Betrieb	40
5.2.8 Verlustfaktor der Kühlung	41
5.2.9 Weitere CDM-Verluste	41
5.2.10 CDM-Gesamtverluste	41
5.3 Motorverluste	42
5.3.1 Allgemeines	42
5.3.2 Verlustbestimmung für Drehstrom-Asynchronmotoren, die von einem CDM gespeist werden	43
5.3.3 Daten des Referenzmotors (RM)	43
5.4 Referenz-PDS (RPDS)	44
5.4.1 Verluste des Referenz-PDS	44

5.4.2	PDS-Verluste bei unterschiedlichen Schaltfrequenzen.....	45
5.5	PDS-Verluste bei Rückspeisebetrieb	46
5.6	Verlustleistungen von Motorstartern.....	47
6	Grenzwerte für IE- und IES-Klassen	47
6.1	Allgemeines	47
6.2	CDM.....	47
6.3	Motor.....	49
6.4	PDS	50
7	Verlustbestimmung.....	51
7.1	Allgemeines	51
7.2	Typprüfung von CDM für die IE-Klassifizierung	52
7.3	Typprüfung von PDS für die IES-Klassifikation	53
7.4	Verfahren zur Bestimmung der CDM- und PDS-Verluste unter Teillastbedingungen	53
7.5	Verlustberechnung für das CDM	54
7.6	Verlustleistungsberechnung für das PDS.....	54
7.7	Eingang/Ausgang-Messverfahren	54
7.7.1	Eingang/Ausgang-Messung der CDM-Verluste	54
7.7.2	Eingang/Ausgang-Messung von PDS-Verlusten	55
7.7.3	Anforderungen an das Verfahren der Eingang/Ausgang-Messung	55
7.8	Kalorimetrische Messung der CDM-Verluste	58
7.9	Prüfbedingungen für die Prüfung von CDM	59
7.10	Prüfbedingungen für die Prüfung von PDS	60
7.11	Flussdiagramm für Prüfverfahren.....	60
8	Anforderungen an die Dokumentation für den Anwender	63
8.1	Allgemeines	63
8.2	Angaben für die Auswahl.....	64
8.3	Angaben für die Bestimmung der Energieeffizienzklassen.....	64
8.4	Angaben für die Bestimmung von zusätzlichen Energieverlusten und Teillastbedingungen.....	64
8.4.1	Allgemeines	64
8.4.2	Verluste unter Teillastbedingungen.....	64
8.4.3	Verluste von Hilfseinrichtungen und Optionen	65
8.4.4	Verluste im Standby-Betrieb.....	65
8.4.5	Verluste im Rückspeisebetrieb.....	65
Anhang A (normativ)	Verluste von RCDM, RM und RPDS	66
A.1	Tabellen der relativen Verluste.....	66
Anhang B (informativ)	Beschreibung der Elemente eines erweiterten Produktes mit PDS hinsichtlich ihres Einflusses auf die Verluste.....	70
B.1	Allgemeines	70
B.2	Verluste in der Netzverkabelung und dem Einspeisungsabschnitt	70

B.3	EingangsfILTER.....	71
B.3.1	Filter gegen hochfrequente elektromagnetische Störungen (HF-EMI-Filter).....	71
B.3.2	Niederfrequenz-Netzüberschwingungsfilter	72
B.4	Eingangsstromrichter	72
B.4.1	Allgemeines.....	72
B.4.2	Diodengleichrichter	73
B.4.3	Stromrichter mit netzseitig aktiv gesteuertem Eingang.....	73
B.4.4	Leistungsfaktor des Eingangsstromrichters.....	75
B.5	Gleichspannungszwischenkreis.....	76
B.6	Ausgangswechselrichter	77
B.7	AusgangsfILTER und Motorkabel.....	78
B.7.1	Allgemeines.....	78
B.7.2	Sinusfilter.....	79
B.7.3	dV/dt -Filter und Motordrosseln.....	80
B.7.4	HF-EMI-Motorfilter.....	80
B.7.5	Motorleitungen.....	80
B.8	Motor	80
B.9	Mechanische Last	80
B.10	Regelungs- und Standby-Verluste	80
B.11	Kühlverluste.....	81
B.11.1	Primäre Kühlverluste.....	81
B.11.2	Sekundäre Kühlverluste	81
Anhang C (informativ)	Topologie von Stromrichtern	82
C.1	Allgemeines.....	82
C.2	Topologien von Spannungszwischenkreis-Ausgangswechselrichtern, die sich von den in 5.2.2 mathematisch beschriebenen unterscheiden	82
C.3	Topologien von Spannungszwischenkreis-Eingangsstromrichtern, die sich von den in 5.2.3 mathematisch beschriebenen unterscheiden	82
C.4	CDM-Topologien, die sich vom Spannungszwischenkreistyp unterscheiden	82
Anhang D (informativ)	Motormodell und Verlustinterpolation.....	84
D.1	Übersicht	84
D.2	Verluste von AC Motoren	84
D.2.1	Allgemeines.....	84
D.2.2	Verluste Ständerwicklung und Läuferwindungsverluste I^2R Verluste ($P_{LS} + P_{LR}$ (für Induktionsmotoren und Motoren mit gewickelten Läufern)).....	84
D.2.3	Zusatzverluste (P_{LL})	84
D.2.4	Eisenverluste (P_{Lfe})	85
D.2.5	Reibungs- und Ventilationsverluste (P_{Lfw})	85
D.2.6	Zusätzliche Oberschwingungsverluste (P_{LHL}).....	86

D.3	Interpolationsgleichung.....	86
D.4	Analytische Bestimmung der Interpolationskoeffizienten.....	87
D.4.1	Allgemeines	87
D.4.2	Zusatzverluste durch den Spannungsabfall des Frequenzumrichters	88
D.4.3	Alternative Arbeitspunkte zur Bestimmung der Interpolationskoeffizienten	89
D.4.4	Motoren für Anwendungen mit quadratischer Drehmomentkennlinie	90
D.5	Bestimmung des Interpolationsfehlers	90
D.6	Numerische Bestimmung der Interpolationskoeffizienten	90
D.7	Effizienz typischer IE2 Induktionsmotoren	91
Anhang E (informativ)	Anwendungsbeispiel für die Berechnung der Verluste eines CDM und eines PDS.....	94
E.1	Allgemeines	94
E.2	Bestimmung der Verluste des CDM	94
E.2.1	Allgemeines	94
E.2.2	Bestimmung des Verlustes durch maximale Verluste von angrenzenden Verlustpunkten.....	95
E.2.3	Bestimmung des Verlustes durch zweidimensionale Interpolation der Verluste von angrenzenden Verlustpunkten	95
E.2.4	Bestimmung der Verluste mit dem in 5.2 beschriebenen mathematischen Modell	98
E.3	Bestimmung der Motorverluste	100
E.4	Bestimmung der Verluste des PDS.....	100
Anhang F (informativ)	Unsicherheit des Verfahrens zur Bestimmung der Verluste	101
F.1	Allgemeines	101
F.2	Berechnung der Unsicherheit bei zufällig auftretenden Fehlern	101
F.3	Vergleich der Unsicherheiten verschiedener Verlustbestimmungsmethoden.....	101
Anhang G (informativ)	Kalorimetermessung der CDM-Verluste	102
G.1	Allgemeines	102
G.2	Kalorimeter mit zwei Kammern und mit Luft als Kühlmedium.....	102
G.3	Kalorimeter mit einer Kammer und mit Luft als Kühlmedium	103
G.4	Kalorimeter mit Flüssigkeit als Kühlmedium.....	104
Literaturhinweise.....		105
Anhang ZA (normativ)	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	107
Anhang ZZ (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung nach der abzudeckenden Verordnung (EG) Nr. 640/2009 der Kommission vom 22. Juli 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren.....	108

Bilder

Bild 1 – Darstellung grundsätzlicher Anforderungen zur Normung von Energieeffizienz.....	10
Bild 2 – Darstellung des erweiterten Produktes mit dem enthaltenen Motorsystem	15
Bild 3 – Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik eines Servo-PDS	16

Bild 4 – Darstellung der Arbeitspunkte (Drehzahl der Motorwelle, Drehmoment) zur Bestimmung der relativen Verluste des Referenz-Antriebssystems (RPDS).....	26
Bild 5 – Darstellung der Arbeitspunkte (Drehzahl der Motorwelle, Drehmoment) zur Bestimmung der relativen Verlustleistung des Referenzmotors (RM)	26
Bild 6 – Darstellung der Arbeitspunkte (relative Ständerfrequenz des Motors, relativer drehmomentbildenden Strom) für die Bestimmung Verluste des vollständigen Referenz-Antriebsmoduls (RCDM)	27
Bild 7 – Darstellung des Arbeitsablaufs für die Bestimmung des Energieeffizienzindex eines erweiterten Produktes	28
Bild 8 – Darstellung, wie die unterschiedlichen Datenquellen zur Bestimmung des Energieeffizienzindex für ein erweitertes Produkt zusammenzuführen sind	29
Bild 9 – Metrischer Zusammenhang von IE- und IES-Klassen	31
Bild 10 – Leitfaden für CDM- und Motorenhersteller zur Anwendung der „Prüf-“ und „Referenz-“ Einrichtungen zur Bestimmung der IE/IES-Klassen.....	32
Bild 11 – Darstellung von CDM und Prüflast.....	33
Bild 12 – Relative Verluste $p_{L,CDM}$ des 9,95-kVA RCDM.....	42
Bild 13 – Beispiel für die relativen Verlustleistungen des PDS als Funktion der Drehzahl und des Drehmoments.....	45
Bild 14 – Beispiel der relativen Verlustleistungen in Abhängigkeit von der Schaltfrequenz	46
Bild 15 – Beispiel eines CDM mit Widerstand zur Abführung der erzeugten Leistung	46
Bild 16 – Darstellung der IE-Klassen für ein CDM	49
Bild 17 – Darstellung der IES-Klassen für ein PDS.....	50
Bild 18 – Die Verlustleistung des CDM ist die Summe aus dem ermittelten Verlustwert und der Unsicherheit des angewendeten Bestimmungsverfahrens.....	53
Bild 19 – Messaufbau für die Eingangs/Ausgangs-Messung zur Bestimmung der CDM-Verluste.....	55
Bild 20 – Aufbau für die Eingang/Ausgang-Messung für PDS-Verluste	55
Bild 21 – Reihenfolge der CDM-Messungen von [1] bis [8]	57
Bild 22 – Reihenfolge, der für PDS- Messungen von [1] bis [8]	58
Bild 23 – Aufbau für die kalorimetrische Messung zur Bestimmung der CDM-Verluste	59
Bild 24 – Bestimmung der IE-Klassifikation für CDM und Bestimmung der Verluste in Teillast-Arbeitspunkten	61
Bild 25 – Bestimmung der IES-Klassifikation für PDS und Bestimmung der Verluste in Teillast-Arbeitspunkten	62
Bild B.1 – Übersicht über das erweiterte Produkt und Energiefluss	70
Bild B.2 – Ersatzschaltung des Netzes und der Netzverkabelung	71
Bild B.3 – OberschwingungsfILTER für ein Einphasennetz	72
Bild B.4 – PDS mit Diodengleichrichter-Eingangsstromrichter.....	73
Bild B.5 – PDS mit Standard-AIC-Eingangsstromrichter.....	74
Bild B.6 – PDS mit einem F3E-AIC ohne Netzdrossel	75
Bild B.7 – Typische Wellenform eines Netzstroms bei einem Eingang mit Diodengleichrichter.....	75
Bild B.8 – Gleichspannungszwischenkreis.....	76
Bild B.9 – Gleichspannungszwischenkreis mit zusätzlichen Gleichstromdrosseln	77

Bild B.10 – Ausgangswechselrichter des PDS	78
Bild B.11 – Motorkabel und optionales Ausgangsfilter des PDS	78
Bild B.12 – Typische Wellenform der Ausgangsspannung des Wechselrichters und der Motorspannung bei Verwendung eines Sinusausgangsfilters	79
Bild E.1 – Segmente und Arbeitspunkte	94
Bild E.2 – Zweidimensionale Interpolation	96
Bild G.1 – Aufbau für die einstufige kalorimetrische Messung für die vergleichende Verlustmessung (CDM und Heizwiderstand werden gleichzeitig beansprucht)	103
Bild G.2 – Aufbau für die zweistufige Kalorimetermessung für die vergleichende Verlustmessung (CDM und Heizwiderstand werden nicht gleichzeitig belastet)	104
Bild G.3 – Aufbau für die Kalorimetermessung mit Flüssigkeitskühlung für die Messung der CDM- Verluste	104

Tabellen

Tabelle 1 – Minimale Ströme der Prüflast an unterschiedlichen Arbeitspunkten	34
Tabelle 2 – Leistungsfaktor der Prüflast zwischen Grundswingungsausgangsstrom und Grundswingungsausgangsspannung an unterschiedlichen Arbeitspunkten	34
Tabelle 3 – Referenzparameter für Gleichung (5)	36
Tabelle 4 – Variablen für Gleichung (5)	36
Tabelle 5 – Referenzparameter für Gleichung (6)	36
Tabelle 6 – Referenzparameter für Gleichung (7)	37
Tabelle 7 – Referenzparameter für Gleichung (8)	37
Tabelle 8 – Referenzparameter für Gleichung (10)	39
Tabelle 9 – Variablen für Gleichung (10)	39
Tabelle 10 – Referenzparameter für Gleichung (11)	39
Tabelle 11 – Referenzparameter für Gleichung (12)	40
Tabelle 12 – Referenzparameter für Gleichung (13)	40
Tabelle 13 – Referenzparameter für Gleichung (15)	41
Tabelle 14 – Referenzparameter für Gleichung (14)	41
Tabelle 15 – Relative Verluste des 400 V/9,95 kVA Referenz CDM bei den in Bild 6 definierten Arbeitspunkten	42
Tabelle 16 – Referenzparameter für Gleichung (19)	44
Tabelle 17 – Relative Verluste des 400 V/7,5 kW RPDS	45
Tabelle 18 – Verluste des Referenz-CDM für die Festlegung der Klasse IE1	48
Tabelle 19 – Verluste des Referenz-PDS für die Festlegung der IES1-Klasse	50
Tabelle 20 – Anforderungen an die Angaben	63
Tabelle A.1 – Relative Verluste (%) von Referenz-CDMs mit unterschiedlichen Bemessungsleistungen an den in Bild 6 beschriebenen Arbeitspunkten	66
Tabelle A.2 – Relative Verluste (%) von Referenzmotoren mit unterschiedlichen Bemessungsleistungen an den in Bild 5 beschriebenen Arbeitspunkten	67
Tabelle A.3 – Relative Verluste (%) für ein Referenz-PDS mit unterschiedlichen Bemessungsleistungen an den in Bild 4 beschriebenen Arbeitspunkten	68
Tabelle B.1 – Typische Werte für λ bei unterschiedlichen Topologien der Eingangsstromrichter	76

Tabelle D.1 – Empfohlene Aufteilung von Reibungs- und Ventilationsverlusten für IC 411 selbstgekühlte Motoren	86
Tabelle D.2 – Normative Arbeitspunkte mit grafischer Darstellung.....	87
Tabelle D.3 – Nicht-normative alternative Arbeitspunkte	89
Tabelle D.4 – Interpolationskoeffizienten von typischen 4-poligen IE2 Referenz-Induktionsmaschinen	92
Tabelle D.5 – Interpolationskoeffizienten von typischen 2-poligen IE2 Referenz-Induktionsmaschinen	93
Tabelle E.1 – Relative Verluste eines 400 V/9,95 kVA-Beispiel-CDM an den festgelegten Arbeitspunkten	95
Tabelle E.2 – Parameter des Beispiel-CDM.....	98
Tabelle E.3 – Ergebnisse der CDM-Berechnung nach dem mathematischen Modell	99
Tabelle E.4 – Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Bewertung des Verlustes	100
Tabelle E.5 – Verlustdaten des 7,5-kW-Referenzmotors.....	100
Tabelle ZZ – Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Verordnung (EG) Nr. 640/2009 der Kommission vom 22. Juli 2009, Artikel 2.2, 3.2 und 3.3 und Anhang I, zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren und dem Normungsauftrag M/476 an CEN, CENELEC und ETSI im Zusammenhang mit der Richtlinie 2009/125/EG zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Neufassung)	108

Einleitung

Dieser Teil von IEC 61800 wurde erstellt, um die Bewertung der Verluste von CDMs (vollständige Antriebsmodule) und PDSs (Antriebssysteme) zu ermöglichen.

Anforderungen an die Messung der Energieeffizienz von Motoren mit nichtsinusförmiger Versorgung liegen in der Verantwortung von IEC/TC 2 und werden in der Normenreihe IEC 60034 veröffentlicht.

In IEC/SC 22G befasst sich die Task Force Normung mit diesem Thema. Sie arbeitet eng mit einigen anderen Technischen Komitees (z. B. IEC/TC 2, IEC/SC 121A) zusammen.

IEC/SC 22G ist verantwortlich für alle relevanten Aspekte im Bereich der Energieeffizienz und der Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Leistungselektronik, Schaltanlagen und Antriebssystemen und deren industrielle Anwendungen.

Die grundlegenden Anforderungen der Normung zur Energieeffizienz sind in Bild 1 dargestellt. Die Arbeiten wurden abgestimmt, um auf diesem Gebiet ein angemessenes Ziel als besten Kompromiss zu erreichen.

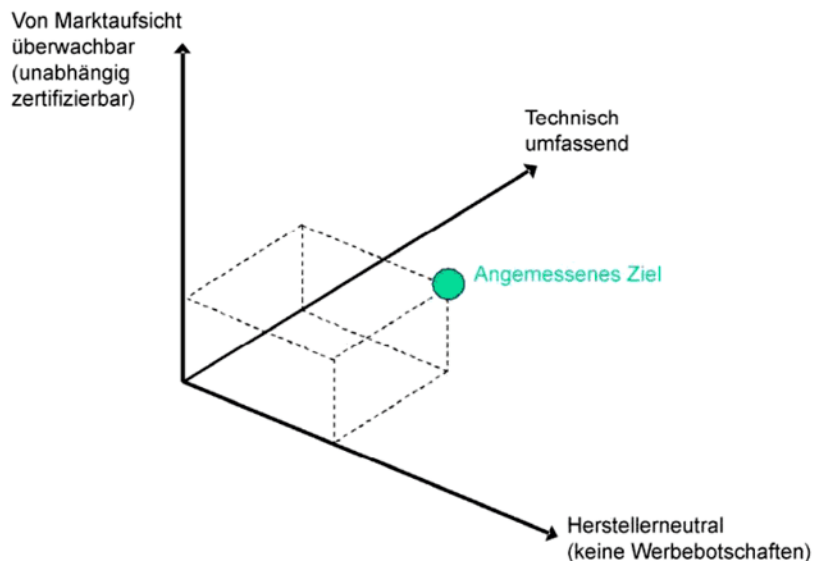


Bild 1 – Darstellung grundsätzlicher Anforderungen zur Normung von Energieeffizienz

IEC 61800 (alle Teile) behandelt keine mechanischen Komponenten.

ANMERKUNG Getriebemotoren (Motor mit direkt angebrachtem Getriebe) werden für die Effizienzklassen wie ein Antriebssystem (Stromrichter plus Motor) behandelt. Zur Bestimmung der Verluste von Getriebemotoren siehe **IEC 60034-30-1**. Die Effizienzkategorie von Getrieben als Einzelkomponente ist in Beratung.

IEC 61800-9 ist ein Teil der Normenreihe IEC 61800, welche folgende Struktur besitzt:

- **Teil 1:** Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Gleichstrom-Antriebssystemen
- **Teil 2:** Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Wechselstrom-Antriebssystemen mit einstellbarer Frequenz
- **Teil 3:** EMV-Anforderungen einschließlich spezieller Prüfverfahren
- **Teil 4:** Allgemeine Anforderungen – Festlegungen für die Bemessung von Wechselstrom-Antriebssystemen über 1 000 V AC und höchstens 35 kV
- **Teil 5:** Sicherheitsanforderungen
- **Teil 6:** Richtlinie zur Bestimmung von Lastspielarten und entsprechenden Strombemessungen
- **Teil 7:** Generisches Interface und Nutzung von Profilen für Leistungsantriebssysteme (PDS)

- *Teil 8: Festlegung der Spannung an Stromversorgungsschnittstellen*
- *Teil 9: Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen*

Jeder Teil ist weiter in mehrere Teile unterteilt, die entweder als internationale Normen, technische Spezifikationen oder technische Berichte veröffentlicht werden, von denen einige bereits als Abschnitte veröffentlicht worden sind. Andere werden mit der Dokumentennummer gefolgt von einem Bindestrich und einer weiteren Nummer, die den Unterabschnitt bezeichnet, veröffentlicht werden (Beispiel: IEC 61800-9-2).

Es berücksichtigt grundlegende Anforderungen der CENELEC Norm **EN 50598-2**, die 2014-12-19 veröffentlicht wurde, und berücksichtigt auch die folgenden Eckpunkte in Zusammenhang mit betroffenen technischen Komitees.

Es wurde in enger Zusammenarbeit mit anderen technischen Komitees (IEC/TC 2, IEC/SC 121A) und mit dem Komitee CEN/TC 197 als Interessensvertreter von Kunden, um einen umfassenden Standard für Energieeffizienz- und Ökodesignanforderungen zu liefern.

Eckpunkte:

- Anforderungen für eine energieeffiziente Ausführung eines Antriebssystems in Übereinstimmung mit der angetriebenen Last
- Anforderungen und IE-Klassifizierung von vollständigen Antriebsmodulen (CDM)
- Anforderungen und IES-Klassifizierung von Antriebssystemen (PDS)
- Bestimmung der Verluste des Antriebssystems und Anforderungen an die Verbindung zur angetriebenen Einrichtung zur Bestimmung der Energieeffizienz-Klassifikation/Bewertung des erweiterten Produktes
- Anforderungen an das umweltbewusste Systemdesign und die Umweltdeklaration des Motorsystems

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61800 legt die Indikatoren für die Energieeffizienz von Leistungselektronik (z. B. vollständige Antriebsmodule, CDM), Antriebssystemen (PDS) und Motorstartern für von Motoren angetriebene Anwendungen fest.

Sie legt die Methodik zur Bestimmung der Verluste des vollständigen Antriebsmoduls (CDM), des Antriebssystems (PDS) und des Motorsystems fest.

Es werden IE- und IES-Klassen definiert sowie Grenzwerte und Prüfverfahren für die Klassifizierung der Gesamtverluste des Motorsystems angegeben.

In diesem Dokument wird außerdem eine Methodik zur Umsetzung der energieeffizientesten Lösung für ein Antriebssystem vorgeschlagen. Diese hängt von der Architektur des Motorantriebssystems, dem Drehzahl/Last-Profil und den Arbeitspunkten der Anwendung ab.

Die Methodik des erweiterten Produktansatzes und der semianalytischen Modelle werden in Teil 1 dieser Normenreihe **IEC 61800-9-1** festgelegt.

Die Struktur dieses Dokuments ist wie folgt:

- die Verluste eines genormten Referenz-PDS (RPDS), eines genormten Referenz-CDM (RCDM) und des mathematischen Modells für dessen Berechnung werden angegeben sowie klassifiziert;
- der Referenzmotor (RM) und das Referenz-Antriebsmodul (RCDM) werden definiert und können verwendet werden, um die Energieeffizienzklasse eines Motorsystems zu ermitteln, wenn einer seiner Bestandteile nicht bekannt ist;
- Anforderungen an die Verlustbestimmung eines realen PDS und eines realen CDM werden angegeben und mit dem RCDM und RCDM verglichen;
- Anforderungen an Typprüfung Dokumentation für den Anwender werden angegeben;
- einige beispielhafte Verluste eines gesamten Antriebssystems werden in Anhängen vorgestellt;
- Informationen über Systeme und Antriebstopologien werden in Anhängen genannt.

Die spezifischen Daten zu Verlusten und IE/IES-Klassen von RCDM, RM und RPDS werden für einachsige Wechselstrom/Wechselstrom-Antriebssysteme für Niederspannung (100 V bis einschließlich 1 000 V) mit Drehstrommotoren angegeben. Getriebemotoren werden wie Standardmotoren behandelt, wenn Motor und Getriebe getrennt werden können.

Alle enthaltenen Referenzdaten sind von Antriebssystemen mit Asynchronmotoren abgeleitet. Sie können auch für alle Antriebssysteme mit anderen Motorarten verwendet werden.

Die Anwendung dieses Dokumentes auf folgende Geräte mag technisch möglich sein, ist jedoch nicht verpflichtend:

- Hochspannungs-CDM und PDS mit einer Bemessungsspannung über 1 000 V Wechselspannung;
- Niederspannungs-CDM und PDS mit einer Bemessungsspannung unter 100 V Wechselspannung;
- Hochleistungs- PDS mit einer Bemessungsleistung über 1 000 kW;
- Hochleistungs- CDM mit einer Bemessungs-Ausgangs-Scheinleistung über 1 209 kVA;
- PDS niedriger Leistung mit einer Bemessungsleistung unter 0,12 kW;
- CDM niedriger Leistung mit einer Bemessungsleistung unter 0,278 kVA;
- CDM, die nicht elektrische Leistung aus Wechselspannung in einen einzigen Wechselspannungsausgang liefern;
- PDS, die nicht elektrische Leistung aus Wechselspannung in eine einzige rotierende Welle liefern;
- PDS und CDM mit der Fähigkeit, Energie zurück in das Wechselspannungsnetz zu liefern;

- PDS und CDM mit einem THC (nach der Definition in IEC 61000-3-12) ihres Eingangsstromes von weniger als 10 %;
- PDS mit Getriebemotoren, bei denen Motor und Getriebe nicht getrennt werden können, beispielsweise wegen eines gemeinsamen Gehäuses;
- Servo-PDS (die aus Frequenzumrichter, Motor und Lagegeber bestehen);
- PDS, die nicht als einzelnes Produkt auf den Markt gebracht werden.

ANMERKUNG IEC 61800-9 (alle Teile) behandelt nicht die Klassifizierung der Energieeffizienz angetriebener Einrichtungen, liefert jedoch Eingangsgrößen für die Bewertung nach dem erweiterten Produktansatz.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-2-1:2014, *Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC/TS 60034-2-3, *Rotating electrical machines – Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors*

IEC 60034-30-1, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE Code)*

IEC 60947-4-1, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor starters – Electro-mechanical contactors and motor-starters*

IEC/TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface*

IEC/TS 62578, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter (AIC) applications including design recommendations for their emission values below 150 kHz*

3 Begriffe, Symbole und abgekürzte Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-161 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

Stromrichter mit netzseitig aktiv gesteuertem Eingang

AIC

(en: active infeed converter)

selbstkommutierende elektronische Stromrichter aller Technologien, Topologien, Spannungen und Größen, die zwischen dem Wechselstrom-Versorgungsnetz (Leitungen) und einer Quelle mit Gleichstrom- oder Gleichspannungseinprägung angeschlossen sind und die elektrische Leistung in beide Richtungen konvertieren (einspeisend oder rückspeisend) und die die Blindleistung oder den Leistungsfaktor regeln können

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe IEC/TS 62578.

Anmerkung 2 zum Begriff: IEC definiert Begriffe VSC und CSC als spannungseinprägenden AC/DC Umrichter (551-12-03) und stromeinprägenden AC/DC (551-12-04) Umrichter. Die meisten AICs sind bidirektionale Umrichter und besitzen Quellen auf der DC-Seite. Deshalb sind sie als Spannungszwischenkreisumrichter und Stromzwischenkreisumrichter bekannt.

3.1.2

AEDM

Alternative Effizienzbestimmungsmethode

Die alternative Effizienzbestimmungsmethode ist das analytische Modell, das von Motorherstellern zur Berechnung der Verluste verwendet wird. Diese können verwendet werden, um die Energieeffizienz eines erweiterten Produktes zu bestimmen.

3.1.3

CDM

Vollständiges Antriebsmodul

drive

drive controller

Antriebsmodul, bestehend aus dem Leistungsumrichter zwischen Netz und Motor, sowie Erweiterungen wie Schutzgeräten, Transformatoren und Hilfseinrichtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wechselstrom/Wechselstrom-Umrichter, der den Motor speist. Einige Länder benutzen auch den Begriff „Drive“ anstatt von CDM.

3.1.4

Scheitelwertfaktor

Verhältnis von absolutem Spitzenwert zu Effektivwert einer Kurvenform

3.1.5

angetriebene Einrichtung

mechanisch mit der Motorwelle verbundenes Gerät

3.1.6

EEl

(en: Energy Efficiency Index)

Wert, welcher die Energieeffizienz einer Anwendung beschreibt, die aus dem erweiterten Produktansatz (EPA) resultiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Falls das erweiterte Produkt ein Pumpensystem ist, ist der EEl das Verhältnis aus der erforderlichen Energie (tatsächliche plus Verluste) zu der theoretischen Energie, die für die Anwendung benötigt wird.

3.1.7

erweitertes Produkt

EP

angetriebene Einrichtung zusammen mit dem verbundenen Motorsystem (z. B. ein PDS)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe [Bild 2](#).

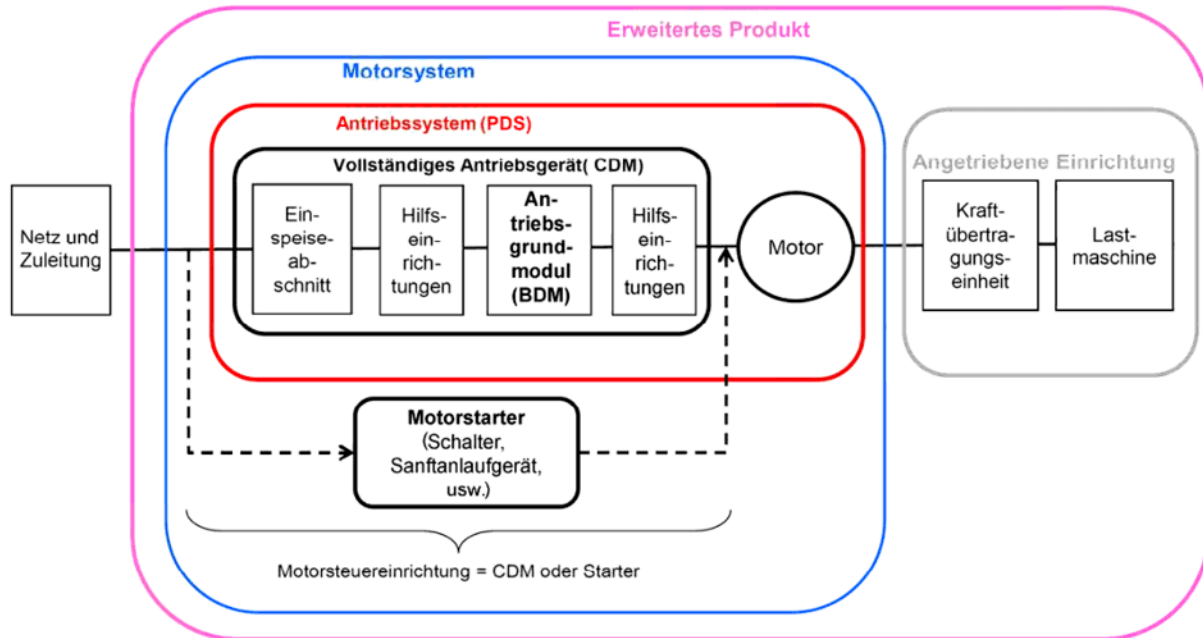


Bild 2 – Darstellung des erweiterten Produktes mit dem enthaltenen Motorsystem

3.1.8

IE-Klasse

Effizienzklassifizierung von Komponenten eines Motorsystems (3.1.10)

Anmerkung 1 zum Begriff: IE ist eine Abkürzung für „international efficiency“.

3.1.9

IES-Klasse

Effizienzklassifizierung eines Motorsystems (z. B. ein PDS oder Getriebemotor)

Anmerkung 1 zum Begriff: IES ist eine Abkürzung für „international efficiency of systems“.

3.1.10

Motorsystem

PDS oder Motor, der mit einem Motorstarter nach IEC 60947-4-1 an das Netz angeschlossen ist

3.1.11

PDS

(en: power drive system)

System, bestehend aus einem CDM und einem Motor

3.1.12

Pulsmuster

Muster der geschalteten Leiter-Leiter-Spannungen oder Phasenströmen, das an den ungefilterten Ausgangsklemmen des Stromrichters gemessen ist, und welches sich aus der Pulsfrequenz und dem angewendeten Modulationsverfahren ergibt

3.1.13

vollständiges Referenz-Antriebsmodul

RCDM

vollständiges Antriebsmodul, das durch mathematische Gleichungen und/oder Verluste festgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird als Grundlage zur Bestimmung der IE-Klasse eines einzelnen CDM verwendet.

3.1.14

Referenzmotor

RM

Motor, der durch mathematische Gleichungen und/oder Verluste festgelegt ist. Die Verluste eines einzelnen Motors werden im Vergleich zu den Verlusten des RM bewertet.

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird als Grundlage zum Vergleich von Motoren verwendet.

3.1.15

Referenz-PDS

RPDS

Kombination aus Referenzmotor und Referenz-PDS

3.1.16

Servo-PDS

elektrisches Antriebssystem mit geschlossener Regelschleife, für eine genaue und dynamische Regelung der rotatorischen oder linearen Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung für die angetriebene Servoeinrichtung wie CNC Maschinen, Fertigungsautomatisierung oder Roboter

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es besteht aus einem Frequenzumrichter, einem Motor und einem Lagegeber.

Anmerkung 3 zum Begriff: Solche Servoanwendungen zeichnen sich durch nichtperiodische (Lastspiel S9) oder periodisch veränderliche Lasten und Drehzahlen innerhalb des zulässigen 4-Quadranten_Betriebsbereiches ($\pm T_{MAX}$, $\pm n_{MAX}$) aus und beinhaltet häufigen Betrieb bei Überlast ($T > T_N$) und/oder im Feldschwäcbereich ($n > n_N$) des Motors (siehe unten stehendes Diagramm).

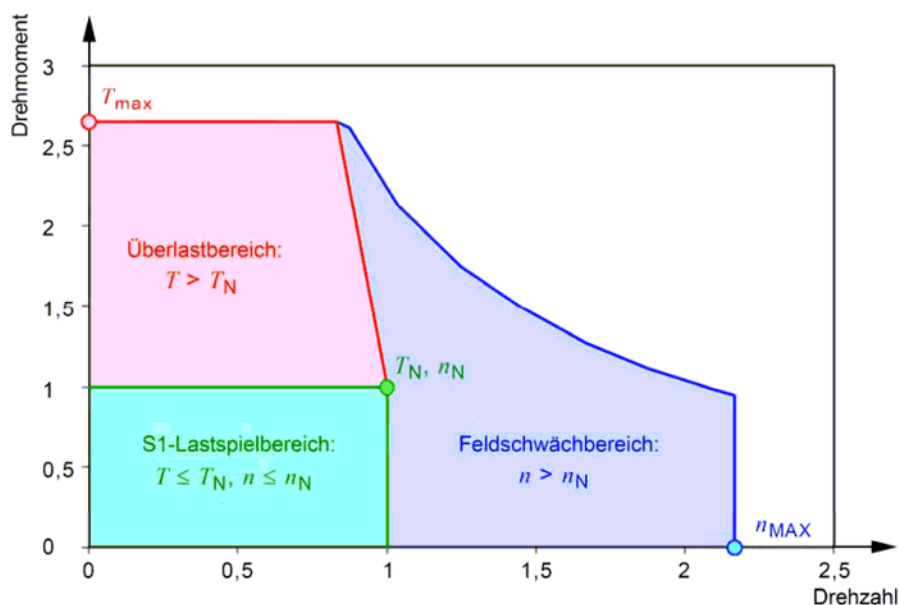


Bild 3 – Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik eines Servo-PDS

3.1.17

Einzelachse

einzig mechanische Ausgangswelle eines einzelnen Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies betrifft ein CDM, das einen Motor versorgt oder ein PDS, das nur einen Motor beinhaltet.

3.1.18

Prüflast

elektrisches Gerät, das, den Ausgangsstrom I_{out} und den Grundschrwingungs-Leistungsfaktor $\cos \phi$ eines CDM für Prüf- oder Berechnungszwecke bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Prüflast kann ein Prüfmotor oder eine andere Art von Last sein.

3.1.19

Strom der Prüflast

gesamter Scheinstrom, der in die Prüflast fließt, um ein bestimmtes Drehmoment zu erzeugen (siehe [Tabelle 1](#))

3.1.20

Drehmoment bildender Strom

Teil des Stromes der Prüflast (siehe 3.1.19), der ein bestimmtes Drehmoment erzeugt (siehe [Bild 6](#), [Tabelle 1](#))

Anmerkung 1 zum Begriff: Für einen Asynchronmotor ist der drehmomentbildende Strom der Läuferstrom.

3.2 Symbole und abgekürzte Begriffe

3.2.1

c_{liquid}

spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit

3.2.2

E_{D}

Schaltverlustenergie einer Leistungsdioden je Volt und je Ampere

3.2.3

E_{T}

Schaltverlustenergie eines Leistungstransistors je Volt und je Ampere

3.2.4

f_{sw}

Anzahl der Schaltereignisse eines Halbleiterbauelements innerhalb einer Sekunde

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie bestimmt gemeinsam mit dem ausgewählten Pulsmuster und der Stromrichtertopologie die niedrigste Frequenz der nichtsteuerbaren Oberschwingungen oder Oberschwingungen mit nicht ganzzahliger Ordnung am IPC (en: in-plant point of coupling – de: anlageninterner Anschlusspunkt) oder am Motor.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein- und Ausschalten eines Halbleiters sind getrennte Schalthandlungen. Deshalb ist die Schaltfrequenz eines Zweipunktumrichters das Doppelte der Pulsfrequenz (auch Modulationsfrequenz genannt) der der verketteten Spannung bei Verwendung von kontinuierlicher Modulation und das 1,33-Fache der Pulsfrequenz der verketteten Spannung bei Verwendung diskontinuierlicher Modulation.

3.2.5

$I_{\text{motor cable}}$

Strom im Motorkabel an einem Leistungsanschluss des PDS (siehe [IEC 61800-2](#)), der für die Berechnung der Schaltverluste verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies repräsentiert typischerweise einen kapazitiven Ableitstrom, der bei geschirmten Motorkabeln üblicherweise auftritt.

3.2.6

$I_{1,r \text{ CDM}}$

Grundschrwingung des Bemessungseingangsstroms des CDM oder des PDS

3.2.7

I_r

Bemessungseingangsstrom des CDM oder des PDS

3.2.8

I_{out}

Ausgangsstrom

3.2.9

$I_{r,out}$

Bemessungsausgangsstrom des CDM

3.2.10

I_{rM}

Bemessungsstrom des Motors

3.2.11

$k^1_{DC_link}$

lastunabhängiger Verlustparameter des Gleichspannungszwischenkreises des CDM mit der Einheit $\left(\frac{1}{\Omega \cdot A} \right)$

3.2.12

k^1_{choke}

auf die Bemessungsimpedanz des CDM bezogene Impedanz der Drosselspule

3.2.13

$k^2_{DC_link}$

lastabhängiger Verlustparameter des Gleichspannungszwischenkreises des CDM mit der Einheit $(\Omega \cdot A)$

3.2.14

k^2_{choke}

bezogener Spannungsabfall am Längswiderstand der Drosselspule

3.2.15

k_{fe}

zusätzliche/anteilige Eisenverluste eines Motors

3.2.16

k_{fw}

zusätzliche/anteilige Reibungs- und Ventilationsverluste eines Motors

3.2.17

k_{LL}

Verteilung der lastabhängigen Verluste

3.2.18

k_{VD}

Verhältnis von Motorbemessungsspannung zur maximalen Ausgangsspannung des CDM

3.2.19

$P_{L,cooling}$

von der Kühleinrichtung eines CDM (z. B. Lüfterverluste) erzeugte Leistungsverluste, die auf die Verluste des Antriebsgrundmoduls (siehe IEC 61800-2) bezogen werden, wenn das CDM gesondert zu kühlen ist

3.2.20

m

Modulationsindex, Verhältnis der CDM-Ausgangsfrequenz zum Nennwert der Ständerfrequenz des Motors

3.2.21

n_i

Drehzahl (min^{-1}) im Arbeitspunkt i

3.2.22

n_r

Bemessungsdrehzahl (min^{-1})

3.2.23

P_i

Leistungsaufnahme (in kW) im Arbeitspunkt i

3.2.24

$P_{\text{in,CDM}}$

Eingangsleistung des CDM, die bei der Messung der Verlustleistung erhalten wird

3.2.25

$P_{\text{in,PDS}}$

Eingangsleistung des PDS, die bei der Messung der Verlustleistung erhalten wird

3.2.26

P_{Lfe}

Eisenverluste eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-1.

3.2.27

P_{Lfw}

Reibungs- und Ventilationsverluste eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-1.

3.2.28

P_{LHL}

zusätzliche Oberschwingungsverluste eines Motors, die von nichtsinusförmiger Stromversorgung hervorgerufen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-3.

3.2.29

P_{LL}

lastabhängige Zusatzverluste eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-1.

3.2.30

$P_{\text{L,RM}}$

relative Verluste des Referenzmotors

3.2.31

$P_{\text{L,RM}}$

Verluste des Referenzmotors

3.2.32

P_{LR}

Läuferverluste eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-1.

3.2.33

P_{LS}

Ständerwicklungsverluste eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch IEC 60034-2-1.

3.2.34

P_{LTsin}

Gesamtverluste eines Motors nach bei sinusförmiger Stromversorgung

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B.

3.2.35

$P_{LT,Mot}$

Gesamtverluste eines Motors bei Versorgung durch einen Stromrichter (nichtsinusförmige Stromversorgung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B.

3.2.36

$P_{out,CDM}$

Ausgangsleistung des CDM, die bei der Messung der Verlustleistung erhalten wird

3.2.37

$P_{out,PDS}$

Ausgangsleistung des PDS, die bei der Messung der Verlustleistung erhalten wird

3.2.38

P_r

vom Hersteller zugeordnete Bemessungsleistung der Einrichtung

3.2.39

P_{proc}

Leistungsbedarf der mechanischen oder fluidmechanischen Prozesse

3.2.40

P_L

elektrische Verlustleistung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei $P_{L,CDM}$, $P_{L,Mot}$, $P_{L,PDS}$ und $P_{L,Aux}$, gilt der Index CDM für das vollständige Antriebsmodul, Mot für den Motor und Aux für die Hilfseinrichtungen, wie Kabel, Transformatoren oder Filter.

3.2.41

p_L

die bezogenen (relativen) Verlustleistungen sind die Verluste bezogen auf die Nennleistung des Geräts

3.2.42

$P_{L,CDM}$

Verlustleistung eines CDM

3.2.43

$P_{L,CDM,determined}$

Verlustleistung eines CDM aus der Methode zur Verlustleistungsbestimmung

3.2.44

$P_{L,CDM}$

relative Verlustleistung des CDM, bezogen auf seine Bemessungsscheinleistung

3.2.45

$P_{L,choke}$

Verlustleistung in der Drossel eines CDM

3.2.46

$P_{L,control}$

Verlustleistung in der Steuereinheit eines CDM

3.2.47

P_{L,DC_link}

Verlustleistung im Abschnitt des Gleichspannungszwischenkreises des CDM

3.2.48

$P_{L,inverter}$

Verlustleistung im Wechselrichter eines CDM

3.2.49

$P_{L,PDS,determined}$

Verlustleistung eines PDS aus der Methode zur Verlustleistungsbestimmung

3.2.50

$P_{L,rectifier}$

Verlustleistung im Gleichrichter eines CDM

3.2.51

$P_{L,resistor}$

nach dem vergleichenden kalorimetrischen Verfahren gemessene Verlustleistung des Widerstandes

3.2.52

$P_{L,on,D}$

Durchlassverlustleistung einer Leistungsdiode

3.2.53

$P_{L,on,D,rectifier}$

Durchlassverlustleistung einer Gleichrichterdiode

3.2.54

$P_{L,on,T}$

Durchlassverlustleistung eines Leistungstransistors

3.2.55

$P_{L,SR}$

Wicklungsverluste des Ständers und des Läufers eines Motors

3.2.56

$P_{L,sw,D}$

Schaltverlustleistung einer Leistungsdiode

3.2.57

$P_{L,sw,T}$

Schaltverlustleistung eines Leistungstransistors

3.2.58

$P_{r,M}$

Bemessungsleistung eines Motors

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Motor-Normenreihe IEC 60034 (alle Teile) wird diese mit P bezeichnet.

3.2.59

P_{Lstby}

Standby-Verluste eines PDS

Anmerkung 1 zum Begriff: Standby-Verluste werden erzeugt, wenn das PDS eingeschaltet ist, jedoch keinen Strom an die Last liefert. Diese Verluste liegen im Regelfall zwei bis drei Größenordnungen unter den Verlusten während des Betriebes. Ihr Einfluss auf die Gesamtverluste hängt stark vom Belastungsprofil des erweiterten Produktes ab. Darüber hinaus sind sie auch von den Anforderungen an die Anwendung in Bezug auf Aufwachzeit und Kommunikation abhängig.

3.2.60

P_N

relative Ausgangsverluste eines Motors

3.2.61

Q

Förderstrom einer Pumpeneinheit

3.2.62

Q_{BEP}

Förderstrom der Pumpe am Punkt des besten Pumpenwirkungsgrades

3.2.63

Q_{cooler}

volumetrischer Förderstrom des Kühlers im Kalorimeter

3.2.64

Q_{ISI}

Interpolationsfehler (Stabilitätsindex)

3.2.65

r_{HL}

Verhältnis der zusätzlichen Oberschwingungsverluste zu den Verlusten bei sinusförmiger Versorgung eines Motors

3.2.66

$S_{r,eq}$

Bemessungs-Scheinleistung eines Gerätes

3.2.67

$S_{r,RCDM}$

Bemessungs-Scheinleistung des Referenz-CDMs

3.2.68

T

Drehmoment eines Motors

3.2.69

t_w

Betriebszeit eines Gerätes

3.2.70

T_i

Drehmoment (in Nm) im Arbeitspunkt i

3.2.71

$U_{1,r,out}$

Grundschwingungsbemessungswert der verketteten Ausgangsspannung eines CDM

Anmerkung 1 zum Begriff: Für das Referenz-CDM wird dieser Wert mit 400 V angenommen, sofern nicht anders angegeben.

3.2.72

U_{DC}

Zwischenkreisspannung eines CDM

3.2.73

$U_{D,r}$

Durchlassspannung einer Leistungsdiode bei Bemessungsstrom des CDM

3.2.74

$U_{D,r,rectifier}$

Durchlassspannung einer Gleichrichterdiode bei Bemessungsstrom des CDM

3.2.75

$U_{D,th}$

Schwellenspannung einer Leistungsdiode

3.2.76

$U_{D,th,rectifier}$

Schwellenspannung einer Gleichrichterdiode

3.2.77

U_{mL1}

Strangspannung eines Stromversorgungssystems in der Phase L1

3.2.78

$U_{T,r}$

Durchlassspannung eines Leistungstransistors bei Bemessungsstrom des CDM

3.2.79

$U_{T,th}$

Schwellenspannung eines Leistungstransistors

3.2.80

W_W

elektrischer Energiebedarf eines erweiterten Produktes während dessen Betriebszeit

3.2.81

λ

Leistungsfaktor von Geräteeingangsstrom und -spannung: $\lambda = P_{equ}/S_{r,equ}$

3.2.82

$\Delta p_{L,CDM}$

Unsicherheit (in %) des Verfahrens zur Bestimmung der Verlustleistung von CDM

3.2.83

$\Delta P_{L,CDM}$

Unsicherheit (in W) des Verfahrens zur Bestimmung der Verlustleistung von CDM

3.2.84

$\Delta p_{L,PDS}$

Unsicherheit (in %) des Verfahrens zur Bestimmung der Verlustleistung von PDS

3.2.85

$\Delta P_{L,PDS}$

Unsicherheit (in W) des Verfahrens zur Bestimmung der Verlustleistung von PDS

3.2.86

θ_{in}

Eingangstemperatur des Kühlmediums (Luft, Flüssigkeit) bei einer kalorimetrischen Messung

3.2.87

θ_{inside}

Temperatur der Kühlluft zwischen zwei Kammern bei der kalorimetrischen Messung

3.2.88

θ_{out}

Ausgangstemperatur des Kühlmediums (Luft, Flüssigkeit) bei der kalorimetrischen Messung

3.2.89

φ

Phasenwinkel zwischen der Grundschiwingung der Eingangsspannung des CDM und der Grundschiwingung des Eingangsstroms des CDM

3.2.90

Φ

Phasenwinkel zwischen der Grundschiwingung der Ausgangsspannung des CDM und der Grundschiwingung des Ausgangsstroms des CDM

3.2.91

Φ_r

Phasenwinkel zwischen der Grundschiwingung der Ausgangsspannung des CDM und der Grundschiwingung des Ausgangsstroms des CDM bei Bemessungsdrehmoment und -drehzahl

4 Referenz-PDS (RPDS), Referenz-CDM (RCDM) und Referenzmotor (RM)

4.1 Allgemeines

Um das energieeffizienteste erweiterte Produkt für eine Anwendung zu bestimmen, ist der direkte Vergleich unterschiedlicher Antriebstopologien und/oder Steuerungsprinzipien erforderlich. Der in [IEC 618009-1](#) beschriebene erweiterte Produktansatz ermöglicht dies.

Um diesen Ansatz zu unterstützen, wird das Konzept des „Referenz-PDS (RPDS)“ eingeführt. Das genormte RPDS, welches aus einem Referenz-CDM (RCDM) und einem stromrichter gespeisten Referenzmotor (RM) besteht, lässt den Vergleich der Energieaufnahme des gestalteten erweiterten Produktes mit einem PDS durchschnittlicher Technologie zu.

Die Definition des RPDS ist allgemein und unabhängig von einem spezifischen Produkt oder Hersteller. Sie erlaubt:

- Die Festlegung von Grenzwerten für Klassifizierungen;
- die Klassifizierung realisierter PDS im Vergleich zum RPDS;
- die Klassifizierung des CDM;
- die Anwendung von IEC/TS 60034-30-2;
- die Klassifizierung umrichter gespeister Motoren und der Motoren, die nach IEC 60034-30-1 klassifiziert werden;
- die Begrenzung der Bewertung auf nur einige geeigneter, gemessene oder berechnete Arbeitspunkte und
- die Bestimmung des Energieverbrauchs verschiedenartiger Antriebsanwendungen.

Beispiele relevanter Eingangswerte (Arbeitspunkte) zur Klassifizierung unterschiedlicher Anwendungen:

Lasten mit quadratischer Drehzahl-/Drehmomentkennlinie (z. B. die meisten Pumpenaggregate) benötigen üblicherweise die relativen Verluste oder die Eingangsleistungen P_1 der Arbeitspunkte $p_{L,PDS(50;25)}$, $p_{L,PDS(100;50)}$ und $p_{L,PDS(100;100)}$, um die Verluste des Motorsystems zu berechnen. Die zulässige Toleranz der Verluste beträgt $\pm 10\%$ der Verluste in jedem Arbeitspunkt.

Lasten mit konstantem Drehmoment (z. B. Hebeeinrichtungen) benötigen zusätzlich die Punkte $p_{L,PDS(0;25)}$, $p_{L,PDS(0;50)}$ und $p_{L,PDS(0;100)}$ erforderlich, damit die Verluste des Motorsystems bestimmt werden können.

4.2 Referenzarbeitspunkte des RPDS, RCDM, RM und zugehörige Verlustleistungen

Alle angetriebenen Einrichtungen können durch ihre Antriebsleistung beschrieben werden, die aufgrund des physikalischen Verhaltens der Maschine/Anwendung erforderlich ist. Die Leistungsanforderungen sind das Produkt aus Drehmoment und Drehzahl in jedem Arbeitspunkt. In jedem Arbeitspunkt gibt es eine zugehörige Verlustleistung im Motorsystem.

Es existiert eine unendliche Anzahl von Arbeitspunkten (Drehmoment, Drehzahl), in der das Motorsystem betrieben werden kann. Theoretisch müssen die Verluste in jedem Arbeitspunkt bekannt sein. In der Praxis ist es jedoch ausreichend, die Verluste in einer begrenzten Anzahl (acht) von Arbeitspunkten zu kennen. Diese sind für das RPDS in Bild 4, für den RM in Bild 5 und für das RCDM in Bild 6 festgelegt.

Bei Arbeitspunkten mit Drehzahlen größer als null werden die Verluste als prozentuale Anteile der mechanischen Ausgangsleistung angegeben. In anderen Beschreibungen werden die Bemessungswirkungsgrade (η) als Verhältnis des Bemessungswertes der mechanischen Ausgangsleistung zur elektrischen Eingangsleistung (einschließlich der Verluste) angegeben.

In diesem Dokument werden die auf die Nennausgangsleistung des Antriebssystems (p in %) bezogenen Verlustleistungen anstelle des Wirkungsgrades betrachtet. Diese Vorgehensweise wird verwendet, um die Allgemeinheit des erweiterten Produktansatzes zu sichern.

Es gibt angetriebene Einrichtungen, bei denen ein bestimmtes Drehmoment bei Stillstand gefordert wird und der Wirkungsgrad zur weiteren Verwendung im erweiterten Produktansatz nicht geeignet ist.

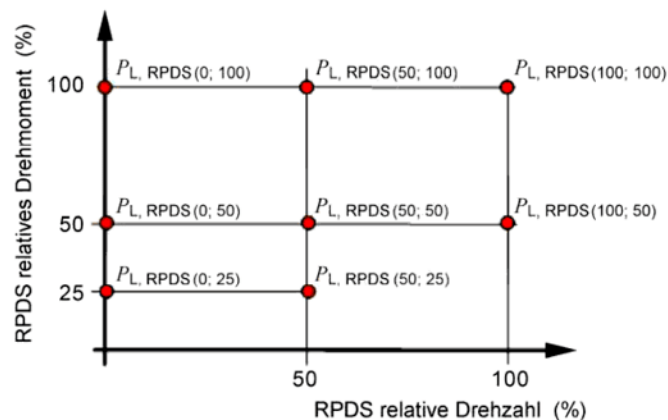


Bild 4 – Darstellung der Arbeitspunkte (Drehzahl der Motorwelle, Drehmoment) zur Bestimmung der relativen Verluste des Referenz-Antriebssystems (RPDS)

Wie definiert müssen die absoluten Verluste des RPDS die Summe aus den RCDM-Verlusten plus den RM-Verlusten sein. Deshalb müssen diese Verluste Punkt für Punkt aus den Arbeitspunkten aus Bild 5 und Bild 6 mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$P_{L,RPDS} = P_{L,RM} + P_{L,RCDM} \quad (1)$$

Die relativen Verluste des RPDS werden aus den relativen Verlusten des RCDM und des RM wie folgt berechnet:

$$P_{L,RPDS} = \frac{P_{L,RM} \cdot P_{r,RM} + P_{L,RCDM} \cdot S_{r,RCDM}}{P_{r,RM}} \quad (2)$$

Bei Bemessungsdrehzahl- und Drehmoment muss eine modifizierte Gleichung nach Gleichung (19) verwendet werden.

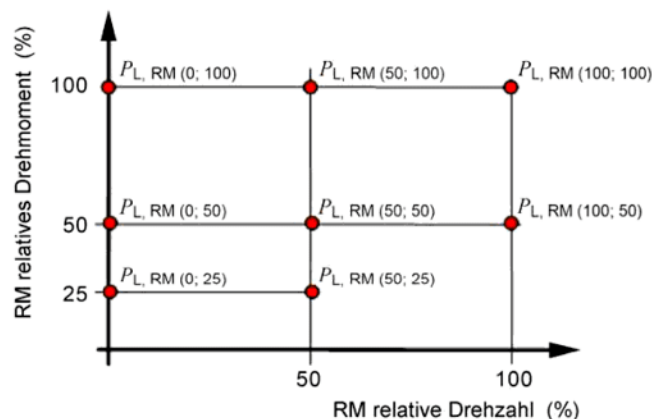


Bild 5 – Darstellung der Arbeitspunkte (Drehzahl der Motorwelle, Drehmoment) zur Bestimmung der relativen Verlustleistung des Referenzmotors (RM)

Die Arbeitspunkte des Referenz-CDM (RCDM) können nicht als prozentualer Wert von Drehzahl und Drehmoment der entsprechenden Bemessungswerte angegeben werden, weil das CDM nur Ströme und Spannungen am Ausgang erzeugt. Die Grundsicherung der Wechselspannung am Ausgang muss für einen reproduzierbaren Vergleich und zur Vermeidung von Übermodulation auf 90 % der Wechselspannung am Eingang begrenzt werden.

ANMERKUNG 1 Die RCDM-Verluste bei 90 % der Ausgangsspannung ähneln sehr stark den RCDM-Verlusten bei 100 % der Ausgangsspannung (Wechselrichterverluste sind geringfügig höher, während die Gleichrichterverluste etwas

geringer sind) und können demzufolge zur Berechnung der RCDM-Verluste bei einer Drehzahl von 100 % verwendet werden.

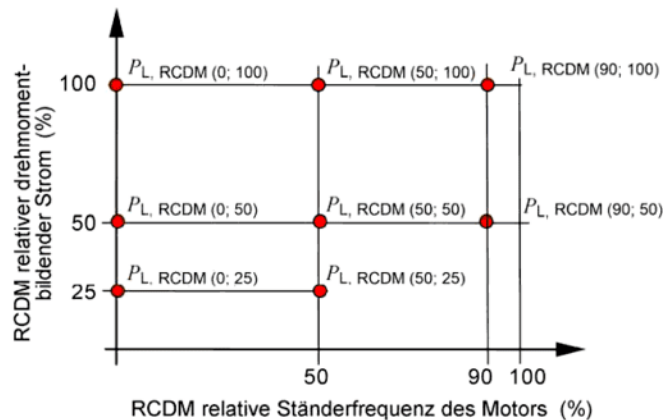


Bild 6 – Darstellung der Arbeitspunkte (relative Ständerfrequenz des Motors, relativer drehmomentbildender Strom) für die Bestimmung Verluste des vollständigen Referenz-Antriebsmoduls (RCDM)

ANMERKUNG 2 Bei Asynchronmotoren ist der drehmomentbildende Strom der Läuferstrom. Das Verhältnis zwischen dem Gesamtstrom und dem Drehmoment bildenden Strom ist in [Tabelle 1](#) angegeben.

ANMERKUNG 3 Aus physikalischen Gründen können die dargestellten Arbeitspunkte auf der y-Achse in Bild 6 $P_{L,RCDM(0,n)}$ nur mit einer Ausgangsspannung ungleich null erreicht werden, damit es zu einem Stromfluss durch die widerstandsbehafteten Wicklungen des Motors kommt.

Die bezogene Grundschrwingungs-Ausgangsspannung (in Prozent) des CDM darf nicht kleiner als die bezogene Ausgangsfrequenz (in Prozent) des CDM sein.

Falls erforderlich, können die Verluste für dazwischen liegende Arbeitspunkte nach einer der Berechnungsmethoden bestimmt werden, die in [E.2.1](#), vorgestellt werden:

- maximale Verluste in angrenzenden festgelegten Arbeitspunkten;
- zweidimensionale lineare Interpolation zwischen angrenzenden Arbeitspunkten;
- Berechnung der Verluste des CDM nach dem in [5.2](#) beschriebenen mathematischen Modell.

Motorverluste werden nach [Anhang D](#) interpoliert.

Eine Abweichung der relativen Motordrehzahl von den in [Bild 2](#) festgelegten Arbeitspunkten bis zum Bemessungsschlupf ist zulässig. Bei 0 Hz ist eine Abweichung um bis zu 12 Hz zulässig.

Für Verluste an zusätzlichen Arbeitspunkten und bei Teillast und für eine Reduzierung der Arbeitspunkte, siehe [8.4](#) und [D.4.3](#).

4.3 Verknüpfung von PDS-Verluste mit der angetriebenen Einrichtung – Arbeitsablauf für das semi-analytische Modell (SAM)

Das Modell für die Bestimmung der Verluste oder des Energieeffizienzindex eines Motorsystems oder einer angetriebenen Einrichtung wird als „semi-analytisches Modell (SAM) bezeichnet, welches physikalische und mathematische Parameter und Berechnungsalgorithmen von Teilen eines EP enthält.

Der Arbeitsablauf für die Bestimmung der Effizienzklassifizierung eines erweiterten Produktes wird in [Bild 7](#) dargestellt.

Darin wird auch gezeigt, wie das SAM des PDS (linke Seite) mit dem SAM der angetriebenen Einrichtung (rechte Seite) zu verbinden ist. Die Verbindung zwischen den beiden semi-analytischen Modellen müssen die

Lastverlustpunkte des PDS und deren zugehörige Toleranzen sein. Die tatsächlich geforderten Arbeitspunkte müssen vom semi-analytischen Modell der angetriebenen Ausrüstung gefordert werden.

Die PDS-Daten mit den PDS-Verlusten nach Bild 2^{N1)} (linke Seite von Bild 5^{N2)} werden in diesem Dokument festgelegt, während die semi-analytischen Modelle für den Energieverbrauch der PDS-Antriebsanwendungen (rechte Seite von Bild 5^{N2)}) von den entsprechenden Produktkomitees nach dem gleichen Ansatz erarbeitet werden müssen. In IEC 61800-9-1 wird ein Beispiel für Pumpenaggregate mit PDS-Antrieb vorgestellt. In Bild 8 ist dargestellt, wie die unterschiedlichen Datenquellen zusammengeführt werden müssen.

Es liegt im Verantwortungsbereich der technischen Komitees, die öffentlich zugänglichen SAMs für deren Anwendung bei spezifischen Anwendungen zu normen.

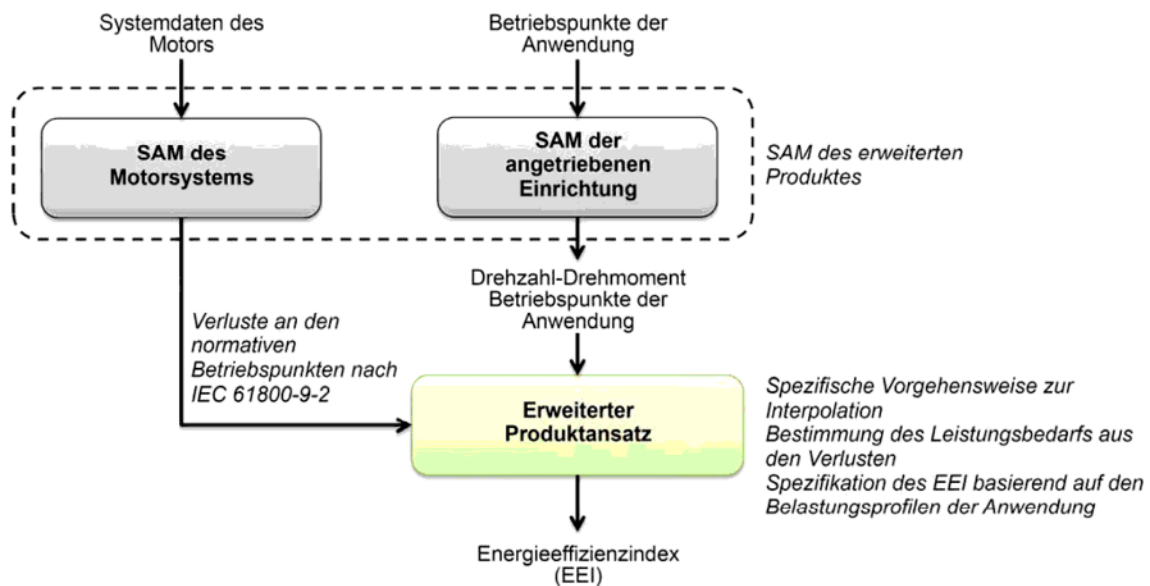
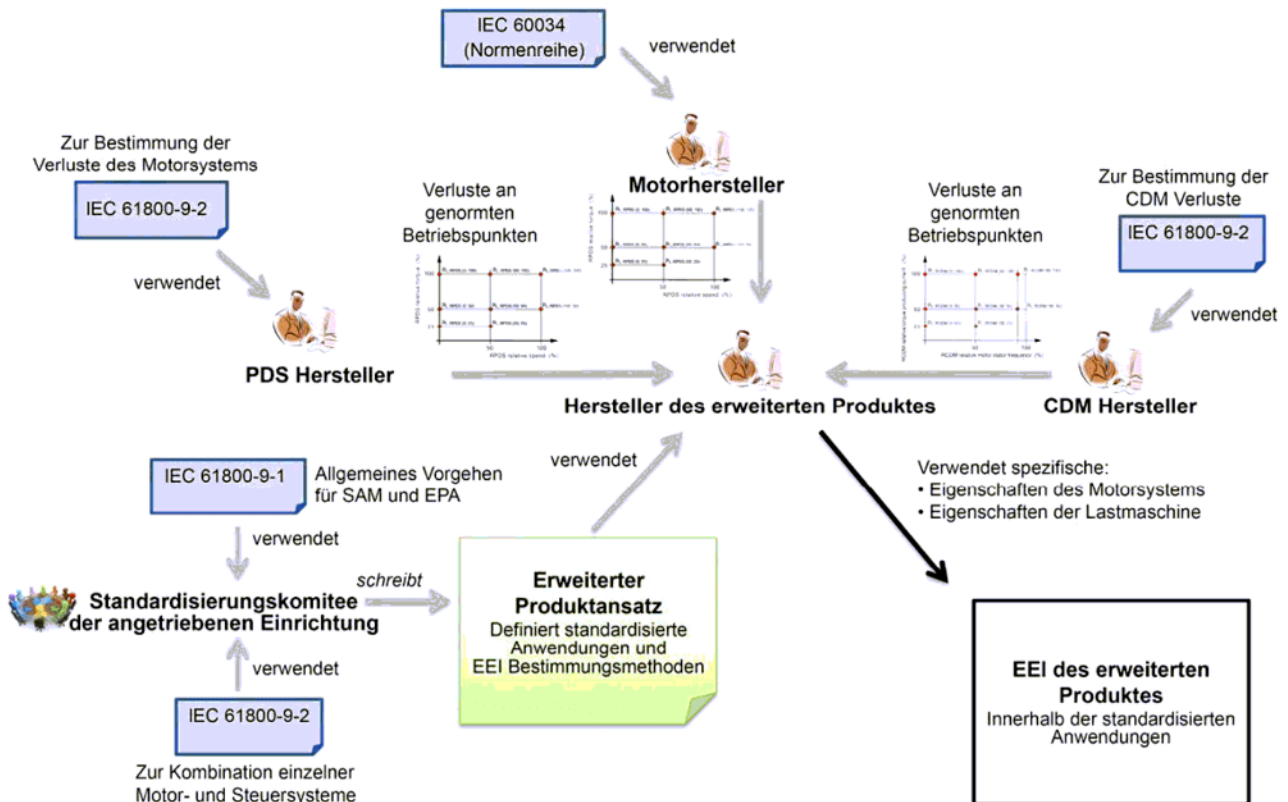


Bild 7 – Darstellung des Arbeitsablaufs für die Bestimmung des Energieeffizienzindex eines erweiterten Produktes

Das vorliegende Dokument legt fest, wie die Verlustleistung des Motorsystems zu bestimmen ist. Das Produktkomitee für erweiterte Produkte muss die Toleranzen festlegen, die für diesen Prozess angewendet werden müssen.

^{N1)} Nationale Fußnote: Hier müsste anstatt auf „Bild 2“ auf „Bild 4“ verwiesen werden.

^{N2)} Nationale Fußnote: Hier müsste anstatt auf „Bild 5“ auf „Bild 7“ verwiesen werden.



Hersteller von Motoren und CDMs können die Daten direkt dem Hersteller des Motorsystems zur Verfügung stellen.

Wenn das Motorsystem mit einem Starter ausgeführt ist, werden nur die Motorverluste als Eingangsdaten für den EPA benötigt.

Bild 8 – Darstellung, wie die unterschiedlichen Datenquellen zur Bestimmung des Energieeffizienzindex für ein erweitertes Produkt zusammenzuführen sind

4.4 IE-Klassen eines netzgespeisten Motors

IEC 60034-30-1 definiert IE-Klassen IE1 bis IE4 (oder bzw. IE5) für direkt am Netz betriebene Motoren. Der Bereich über IE5 wird gegenwärtig nicht genutzt.

4.5 IE-Klassen stromrichtergespeicherter Motoren

Nach IEC/TS 60034-2-3 erhöht der Oberschwingungsgehalt des CDM die Motorverluste um etwa 15 % bis 25 %.

Motoren, die nicht für die Versorgung direkt aus dem Netz (DOL, en: direct on line) ausgelegt sind, werden nach IEC/TS 60034-30-2 gemäß ihrer Verluste bei Bemessungsdrehzahl und Bemessungsdrehmoment (Bemessungsleistung) klassifiziert.

Die IE-Klasse für Motoren, die direkt am Netz (DOL) betrieben werden können, wird für Betrieb mit fester Drehzahl nach IEC 60034-30-1 definiert, oder nach IEC 60034-30-2 für Motoren, die am CDM betrieben werden können. Verluste in den festgelegten 7 Arbeitspunkten können nach Anhang D extrapoliert werden. Verluste in diesen Arbeitspunkten sollten vom Motorhersteller bereitgestellt werden, indem sie unter Verwendung von IEC 60034-2-3 per alternativer Verlustbestimmungsmethode (AEDM) bestimmt werden.

4.6 IE-Klassen von Frequenzumrichtern (vollständige Antriebsmodule, CDM)

Das Referenz-CDM muss mit der Effizienzklasse „IE1“ festgelegt werden.

Um die Effizienzklasse des CDM ohne Berücksichtigung des gesamten hierdurch entstehenden PDS festzulegen und um den technologischen Einfluss der wesentlichsten Parameter darzustellen, muss die sogenannte „Prüflast“ als eine definierte Einheit verwendet werden.

Der Arbeitspunkt für die Bestimmung der IE-Klasse ist nach [4.2](#) zu verwenden.

AIC nach IEC/TS 62578, welche CDMs mit der Fähigkeit zur Rückspeisung von Bremsenergie aus dem Trägheitsmoment der Last in das elektrische Versorgungssystem sind, dürfen von der IE-Klassifikation ausgeschlossen werden. Die bezogenen Verluste derartiger AICs betragen üblicherweise das Zweifache der Verluste eines CDM ohne Rückspeisungsfähigkeit. Deshalb kann der sehr große Effizienzbeitrag eines AIC nicht einfach durch Angabe seiner IE-Klasse dargestellt werden und kann eine Möglichkeit für das erweiterte Produkt mit eingebautem AIC sein.

CDMs, die einen THC des Eingangsstromes von maximal 10 % aufweisen (nach [IEC 61000-3-12](#)), z. B. CDMs mit Leistungsfaktorkorrektur (PFC), können von der IE-Klassifizierung ausgenommen werden. Die bezogenen Verluste derartiger AIC betragen üblicherweise das Zweifache der Verluste eines CDM mit Diodengleichrichter. Der Beitrag eines aktiven Gleichrichters zur Energieeffizienz kann jedoch in einer besseren Netzausnutzung und geringeren Systemverlusten und Störemissionen (Leistungstransformator, Verkabelung, Spannungsüberschwingungen, Flicker) gesehen werden.

4.7 IES-Klassen eines PDS

Die Klassifikation des PDS muss im Bereich von IES0 bis IES2 angegeben werden.

Für dieses Dokuments bleiben die IES-Klassen auf IES0, 1 und 2 beschränkt. Die Grenzwerte für die Klassen IES3 bis IES9 könnten in zukünftigen Ausgaben dieses Dokuments angegeben werden.

Die relativen Verluste eines PDS sind durch Berechnung oder Messung zu bestimmen. Die Berechnung muss durch Aufsummieren der relativen Verluste von stromrichter gespeistem Motor, Stromrichter und der Hilfsausrüstungen erfolgen.

Das Referenz-PDS (RPDS), siehe [Bild 4](#), muss der Klasse IES1 zugeordnet werden.

4.8 Folgerichtigkeit der IE- und IES-Klassen

Es ist wichtig, zu verstehen, dass IE-Klassen einzelner Komponenten wie stromrichter gespeister Motor, netz gespeister Motor oder CDM nicht addiert werden können, um die IES-Klasse eines PDS zu bestimmen.

Die IES-Klasse eines PDS kann nur durch das in [4.9](#) dieser Norm dargelegten Verfahren bestimmt werden, mit detaillierter Kenntnis der Verluste aller Komponenten.

Die einzelnen IE-Klassen sind zur Klassifizierung von Komponenten ohne Kenntnis das endgültige EP erforderlich.

Im Allgemeinen zeigen höhere IE-Klassen einen ansteigenden Wirkungsgrad oder abnehmende relative Verlustleistungen an.

	Netzgespeiste Motoren	Stromrichtergespeiste Motoren	Stromrichter (CDM)	Antriebssysteme (PDS)
	Wirkungsgrad	Wirkungsgrad	Verluste auf Bemessungsleistung bezogen	Verluste auf Bemessungsleistung bezogen
	IE0 – nicht verwendet	IE0 – i. B.	IE0 – mehr als 25 % höherer Referenzwert	IES0 – mehr als 20 % höherer Referenzwert
	IE1 – kann in den meisten Fällen technisch realisiert werden	IE1 – i. B.	IE1 – Referenzwert $\pm 25 \%$	IES1 – Referenzwert $\pm 20 \%$
	IE2 – kann durch Verbesserung erreicht werden	IE2 – i. B.	IE2 – mehr als 25 % höherer Referenzwert	IES2 – mehr als 20 % höherer Referenzwert
	IE3 – benötigt wesentlichen technischen Aufwand	IE3 – i. B.	IE3 – i. B.	IES3 – i. B.
	IE4 – wird neue Techniken erfordern	IE4 – i. B.	IE4 – i. B.	IES4 – i. B.
	IE5 – experimentelle neue Technologien	IE5 – i. B.	IE5 – i. B.	IES5 – i. B.
	IE6 – nicht verwendet	IE6 – i. B.	IE6 – i. B.	IES6 – i. B.
	IE7 – nicht verwendet	IE7 – i. B.	IE7 – i. B.	IES7 – i. B.
	IE8 – nicht verwendet	IE8 – i. B.	IE8 – i. B.	IES8 – i. B.
	IE9 – nicht verwendet	IE9 – i. B.	IE9 – i. B.	IES9 – i. B.

Legende

i. B. in Beratung

ANMERKUNG IE-Klassen für netzgespeiste Motoren werden in IEC 60034-30-1 festgelegt, IE-Klassen für umrichter-gespeiste Motoren in IEC/TS 60034-30-2.

Bild 9 – Metrischer Zusammenhang von IE- und IES-Klassen

4.9 Bestimmung der IES-Klasse eines PDS durch Anwendung von „Referenz-“ und „Prüf-“ Geräten und Leitfadern für die Hersteller

Methoden zur Bestimmung von Verlustleistungen und IE-Klassen für Motoren werden in der Normenreihe IEC 60034-30 (alle Teile) – siehe auch Bild 9 festgelegt. Hersteller dürfen auch eine IES-Klasse für ein PDS festlegen, welches mit ihrem Motor ausgerüstet ist. Dazu müssen sie die relativen Verluste ihres Motors bei Betrieb an einem RCDM bestimmen.

Ein CDM-Hersteller muss die Verluste seines bestimmten CDM und eine IE-Klasse nach Bild 9 angeben. Der Hersteller darf auch eine IES-Klasse für ein PDS festlegen, das mit seinem CDM ausgerüstet ist. In diesem Fall muss der Hersteller die bezogenen Verluste für sein CDM messen oder berechnen. Wenn ein realer Motor nicht verfügbar ist, müssen die Verluste des RM verwendet werden.

Der CDM-Hersteller kann in der Dokumentation Angaben machen, welche in Abschnitt 7 beschriebenen Bestimmungsverfahren verwendet wurden. Dies beinhaltet die erwarteten IES-Klassen für unterschiedliche Kombinationen eines CDM und ausgewählter spezifischer Motoren nach den Verfahren in diesem Dokument.

Jede oder alle verfügbaren Möglichkeiten der Regelung des CDM dürfen während der Bewertung des PDS verwendet werden, um die Verluste zu minimieren, und sie müssen im Bewertungsbericht aufgeführt werden.