

**DIN IEC 60034-2-3
(VDE 0530-2-3)**
DIN

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.

VDE

ICS 29.160.01

Einsprüche bis 2017-01-04

Ersatz für
E DIN IEC 60034-2-3
(VDE 0530-2-3):2009-11

Entwurf
**Drehende elektrische Maschinen –
Teil 2-3: Besondere Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des
Wirkungsgrades von umrichter gespeisten Wechselstrommotoren
(IEC 2/1841/CD:2016)**

Rotating electrical machines –
Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC motors
(IEC 2/1841/CD:2016)

Machines électriques tournantes –
Partie 2-3: Méthodes spécifiques pour la détermination des pertes et du rendement des
machines à courant alternatif alimentées par convertisseurs de tension
(IEC 2/1841/CD:2016)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-11-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 35 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	8
5 Grundlegende Anforderungen.....	9
5.1 Messeinrichtungen	9
5.1.1 Allgemeines	9
5.1.2 Leistungsmessgeräte und Messwertwandler	10
5.1.3 Mechanische Ausgangsgrößen des Motors.....	10
5.2 Umrichterkonfiguration	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Konfiguration des vergleichbaren Umrichters für Bemessungsspannungen von bis zu 1 kV.....	10
5.2.3 Prüfung mit dem Umrichter für die finale Anwendung.....	11
6 Prüfverfahren für die Wirkungsgradbestimmung von umrichtergespeisten Motoren	11
6.1 Messung der aufgenommenen und abgegebenen Leistung.....	11
6.1.1 Prüfaufbau	11
6.1.2 Prüfverfahren.....	11
6.1.3 Wirkungsgradbestimmung.....	11
6.2 Messung in sieben normierten Betriebspunkten	11
7 Interpolation von Wirkungsgrad und Verlusten für einen beliebigen Betriebspunkt	12
7.1 Analytische Bestimmung der bezogenen Verluste für einen beliebigen Betriebspunkt.....	12
7.2 Zusätzliche Verluste aufgrund des Spannungsfalls im Frequenzumrichter	14
7.3 Alternative Betriebspunkte zur Bestimmung der Interpolationskoeffizienten	14
7.4 Optionale Bestimmung des Interpolationsfehlers.....	15
8 Andere Verfahren zur Verlustbestimmung	15
8.1 Alternative Wirkungsgrad-Bestimmungsmethode (AEDM)	15
8.2 Berechnung	16
Anhang A (informativ) Verluste von Wechselstrommotoren.....	17
A.1 Ständer und Läufer I^2R -Verluste $P_{LSR} (P_{LS} + P_{LR})$	17
A.2 Eisenverluste (P_{Lfe})	17
A.3 Zusatzverluste (P_{LL})	18
A.4 Reibungs- und Ventilationsverluste (P_{Lfw}).....	18
A.5 Zusätzliche Oberschwingungsverluste (P_{LHL}).....	18

Literaturhinweise	20
-------------------------	----

Bilder

Bild 1 – Normierte Betriebspunkte.....	13
--	----

Tabellen

Tabelle 1 – Normative Betriebspunkte	13
--	----

Tabelle 2 – Nicht-normative alternative Betriebspunkte.....	14
---	----

Tabelle A.1 – Empfohlene Aufteilung der Ventilations- und Reibungsverluste für IC411 selbstbelüftete Motoren	18
---	----

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 2/1841/CD:2016 „Rotating electrical machines – Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC motors“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 2 „Rotating machinery“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 311 „Drehende elektrische Maschinen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Drehende elektrische Maschinen – Teil 2-3: Besondere Verfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades von umrichter gespeisten Wechselstrommotoren

Einleitung

Ziel dieser Norm ist es, Verfahren zur Bestimmung der Gesamtverluste einschließlich der zusätzlichen Oberschwingungsverluste und des Wirkungsgrades umrichter gespeister Motoren anzugeben. Zusätzliche Oberschwingungsverluste ergeben sich zusätzlich zu den Verlusten bei sinusförmiger Speisung, welche nach den in **IEC 60034-2-1** angegebenen Verfahren ermittelt werden. Die nach dieser Norm ermittelten Ergebnisse sollen den Vergleich der Verluste und Wirkungsgrade unterschiedlicher Motoren bei Umrichterspeisung ermöglichen.

Darüber hinaus werden in der Norm sieben normierte Betriebspunkte angegeben, welche den Verlauf von Verlusten und Wirkungsgraden über den gesamten Drehmoment-/Drehzahlbereich beschreiben. Ein Interpolationsverfahren wird angegeben, um die Verluste und den Wirkungsgrad in jedem beliebigen Betriebspunkt (Drehmoment, Drehzahl) berechnen zu können.

Bei Antriebssystemen (PDS) werden Motor und Frequenzumrichter häufig von unterschiedlichen Lieferanten gefertigt. Motoren gleichen Designs werden in hohen Stückzahlen hergestellt. Diese können am Netz oder an Frequenzumrichtern unterschiedlicher Art von vielen verschiedenen Herstellern betrieben werden. Die jeweiligen Umrichtereigenschaften (Schaltfrequenz, Niveau der Spannung im Gleichstromzwischenkreis usw.) beeinflussen ebenfalls den Systemwirkungsgrad. Da es praktisch nicht möglich ist die Motorverluste für jede denkbare Kombination von Motor, Frequenzumrichter, Verbindungskabel, Ausgangsfilter und Parametereinstellungen zu bestimmen, beschreibt diese Norm eine begrenzte Anzahl von Herangehensweisen, abhängig vom Spannungsniveau und der Bemessungsleistung der zu prüfenden Maschine.

Die nach dieser Norm bestimmten Verluste erheben nicht den Anspruch die Verluste der finalen Anwendung wiederzugeben. Sie bieten aber eine objektive Basis, um unterschiedliche Motorauslegungen in Hinblick auf ihre Eignung für Umrichterbetrieb zu vergleichen.

Im Allgemeinen sind die Motorverluste bei Umrichterspeisung höher als bei Betrieb mit Sinusspeisung. Die zusätzlichen Oberschwingungsverluste hängen vom harmonischen Spektrum der eingepprägten Klemmengröße (entweder Strom oder Spannung) des Umrichters ab. Ihre Höhe wird durch die Schaltung und Regelung des Umrichters beeinflusst. Für weitere Informationen siehe IEC/TS 60034-25.

Diese Norm beabsichtigt nicht Prüfverfahren für Antriebssysteme oder den Frequenzumrichter an sich zu definieren.

Der vergleichbare Umrichter

Die Erfahrung zeigt, dass die zusätzlichen Oberschwingungsverluste im Allgemeinen mit der Belastung steigen. Die Verfahren dieser Norm basieren auf der Speisung aus Umrichtern mit Pulsweitenmodulation (PWM) und konstanten Pulsmustern.

Für derartige Umrichter und in Hinblick auf den steigenden Bedarf an Konformitätsüberprüfungen bezüglich nationaler Energieeffizienzrichtlinien definiert diese Norm einen sogenannten vergleichbaren Umrichter für die Prüfung von Niederspannungsmotoren.

Im Prinzip ist der vergleichbare Umrichter eine Spannungsquelle mit typischem Oberschwingungsgehalt zur Speisung der zu prüfenden Maschine. Er ist nicht für Mittelspannungsmotoren anwendbar.

Einschränkungen

Es ist sich bewusst zu machen, dass die hier beschriebenen Prüfverfahren standardisiert sind, in der Absicht vergleichbare Wirkungsgradwerte unter normierten Prüfbedingungen zu liefern. Damit kann eine Motoreinstufung hinsichtlich der Eignung für Umrichterbetrieb ermittelt werden, es ist aber nicht möglich, die tatsächlichen Motorverluste bei Betrieb mit einem bestimmten Umrichter zu ermitteln. Dieses erfordert die Prüfung des vollständigen Antriebssystems (PDS).

Mit Abweichungen muss auch für Motoren gerechnet werden, deren Speisung aus Multi-Level-Spannungszwischenkreisumrichtern oder Stromzwischenkreisumrichtern erfolgt, da hier die zusätzlichen Oberschwingungsverluste sehr viel stärker von der Last und der Drehzahl abhängen als beim Zweipunkt-Spannungszwischenkreisumrichter. Hier sollte die Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades bevorzugt mit Verfahren erfolgen, bei denen der Motor zusammen mit dem Umrichter betrieben wird, mit dem er auch später zum Einsatz kommt.

Eine weitere Möglichkeit ist die Bestimmung der zusätzlichen Oberschwingungsverluste des Motors durch Berechnungsverfahren. Wenn dies vom Kunden gefordert wird, muss der Umrichterhersteller dem Motorhersteller die Pulsmuster zur Verfügung stellen.

Die zur Verfügung gestellte Interpolationsmethode für die Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades in einem beliebigen Betriebspunkt (Drehmoment, Drehzahl) ist auf den Grunddrehzahlstellbereich (Bereich konstanten Drehmoments und konstanten magnetischen Flusses) eingeschränkt. Die Methode basiert auf der Prüfung in sieben Betriebspunkten mit einem beliebigen Umrichter und ist nicht auf die Prüfung mit dem vergleichbaren Umrichter beschränkt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm definiert Prüfverfahren und eine Interpolationsmethode zur Bestimmung der Verluste und der Wirkungsgrade von umrichter gespeisten Wechselstrommotoren im Anwendungsbereich von IEC 60034-1. Der Wechselstrommotor ist dann Teil eines frequenzvariablen Antriebssystems (PDS) nach IEC 61800-2, IEC 61800-4 oder IEC/TS 61800-8.

Die nach dieser Norm bei Bemessungsmoment und bei Bemessungsdrehzahl ermittelten zusätzlichen Oberschwingungsverluste sind nur für den Vergleich unterschiedlicher Motorausführungen geeignet.

Die Norm spezifiziert auch Verfahren um die Motorverluste in jedem beliebigen Lastpunkt (Drehmoment, Drehzahl) innerhalb des Grunddrehzahlstellbereichs (Bereich konstanten Drehmoments und konstanten magnetischen Flusses) auf Basis von Verlustmessungen in sieben normierten Lastpunkten zu bestimmen. Dieses Verfahren ist für jeden drehzahlvariablen Wechselstrommotor (asynchron und synchron) anwendbar, welcher nach IEC 60034-1 für die Speisung mit variabler Frequenz und variabler Spannung bemessen wurde.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 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 60034-2-2, *Rotating electrical machines – Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from test – Supplement to IEC 60034-2-1*

IEC 61000-2-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60034-1, IEC 60034-2-1:2014 und die folgenden Begriffe.

3.1

Motorverluste bei Umrichterspeisung

bei Betrieb am Umrichter setzen sich die Motorverluste aus der Kombination der durch die Grundfrequenz (üblicherweise 50 Hz oder 60 Hz) hervorgerufenen Verluste und den Verlusten zusammen, welche durch die umrichterbedingten Oberschwingungen erzeugt werden

3.2

Grundschrwingungsverluste

Grundschrwingungsverluste des Motors lassen sich in fünf verschiedene Komponenten aufteilen: Eisenverluste (variieren mit der Motorfrequenz und der angelegten Spannungssrundschrwingung), Reibungs- und Ventilationsverluste (variieren mit der Motordrehzahl), Läuferwicklungsverluste, Ständerwicklungsverluste und lastabhängige Zusatzverluste (alle drei variieren mit dem Motorstrom). Grundschrwingungsverluste sind jene Verluste, welche im Motor auftreten, wenn er mit Bemessungsspannung von Grundfrequenz (üblicherweise 50 Hz oder 60 Hz) ohne jegliche Oberschwingungen betrieben wird.

3.3

zusätzliche Oberschwingungsverluste

zusätzliche Oberschwingungsverluste entstehen im Motor durch die nichtsinusförmigen Spannungs- und Stromverläufe, welche durch den Umrichter hervorgerufen werden. Diese erhöhen die Grundschwingungsverluste im Eisen, in der Läuferwicklung, in der Ständerwicklung und die lastabhängigen Zusatzverluste.

3.4

Grunddrehzahlstellbereich

der Drehzahlbereich von Stillstand bis zu einer Maximaldrehzahl, in dem der Motor mit einer Spannung gespeist werden kann, welche sich proportional zur Drehzahl ändert, so dass der magnetische Fluss konstant bleibt (konstantes U/f). Im Grunddrehzahlstellbereich ist das maximale Motordrehmoment konstant (Konstant-Drehmomentbereich).

3.5

Schaltfrequenz

die Schaltfrequenz ist Anzahl der Schaltvorgänge eines Halbleiters innerhalb einer Sekunde. Sie bestimmt zusammen mit dem gewählten Pulsmuster und der Umrichtertopologie die geringste Frequenz der nicht kontrollierbaren Harmonischen oder Interharmonischen am IPC (en: in-plant point of coupling) oder am Motor.

ANMERKUNG Das An- und Abschalten des Halbleiters sind separate Schaltvorgänge. Somit ist die Schaltfrequenz eines Zweipunktumrichters das Doppelte der Pulsfrequenz (auch als Trägerfrequenz bezeichnet) der Leiter-Leiter-Spannung, bei einem Modulationsverfahren, welches kontinuierliches Schalten nutzt. Bei einem Modulationsverfahren, welches diskontinuierlichem Schalten nutzt, beträgt sie etwa das 1,33-fache der Pulsfrequenz der Leiter-Leiter-Spannung.

4 Formelzeichen und Abkürzungen

Für die Zwecke dieses Schriftstücks gelten die in IEC 60034-2-1 und IEC TS 61800-8 angegebenen Formelzeichen, sowie die folgenden:

PWM	Pulsweitenmodulation,
f	Frequenz, Hz,
f_{Mot}	Grundfrequenz des Motors, Hz,
f_{N}	Bemessungsfrequenz des Motors, Hz,
f_{sw}	Schaltfrequenz, Hz,
f_{r}	Maximale Frequenz der Messeinrichtungen, Hz,
i_{d}	Strom in der Längsachse (Hauptfluss)
i_{q}	Strom in der Querachse
n	Drehzahl, s^{-1}
p	Polpaarzahl,
P_{C}	Konstante Verluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{CC}	Konstante Verluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei Speisung mit dem vergleichbaren Umrichter, W,
P_{fe}	Eisenverluste bei Bemessungsfrequenz, W,
P_{fw}	Reibungs- und Ventilationsverluste bei Bemessungsdrehzahl, W,
P_{fw0}	Reibungs- und Ventilationsverluste bei synchroner Drehzahl, W,
P_{HL}	Gesamte harmonische Zusatzverluste des Motors, W,
$P_{\text{HL Load}}$	Lastabhängiger Anteil der harmonischen Zusatzverluste des Motors, W,
$P_{\text{HL No-Load}}$	Konstanter Anteil der harmonischen Zusatzverluste des Motors, W,

P_{LL}	Lastabhängige Zusatzverluste unter Last nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{LLC}	Lastabhängige Zusatzverluste unter Last nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei Umrichterspeisung, W,
P_{Lr}	Restverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{LrC}	Restverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei Umrichterspeisung, W,
P_r	Läuferwicklungsverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
P_s	Ständerwicklungsverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{Tsin}	Gesamtverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei sinusförmiger Speisung, W,
$P_{T converter}$	Gesamtverluste nach IEC 60034-2-1:2014, Verfahren 2-1-1B bei Speisung mit dem vergleichbaren Umrichter, W,
P_1	Aufgenommene Leistung bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{1C}	Aufgenommene Leistung bei Umrichterspeisung, W,
P_{1E}	aus einer separaten Quelle eingespeiste Erregerleistung, W,
P_2	Abgegebene Leistung bei sinusförmiger Speisung, W,
P_{2C}	Abgegebene Leistung bei Umrichterspeisung, W,
s	Schlupf,
T	Drehmoment der Maschine bei sinusförmiger Speisung, Nm,
T_C	Drehmoment der Maschine bei Umrichterspeisung, Nm,
U_{Mot}	Grundschiwingung der Motorspannung, V,
U_N	Bemessungsspannung des Motors, V.

5 Grundlegende Anforderungen

5.1 Messeinrichtungen

5.1.1 Allgemeines

Sofern nicht anders in dieser Norm angegeben, sind die drei arithmetischen Mittelwerte der Strangströme und Spannungen zu verwenden.

Bei der Lastprüfung von elektrischen Maschinen können kleine Schwankungen in der Ausgangsleistung und anderen Messgrößen unvermeidlich sein. Um diesen Rechnung zu tragen, sind für jeden Lastpunkt mehrere Messungen automatisiert über eine mehrere Schwankungsintervalle umfassende Zeitspanne, aber nicht mehr als 15 s, mit einem geeigneten digitalen Messinstrument aufzuzeichnen. Die jeweiligen Mittelwerte der Messgrößen sind der Wirkungsgradbestimmung zu Grunde zu legen.

Zur Berücksichtigung der Oberschwingungen, die bei der Umrichterspeisung von Wechselstrommotoren auftreten, und ihres Beitrags zu den Motorverlusten müssen die Messeinrichtungen entsprechend des Bereiches der auftretenden relevanten Frequenzen mit ausreichender Genauigkeit gewählt werden.

Für Temperaturmessungen kann optional ein im Heißpunkt installierter Temperatursensor, wie in IEC 60034-2-1:2014 beschrieben, genutzt werden.

5.1.2 Leistungsmessgeräte und Messwertwandler

Die Instrumentierung für die Messung der Leistung und des Strom am Eingang des Motors muss grundsätzlich den Vorgaben nach IEC 60034-2-1:2014 genügen, aufgrund der höheren Frequenzkomponenten müssen aber zusätzlich auch die folgenden Anforderungen erfüllt werden.

Die nominale Genauigkeit der Leistungsmessgeräte muss 0,3% oder besser betragen, bezogen auf die Scheinleistung im Bemessungspunkt des zu prüfenden Motors. Dies gilt für die Gesamtunsicherheit von Leistungsmessgerät einschließlich möglicher Wandler.

Die Bandbreite muss von 0 Hz bis mindestens dem 10-fachen von f_{sw} oder bis 50 kHz am PWM-Umrichter-ausgang reichen. Der Messbereich muss entsprechend den zu messenden Strömen und Spannungen gewählt werden.

Bevorzugtes Verfahren ist es, Strom und Spannung direkt mit dem Leistungsmessgerät zu erfassen. Wenn externe Stromwandler benötigt werden, dürfen keine konventionellen Stromwandler benutzt werden. Stattdessen sind breitbandige Messshunts oder Nullflusswandler einzusetzen.

Die Schaltungszweige für die Spannungsmessung sind auf gleichgerichtete Mittelwerte und nicht auf Effektivwerte einzustellen.

Interne Filter des digitalen Leistungsmessgeräts sind abzuschalten.

Für Leistungsmessungen wird das Verfahren mit drei Wattmetern bevorzugt. Alle Leitungen, welche Messsignale übertragen, müssen abgeschirmt sein. Es ist darauf zu achten, dass der Kabelschirm nicht durch die Stromwandler geführt wird.

5.1.3 Mechanische Ausgangsgrößen des Motors

Die Instrumentierung zur Messung der Motorausgangsgrößen Drehmoment und Drehzahl müssen den Anforderungen nach IEC 60034-2-1:2014 genügen.

5.2 Umrichterkonfiguration

5.2.1 Allgemeines

Bei allen Verfahren, welche den vergleichbaren Umrichter nutzen, ist dieser nach den Vorgaben dieser Norm zu parametrieren. Falls aber eine spezifische Kombination von Motor und Umrichter getestet werden soll, so ist der Umrichter für die jeweilige spezifische Anwendung zu parametrieren. Die gewählten Parametereinstellungen sind im Prüfprotokoll festzuhalten.

5.2.2 Konfiguration des vergleichbaren Umrichters für Bemessungsspannungen von bis zu 1 kV

Der vergleichbare Umrichter ist als Spannungsquelle zu verstehen, die lastunabhängig ist.

Es ist festzuhalten, dass die Betriebsweise des sogenannten vergleichbaren Umrichters nicht für einen kommerziellen Betrieb beabsichtigt oder erforderlich ist. Es ist lediglich eine typische Konfiguration. Die Absicht der Konfiguration des vergleichbaren Umrichters liegt darin, vergleichbare Prüfbedingungen für Motoren zu schaffen, welche für den Betrieb mit kommerziell verfügbaren Umrichtern entworfen wurden.

Die definierten Referenzbedingungen sind die folgenden:

- Zwei-Punkt-Spannungszwischenkreisumrichter.
- Es sind keine zusätzlichen, die Ausgangsspannung oder den Ausgangsstrom beeinflussenden Komponenten zwischen dem vergleichbaren Umrichter und dem Motor installiert, mit Ausnahme jener, welche für die Messinstrumente erforderlich sind.
- Betrieb mit verschiedenen Drehzahlen (90 %, 50 %, 25 %) und Belastungen (100 %, 50 %, 25 %) bei:
 - Asynchronmaschinen: Konstanter Bemessungsfluss (U/f)

- Synchronmaschinen: Stromkomponenten i_d und i_q werden durch den Frequenzumrichter nach der MTPA-Strategie (en: MTPA = Maximum Torque Per Amp) eingeprägt

Schaltfrequenzen im Bereich von 2 kHz bis 4 kHz für Motorgrundfrequenzen bis 200 Hz und 4 kHz bis 8 kHz für höhere Grundfrequenzen. Ein abgeschirmtes Kabel muss den vergleichbaren Umrichter mit dem Motor verbinden. Die Kabellänge muss weniger als 100 m betragen. Die Kabelstärke muss entsprechend der Motorbemessungsleistung gewählt werden.

5.2.3 Prüfung mit dem Umrichter für die finale Anwendung

Bei Umrichtern mit Bemessungsspannungen von mehr als 1 kV kann kein allgemeingültiger vergleichbarer Umrichter und keine allgemeingültige Kabellänge spezifiziert werden. Derartige Motoren, Kabel und Umrichter können nur als vollständiges Antriebssystem geprüft werden, denn die Pulsmuster der Frequenzumrichter variieren herstellerabhängig sehr stark und sie ändern sich signifikant zwischen Leerlauf und Bemessungslast.

6 Prüfverfahren für die Wirkungsgradbestimmung von umrichtergespeisten Motoren

6.1 Messung der aufgenommenen und abgegebenen Leistung

6.1.1 Prüfaufbau

Dies ist eine Prüfung, bei der die mechanische Leistung P_{2C} einer Maschine durch die Messung von Wellendrehmoment und -drehzahl ermittelt wird. Die elektrische Leistung des Ständers P_{1C} wird zur gleichen Zeit gemessen.

6.1.2 Prüfverfahren

Die Prüfungen sind mit dem spezifischen Umrichter für die finale Anwendung und an einem in allen wesentlichen Komponenten montierten Motor durchzuführen, um Prüfbedingungen zu erhalten, die gleich oder sehr ähnlich zu den normalen Betriebsbedingungen sind.

Der zu prüfende Motor ist mit einer Belastungsmaschine über ein Dynamometer zu kuppeln. Die zu prüfende Maschine ist mit Bemessungsmoment bis zur thermischen Beharrung (Änderung 1 K oder weniger je halbe Stunde) zu betreiben.

Am Ende der Prüfung sind aufzuzeichnen:

T Abgegebenes Drehmoment

n Drehzahl

P_{1C} Aufgenommene Leistung bei Speisung mit dem spezifischen Umrichter

6.1.3 Wirkungsgradbestimmung

Berechnung der abgegebenen Leistung: $P_{2C} = 2\pi \times T \times n$

Berechnung des Wirkungsgrads: $\eta = \frac{P_{2C}}{P_{1C}}$

6.2 Messung in sieben normierten Betriebspunkten

Die Belastung der Maschine ist in sieben normierten Betriebspunkten nach der Reihenfolge nach [Tabelle 1](#) vorzugeben.