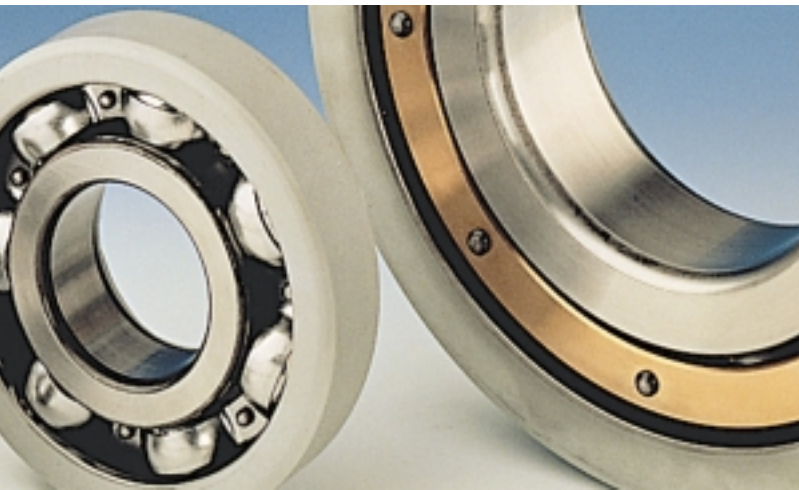


**Lagerströme in modernen
AC-Antriebssystemen**



1 Einleitung	5
Allgemeines	5
Vermeiden von Lagerströmen	5
2 Entstehung von Lagerströmen	6
Hochfrequente Stromimpulse	6
Höhere Schaltfrequenz	6
Wie entstehen hochfrequente Lagerströme?	7
Kreisstrom	7
Wellenerdstrom	7
Kapazitiver Entladestrom	7
Gleichtaktkreis	8
Streukapazitäten	9
Wie fließt der Strom durch das Netz?	10
Spannungsabfälle	10
Gleichtakttransformator	11
Kapazitiver Spannungsteiler	13
3 Verhinderung von Schäden durch hochfrequenten Lagerstrom	15
Drei Maßnahmen	15
Mehradrige Motorkabel	15
Kurzer Impedanzweg	16
Hochfrequente Verbindungen	17
Die produktspezifischen Anweisungen befolgen	17
Weitere Lösungen	17
Messung der hochfrequenten Lagerströme	18
Überlassen Sie die Messungen Fachleuten	19
4 Literaturhinweise	20
5 Index	21

Allgemeines

Manchmal fallen bei neuen Antriebssystemen die Lager schon wenige Monate nach der Inbetriebnahme aus. Der Ausfall kann durch hochfrequente Ströme, die durch die Motorlager fließen, bedingt sein.

Obwohl schon bei den ersten Elektromotoren Lagerströme auftraten, haben in den letzten Jahren die hierdurch verursachten Schäden zugenommen. Der Grund sind die in den modernen drehzahlgeregelten Antrieben mit ihrem schnellen Spannungsimpulsen und hohen Schaltfrequenzen auftretenden Stromimpulse in den Lagern, deren wiederholte Entladung zu einer langsamen Erosion der Laufringe der Lager führt.

Vermeiden von Lagerströmen

Um das Auftreten von Lagerströmen zu vermeiden, müssen korrekte Erdungswege geschaffen werden und Streuströme müssen, ohne die Lager zu passieren, in das Wechselrichtergeräthaus zurückkehren können. Die Höhe dieser Ströme kann durch die Verwendung symmetrischer Motorkabel oder durch eine Filterung am Wechselrichterausgang reduziert werden. Eine fachgerechte Isolation der Motorlager unterbricht die Pfade der Lagerströme.

Kapitel 2 - Entstehung von Lagerströmen

Hochfrequente Stromimpulse

Lagerströme treten in unterschiedlichen Erscheinungsformen auf. Durch modernes Motordesign und moderne Fertigungstechniken konnten niederfrequente Lagerströme, die aufgrund der Asymmetrie des Motors entstehen, fast gänzlich beseitigt werden. Die hohe Schaltfrequenz moderner AC-Antriebe kann zur Entstehung hochfrequenter Stromimpulse in den Lagern führen. Wenn die Energie dieser Impulse hoch genug ist, treten Metallpartikel aus den Kugeln und dem Laufring in das Schmiermittel über. Dieses Phänomen ist als Funkenerosion bekannt. Die Wirkung eines einzelnen Impulses ist unbedeutend, ein kleines durch Funkenerosion verursachtes Loch jedoch ist eine Schadstelle, an der sich weitere Impulse ansammeln, so dass ein für die Funkenerosion typischer Krater entsteht. Die Schaltfrequenz heutiger AC-Antriebe ist sehr hoch und die sehr große Zahl von Impulsen führt zu einem schnellen Fortschreiten der Erosion. Somit kann es notwendig sein, das Lager schon nach kurzer Betriebsdauer austauschen zu müssen.

Bei ABB werden die hochfrequenten Lagerströme seit 1987 erforscht. Die Bedeutung der richtigen Anlagenplanung wurde in den letzten Jahren immer deutlicher. Jede Komponente, wie z.B. der Motor, das Getriebe oder der Antriebsregler, ist das Produkt hochentwickelter Fertigungstechniken und besitzt normalerweise eine gute mittlere fehlerfreie Betriebszeit (MTBF). Nach der Montage dieser Komponenten und beim Betrachten der Anlage als Ganzes, wird deutlich, dass bestimmte Montageverfahren notwendig sind.

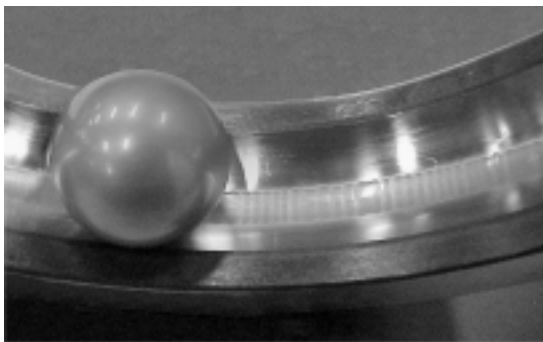


Bild1: Lagerströme können zu einer "Rillenbildung" im Lager führen. Dies ist ein gleichmäßiges Muster in den Laufringen des Lagers.

Höhere Schalt- frequenz

Durch die Verwendung von IGBT's in der heutigen AC-Antriebstechnologie werden 20-mal schnellere Schaltfolgen erzeugt als vor 10 Jahren noch üblich waren. In den letzten Jahre haben die durch Funkenerosion kurze Zeit nach der Inbetriebnahme (ein bis sechs Monate) verursachten

Lagerschäden bei AC-Antrieben zugenommen. Das Ausmaß, in dem diese Schäden auftreten, hängt vom Aufbau des AC-Antriebssystems und der verwendeten Montagetechnik ab.

Wie entstehen hochfrequente Lagerströme?

Die Quelle für die Entstehung von Lagerströmen ist die über das Lager induzierte Spannung. Bei hochfrequenten Lagerströmen kann diese Spannung auf drei Arten erzeugt werden. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind die Größe des Motors und die Art der Erdung des Motorgehäuses und der Welle. Die Isolation, ein geeigneter Kabeltyp und die fachgerechte Verbindung von Schutzleiter und Schirm, spielen eine entscheidende Rolle. Die Höhe der Lagerströme wird von du/dt der Leistungsstufe des AC-Antriebs und der Höhe der Zwischenkreis-Gleichspannung beeinflusst.

Kreisstrom

Bei großen Motoren wird zwischen den Enden der Motorwelle durch den hochfrequenten Fluß, der um den Stator zirkuliert, eine hochfrequente Spannung induziert. Dieser Fluss entsteht durch eine Netzasymmetrie des kapazitiven Stroms, der aus der Wicklung über Umfang des Stators in das Statorgehäuse gelangt. Die Spannung zwischen den Wellenenden wirkt sich auf die Lager aus. Wenn sie hoch genug ist, um die Impedanz des Schmierfilms im Lager zu überwinden, beginnt ein Strom, der versucht, den Netzfluss im Stator zu kompensieren, in dem Kreis zu fließen, der aus der Welle, den Lagern und dem Statorgehäuse gebildet wird. Bei diesem Strom handelt es sich um einen hochfrequenten, zirkulierenden Lagerstrom.

Wellenerdstrom

Der in das Statorgehäuse abgeleitete Strom muss in den Wechselrichter zurückfließen, der die Quelle dieses Stroms bildet. In jedem Weg zurück gibt es eine Impedanz und deshalb steigt die Spannung im Motorgehäuse im Vergleich zur Quellenerde an. Wenn die Motorwelle über eine Arbeitsmaschine geerdet ist, wird die Erhöhung der Spannung des Motorgehäuses über die Lager sichtbar. Wenn die Spannung hoch genug ansteigt, um die Impedanz des Ölfilms im antriebsseitigen Lager zu überwinden, kann ein Teil des Stroms über das antriebsseitige Lager, die Welle und die Arbeitsmaschine in den Wechselrichter zurückfließen. Bei diesem Strom handelt es sich um einen hochfrequenten Wellenerdstrom.

Kapazitiver Entladestrom

Bei kleinen Motoren kann die interne Aufteilung der Gleichtaktspannung über die interne Streukapazität des Motors dazu führen, dass die Wellenspannungen hoch genug sind, um hochfrequente Lagerstromimpulse zu erzeugen. Dies kann dann der Fall sein, wenn die Welle nicht über die Arbeitsmaschine geerdet ist, während das Motorgehäuse standardmäßig zum Schutz geerdet ist.

Gleichtaktkreis

Hochfrequente Lagerströme sind eine Folge des Stromflusses im Gleichtaktkreis des AC-Antriebssystems.

Eine typische dreiphasige, sinusförmige Einspeisung wird abgeglichen und ist unter normalen Betriebsbedingungen symmetrisch. Das heißt, die Vektorsumme der drei Phasen ist immer Null. Somit ist es normal, dass der Mittelpunkt bei Null Volt liegt. Dies ist jedoch bei einer dreiphasigen Einspeisung mit PWM nicht der Fall, bei der eine Gleichspannung in drei Phasenspannungen umgewandelt wird. Obwohl die Grundfrequenzanteile der Ausgangsspannungen symmetrisch und abgeglichen sind, ist es nicht möglich, die Summe der drei Ausgangsspannungen sofort auf Null zu bringen und zwei mögliche Ausgangspegel zur Verfügung zu haben. Diese Spannung kann als Gleichtaktspannungsquelle definiert werden. Sie ist am Nullpunkt jedes Verbrauchers z.B. am Sternpunkt der Motorwicklung messbar.

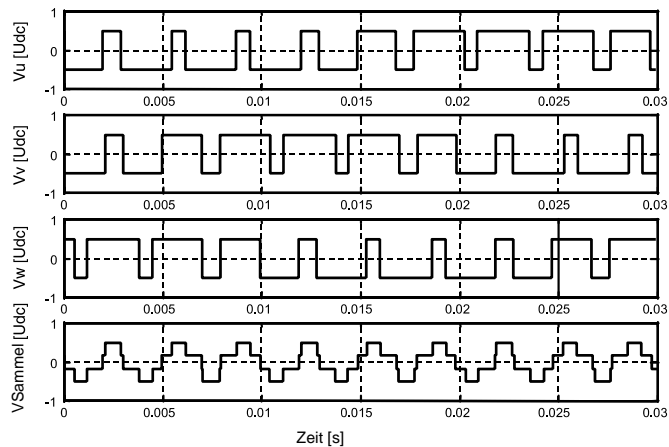


Bild 2: Dieses Diagramm stellt die Phasenspannungen einer typischen dreiphasigen Einspeisung mit PWM und den Durchschnitt der drei Spannungen oder die Sternpunktspannung dar bei einem modernen Antriebssystem. Die Nullpunktspannung ist keinesfalls Null und ihr Vorhandensein kann als Gleichtaktspannungsquelle definiert werden. Die Spannung ist proportional zur DC-Sammelschienenspannung und hat eine Frequenz, die der Schaltfrequenz des Wechselrichters entspricht.

Immer wenn einer der drei Wechselrichterausgänge von einem Potential auf ein anderes umgeschaltet wird, wird ein Strom, der zu dieser Spannung proportional ist, dazu gezwungen, über die Erdkapazitäten aller Komponenten dieses Ausgangskreises gegen Erde zu fließen. Der Strom fließt über den Erdleiter und die Streukapazitäten des Wechselrichters, die außerhalb des Dreiphasensystems sind, zur Quelle zurück. Dieser Strom, der durch dieses System fließt, heißt Gleichtaktstrom.

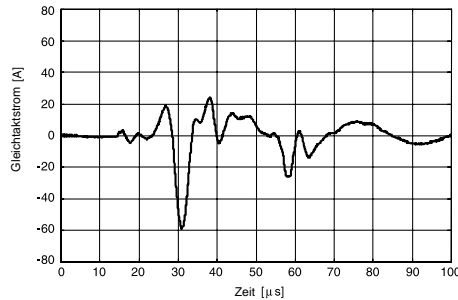


Bild 3: Ein Beispiel für einen Gleichtaktstrom am Wechselrichter Ausgang. Der Impuls ist eine Überlagerung mehrerer Frequenzen aufgrund der unterschiedlichen Natur der Frequenzen der parallelen Pfade des Gleichtaktstroms.

Streukapazitäten

Eine Kapazität wird immer dann gebildet, wenn zwei leitende Komponenten isoliert werden. Der Phasenleiter des Kabels beispielsweise hat eine Kapazität gegenüber dem Erdleiter, der durch eine PVC-Isolation getrennt ist, und die Motorwicklung ist vom Gehäuse durch einen Lacküberzug und Schlitzisolation isoliert und hat somit eine Kapazität zum Motorgehäuse. Die Kapazitäten innerhalb des Kabels und besonders innerhalb des Motors sind sehr klein. Eine kleine Kapazität bedeutet eine hohe Impedanz bei niedrigen Frequenzen und somit eine Blockierung der niederfrequenten Streuströme. Die von modernen Einspeisungen erzeugten schnellen Impulse enthalten so hohe Frequenzen, dass selbst kleine Kapazitäten innerhalb des Motors einen niederohmigen Pfad für den Strom schaffen.

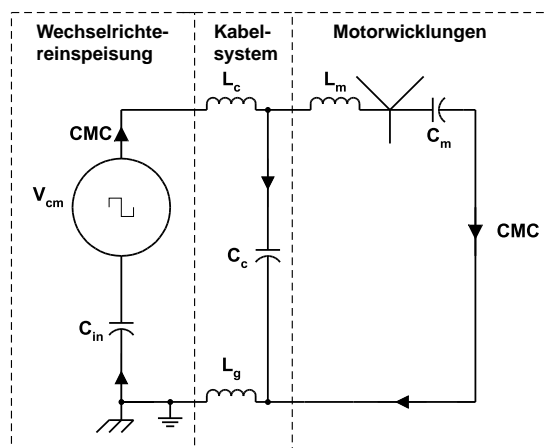


Bild 4: Vereinfachte Darstellung des Gleichtaktstroms eines PWM-Wechselrichters und eines Induktionsmotors. Die Einspeisung des Wechselrichters agiert als Quelle für die Gleichtaktspannung (V_{cm}). Der Gleichtaktstrom (CMC) fließt durch das Gleichtaktkabel und die Induktanzen des Motors, L_c , L_m und durch die Streukapazitäten zwischen den

Motorwicklungen und dem Motorgehäuse, die zu C_m zusammengefasst sind, hindurch. Vom Motorgehäuse fließt der Strom weiter durch den Gebäudeerdungskreis, dessen Induktanz L_g ist. L_g ist auch der eingespeiste Gleichtaktstrom aus der Streukabelkapazität C_c . Das Wechselrichtergehäuse wird an die Gebäudeerde angeschlossen und verbindet den Gleichtaktstrom/ die Erdströme über die Streukapazitäten des Gehäuses, die zu C_m zusammengefasst werden, wieder mit der Quelle der Gleichtaktspannung.

Wie fließt der Strom durch das Netz?

Der Rückweg des Kriechstroms vom Motorgehäuse zum Wechselrichtergehäuse besteht aus dem Motorgehäuse, dem Kabelschirm oder den Schutzleitern und eventuell aus der Stahl- oder Aluminiumkonstruktion des Gebäudes. Alle diese Elemente enthalten eine Induktanz. Der Fluss des Gleichtaktstroms durch eine solche Induktanz verursacht einen Spannungsabfall, der das Potential des Motorgehäuses über das Erdpotential am Wechselrichtergehäuse hebt. Dieses Spannung des Motorgehäuses ist ein Teil der Gleichtaktspannung des Wechselrichters. Der Gleichtaktstrom sucht den Weg mit der geringsten Impedanz. Wenn auf den Pfaden eine hohe Impedanz vorliegt, wie z.B. der Erdanschluss am Motorgehäuse, bewirkt die Spannung des Motorgehäuses, dass ein Teil des Gleichtaktstroms auf einen nicht erwünschten Pfad, durch das Gebäude, abgeleitet wird. In der Praxis gibt es in Anlagen mehrere Parallelwege. Die meisten haben eine geringe Wirkung auf den Gleichtaktstrom oder die Lagerströme, sie können jedoch im Zusammenhang mit den EMV-Anforderungen bedeutsam sein.

Spannungsabfälle

Wenn die Induktanz hoch genug ist, kann der Blindwiderstand im oberen Bereich der typischen Gleichtaktstromfrequenzen, 50 kHz bis 1 MHz, Spannungsabfälle von über 100 V zwischen dem Motorgehäuse und dem Wechselrichtergehäuse begünstigen. Wenn in einem solchen Fall die Motorwelle durch eine metallische Kupplung mit einem Getriebe oder einer anderen Arbeitsmaschine verbunden ist, die fest geerdet ist und etwa das gleiche Erdpotential wie das Wechselrichtergehäuse hat, kann ein Teil des Wechselrichter-Gleichtaktstroms über die Motorlager, die Welle und die Arbeitsmaschine zurück zum Wechselrichter fließen.

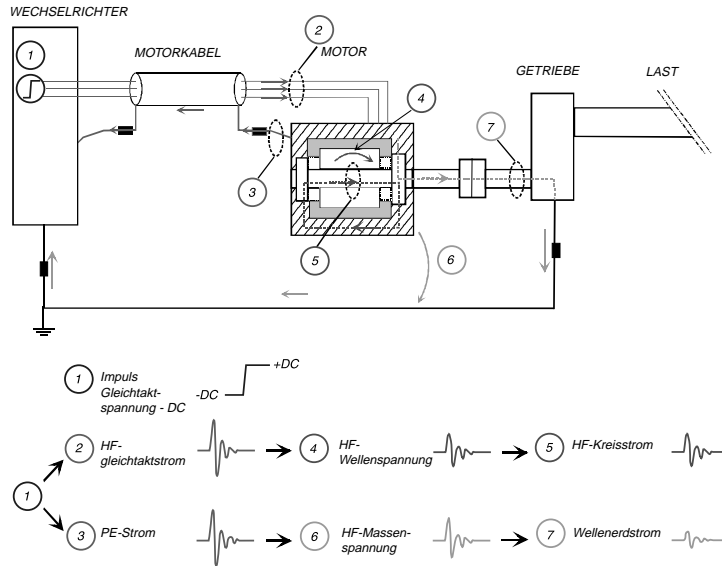


Bild 5: Diese schematische Darstellung zeigt den Kreisstrom und den Wellenerdstrom. Letzterer resultiert aus der hohen Spannung des Motorgehäuses bei verbesserter Erdung der Maschine.

Wenn die Welle der Maschine keinen direkten Kontakt zur Erde hat, kann Strom über die Lager des Getriebes oder der Maschine fließen. Diese Lager können noch vor den Motorlagern beschädigt werden.

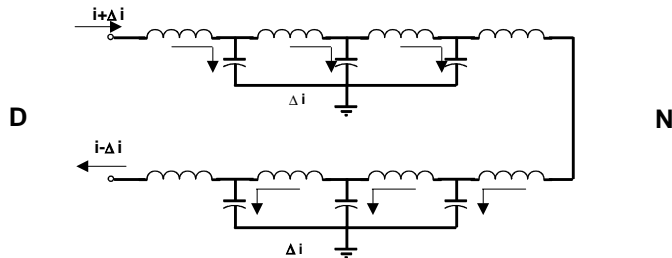


Bild 6: Quelle des hochfrequenten Lagerstroms. Der Ableitstrom über die Statorkapazitäten führt zu einem Summenstrom ungleich Null um den Stator. Dies führt zu einem Magnetsierungseffekt und zu einem Fluss um die Motorwelle.

Gleichtakt-transformator

Der größte Teil der Streukapazität des Motors wird entsteht zwischen den Statorwicklungen und dem Motorgehäuse. Diese Kapazität verteilt sich über den Umfang und die Länge des Stators. Da Strom über die Spule in den Stator gelangt, ist der hochfrequente Anteil des Stroms, der in die Statorspule gelangt, größer als der austretende Strom.

Dieser Strom erzeugt einen hochfrequenten Magnetfluss, der in den Lamellen des Stators zirkuliert und an den Wellenenden eine axiale Spannung induziert. Wenn die Spannung groß genug wird, kann ein hochfrequenter Kreisstrom im Motor, durch die Welle und beide Lager fließen. Der Motor kann dann als Transformator betrachtet werden, in dem der im Stator fließende Gleichtaktstrom als Primärstrom agiert und den Kreisstrom in den Rotorkreis oder den Sekundärkreis induziert. Dieser Lagerstrom verursacht durch die typischen Spitzen von 3 bis 20 A (entsprechend der Nennleistung des Motors, du/dt der Leistungsstufe der AC-Antriebskomponenten und der DC-Zwischenkreisspannung) die größten Schäden.

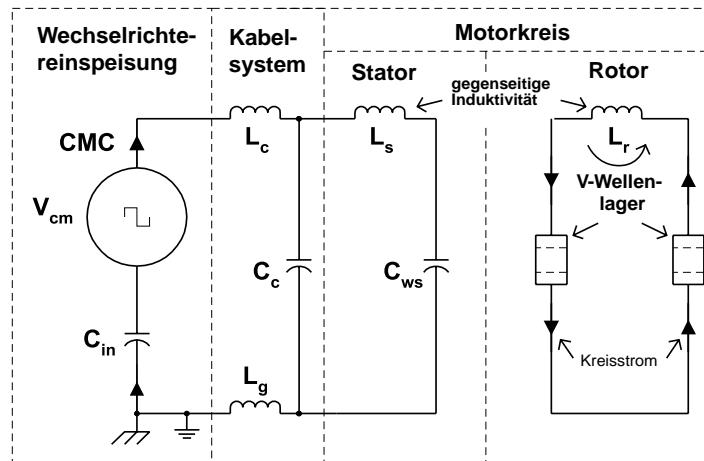


Bild 7: Die hochfrequente axiale Wellenspannung kann als das Ergebnis des Transformatoreffektes betrachtet werden, bei dem der im Stator fließende Gleichtaktstrom als Primärstrom agiert und den Kreisstrom in den Rotorkreis oder den Sekundärkreis induziert.

Eine andere Art von zirkulierendem Lagerstrom tritt auf, wenn der Strom, anstatt vollständig im Motorinneren zu zirkulieren, über die Welle und die Lager des Getriebes oder der Arbeitsmaschine und in einem Bauelement fließt, das sowohl ein externes Teil als auch Teil des Motors und der Arbeitsmaschine ist. Der Strom hat denselben Ursprung wie der im Motorinneren zirkulierende Strom. In Bild 8 wird ein Beispiel für diesen "vagabundierenden" Lagerstrom dargestellt.

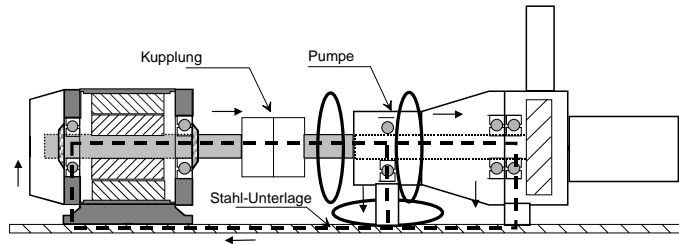


Bild 8: "Vagabundierender" Lagerstrom, bei dem die Stromschleife außerhalb des Motors verläuft.

Kapazitiver Spannungsteiler

Andere Streukapazitäten sind ebenfalls im Motor vorhanden, wie z.B. die Kapazität zwischen den Statorwicklungen und dem Rotor oder sie existieren in dem Luftspalt zwischen Statorisen und Rotor. Selbst die Lager können eine Streukapazität aufweisen.

Die zwischen den Statorwicklungen und dem Rotor vorhandene Kapazität führt zu einer effektiven Kupplung der Statorwicklungen an das Eisen des Rotors, das auch mit der Welle und den inneren Laufringen des Lagers verbunden ist. Schnelle Änderungen im Gleichtaktstrom vom Wechselrichter können nicht nur zu Strömen in den Kapazitäten auf dem Umfang und der Länge des Motors, sondern auch zwischen den Statorwicklungen und dem Rotor in die Lager führen.

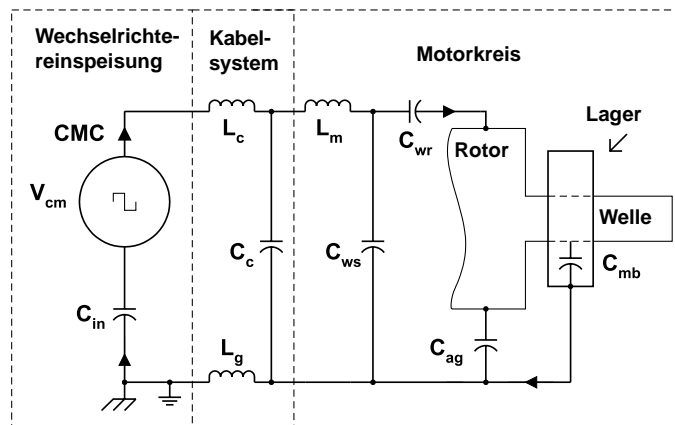


Bild 9: Gleichtaktkreis des drehzahlregulierten Antriebs, der die Streukapazitäten des Stators, Rotors und des Lagers darstellt.

Der Stromfluss in die Lager kann sich schnell ändern, da er von dem jeweiligen physikalischen Zustand des Lagers abhängt. Die in den Lagern vorhandene Streukapazität bleibt nur solange erhalten, wie die Kugeln des Lagers mit Öl oder Schmierfett bedeckt sind und nichtleitend sind. Diese Kapazität, bei der sich die induzierte Wellenspannung aufbaut, kann kurzgeschlossen werden, wenn die Lagerspannung den Kippgrenzwert überschreitet oder wenn eine Kugel teilweise den Ölfilm durchbricht und mit beiden Laufringen in Kontakt kommt. Bei einer sehr niederen Drehzahl haben die Lager metallischen Kontakt, da die Kugeln nicht auf dem Ölfilm schwimmen.

Generell beeinflusst die Lagerimpedanz den Spannungspegel, bei dem die Lager anfangen, Kontakt zu haben. Diese Impedanz ist eine nichtlineare Funktion der Lagerbelastung, der Temperatur, der Drehzahl und des verwendeten Schmiermittels und die Impedanz schwankt von Fall zu Fall.

Kapitel 3 - Verhinderung von Schäden durch hochfrequenten Lagerstrom

Drei Maßnahmen

Es gibt drei Maßnahmen, die sich auf hochfrequente Lagerströme auswirken: sachgemäße Verkabelung und Erdung, Unterbrechung der Lagerstromschleifen und Dämpfung des hochfrequenten Gleichtaktstroms. Alle zielen auf die Verminderung der Lagerspannung auf Werte, die keine hochfrequenten Lagerstromimpulse induzieren oder den Wert der Impulse soweit dämpfen, dass sie die Lebensdauer des Lagers nicht beeinträchtigen. Für die unterschiedlichen Arten der hochfrequenten Lagerströme müssen verschiedene Maßnahmen ergriffen werden.

Die Grundlage für die Beherrschung des hochfrequenten Stroms ist ein fachgerechtes Erdungssystem. Die standardmäßigen Erdungsmethoden sind hauptsächlich für einen ausreichend niederohmigen Anschluss ausgelegt, um Personen und Einrichtungen vor Frequenzstörungen zu schützen. Ein drehzahl geregelter Antrieb kann bei hohen Gleichtaktstromfrequenzen wirksam geerdet werden, wenn bei der Installation die folgenden drei Regeln beachtet werden:

Mehradrige Motorkabel

Verwenden Sie ausschließlich symmetrische mehradrige Motorkabel. Der Erdanschluss (Schutzerde, PE) muss im Motorkabel symmetrisch angeordnet sein, um Lagerströme mit Grundfrequenz zu verhindern. Die Symmetrie des PE- Leiters wird durch einen Leiter, der alle Phasenleiter umgibt oder ein Kabel mit symmetrischer Anordnung der drei Phasenleiter und drei Erdleiter, erreicht.

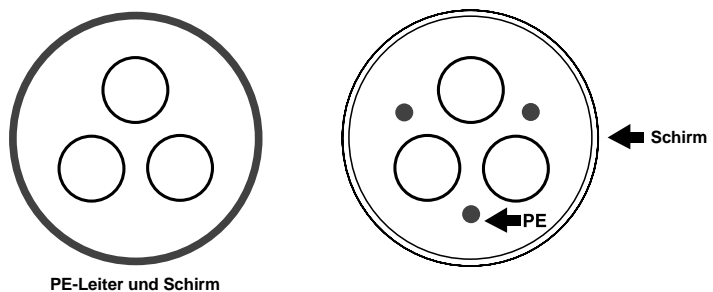


Bild 10: Empfohlenes Motorkabel mit symmetrischer Anordnung der Adern.

Kurzer Impedanzweg

des Gleichtaktstroms zum Wechselrichter fest. Dies lässt sich am besten und einfachsten mit geschirmten Motorkabeln realisieren. Der Schirm muss durchgängig sein und aus gut leitendem Material, wie z.B. Kupfer oder Aluminium, bestehen und die Anschlüsse müssen auf beiden Seiten einen 360° Abschluss haben.

In den Bildern 11a und 11b wird der 360° Abschluss bei den in Europa und den USA verwendeten Verkabelungsmethoden dargestellt.

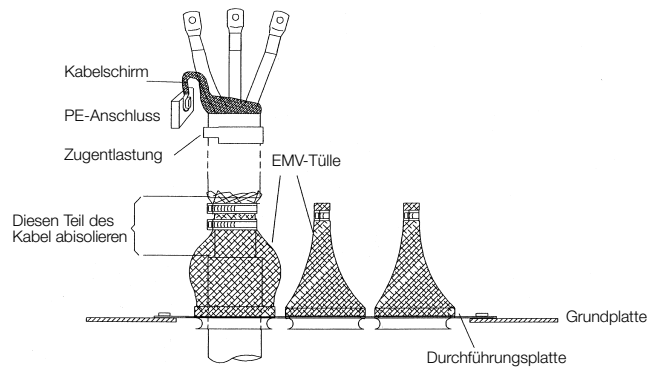


Bild 11a: Der Schirm ist mit einer möglichst kurzen Litze an den PE-Anschluss angeschlossen. Zur Herstellung eines hoch-frequenten 360° Anschlusses zwischen der EMV-Tülle und dem Kabelschirm muss die äußere Isolation des Kabels entfernt werden.

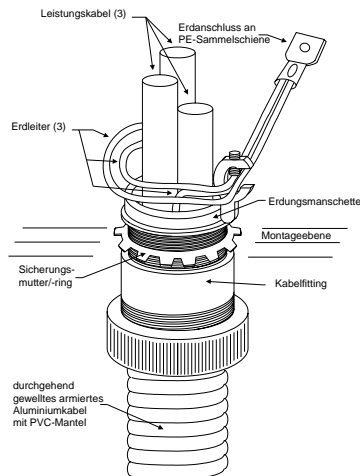


Bild 11 b: Korrekter 360° Abschluss nach dem amerikanischen Verfahren. An beiden Enden des Motorkabels muss eine Erdungsdurchführung verwendet werden, um die Erdleiter effektiv mit der Armierung oder dem Schutzrohr zu verbinden.

Hochfrequente Verbindungen

Fügen Sie zwischen der Einrichtung und den bekannten Erdreferenzpunkten hochfrequente Ausgleichsverbindungen ein, um das Potential der betroffenen Teile durch die Verwendung von 50 - 100mm breitem umflochtenem Kupferband auszugleichen; Flachleiter haben eine geringere Induktanz als Rundleiter. Dies muss an Stellen erfolgen, an denen die eine Unterbrechung zwischen dem Erdpegel des Wechselrichters und dem des Motors vermutet wird. Darüber hinaus kann es notwendig sein, zwischen dem Motorgehäuse und der Arbeitsmaschine einen Potentialausgleich zu schaffen, um den Weg des Stroms durch die Lager des Motors und der Arbeitsmaschine kurz zu halten.

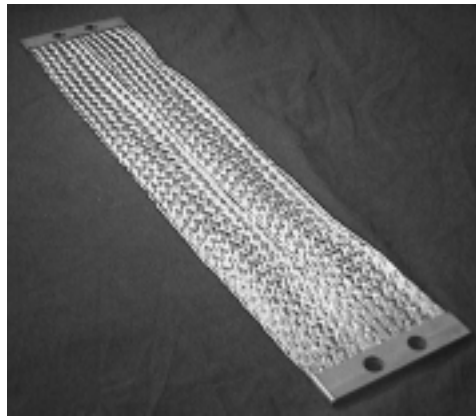


Bild 12: HF-Potentialausgleichband.

Die produkt-spezifischen Anweisungen befolgen

Obwohl die grundlegenden Installationsprinzipien gleich sind, können sich die Installationsmethoden bei den verschiedenen Produkten unterscheiden. Deshalb müssen die in den Produkthandbüchern enthaltenen Installationsanweisungen genau befolgt werden.

Weitere Lösungen

Die Unterbrechung der Lagerstromschleifen wird durch eine Isolation des Lagers erreicht. Der hochfrequente Gleichtaktstrom kann mit geeigneten Filtern gedämpft werden. Als Hersteller von Wechselrichtern und Motoren ist ABB in der Lage, für jeden Anwendungsfall die besten Lösungen anzubieten und genaue Anleitungen für die richtige Erdung und Verkabelung zu geben.

Messung der hochfrequenten Lagerströme

Die Überwachung des Lagerzustandes muss mit bewährten Vibrationsmessungen erfolgen.

Es ist nicht möglich, die Lagerströme direkt an einem Standardmotor zu messen. Wenn jedoch hochfrequente Lagerströme vermutet werden, können Feldmessungen vorgenommen werden, um das Vorhandensein der vermuteten Stromschleifen zu prüfen. Die Messeinrichtung muss eine große Bandbreite (mindestens 10kHz bis 2 MHz) haben und in der Lage sein, Spitzenwerte von mindestens 200A und Effektivwerte von mindestens 10mA zu erkennen. Der Scheitelfaktor der gemessenen Signale liegt selten unter 20. Der Strom kann an ungewöhnlichen Stellen, wie z.B. drehenden Wellen, fließen. Deshalb sind eine Spezialausrüstung und erfahrenes Personal notwendig.

ABB verwendet eine speziell gefertigte, flexible Rogowski-Spule mit speziellem Zubehör und besitzt mit weltweit mehr als tausend gemessenen Antrieben in unterschiedlichen Applikationen eine sehr große Erfahrung in diesem Bereich.

Die wichtigsten Messpunkte liegen im Inneren des Motors. Während der Messungen muss die Motordrehzahl mindestens 10% der Nenndrehzahl des Lagers betragen, damit der Ölfilm ansteigt. Als Beispiel werden in Bild 13 die Basismessungen dargestellt. In Bild 14 werden beispielhaft die Wellenformen des gemessenen Stroms dargestellt. GTO-Wechselrichter wurden hauptsächlich in den 80er Jahren verwendet, heute werden IGBT-Wechselrichter eingesetzt. Beachten Sie die unterschiedliche Skala der einzelnen Kurven.

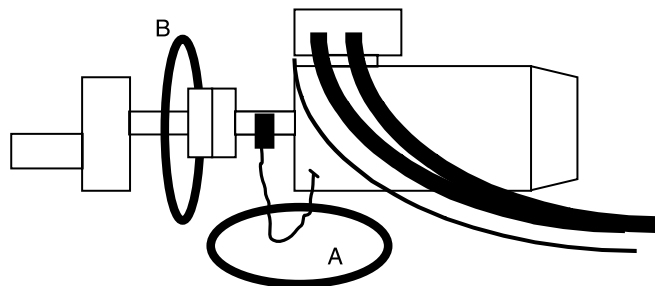
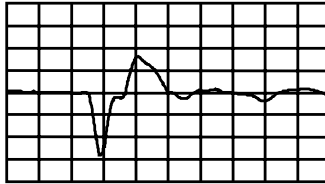
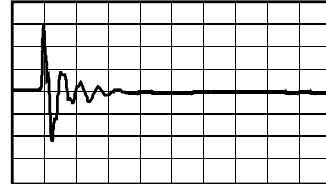


Bild 13: Basismessungen: A) mit einer Brücke gemessener Kreisstrom, B) Wellenerdstrom.

A) Kreisstrom

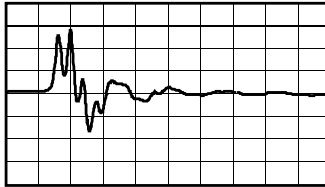


GTO-Wechselrichter, 5 μ s/div, 2A/div

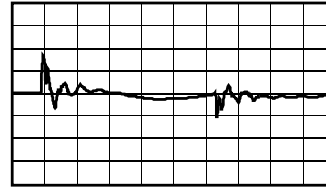


IGBT-Wechselrichter, 5 μ s/div, 2A/div

B) Wellenerdstrom



GTO-Wechselrichter, 2 μ s/div, 10A/div



IGBT-Wechselrichter, 5 μ s/div, 500mA/div

Bild 14: Beispiele für die Wellenformen des Stroms an den in Bild 13 dargestellten Messpunkten.

**Überlassen Sie
die Messungen
Fachleuten**

Da es auf dem Markt keine geeigneten Messeinrichtungen gibt und für die Messungen und ihre Interpretation eine besondere Erfahrung notwendig ist, sollte die Messung des Lagerstroms nur von entsprechendem Fachpersonal durchgeführt werden.

Kapitel 4 - Literaturhinweise

1. *Grounding and Cabling of the Drive System*,
ABB Industry Oy, 3AFY 61201998 R0125
2. *A New Reason for Bearing Current Damage in Variable Speed AC Drives*
by J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. EPE 97, 7th European Conference on Power Electronics and Applications, 8-10 September 1997. Trondheim, Norway.
3. *On the Bearing Currents in Medium Power Variable Speed AC Drives*
by J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. proceedings of the IEEE IEDMC in Milwaukee, May 1997.
4. *Minimizing Electrical Bearing Currents in Adjustable Speed Drive Systems*
by Patrick Link. IEEE IAS Pulp & Paper Conference Portland, ME, USA. June 1998.
5. *Instruction on Measuring Bearing Currents with a Rogowski Coil*, ABB Industry Oy, 3BFA 61363602.EN.
6. *Laakerivirta ja sen minimoiminen säädettyjen vaihtovirtakäyttöjen moottoreissa*,
I. Erkkilä, Automaatio 1999, 16.9.1999, Helsinki, Finland. (In Finnish).
7. *High Frequency Bearing Currents in Low Voltage Asynchronous Motors*,
ABB Motors Oy and ABB Industry Oy, 00018323.doc.
8. *Bearing Currents in AC Drives*
by ABB Industry Oy and ABB Motors Oy. Set of overheads in LN database "Document Directory Intranet" on ABB_FI01_SPK08/FI01/ABB
9. *The Motor Guide*
GB 98-12.

Siehe auch die produktspezifischen Installationshandbücher.

Symbole

360° Abschluss 16

A

ABB 17, 18
AC-Antrieb 6, 7, 8
Armierung 16
Ausgleichsverbindungen 16
axiale Spannung 12
axiale Wellenspannung 12, 13

B

Beherrschung des
hochfrequenten Stroms 15

O

drehzahlgeregelte Antriebe 5
drehzahl geregelter Antrieb 13, 15
dreiphasige Einspeisung 8

E

Einspeisung 9

F

Filterung am Wechselrichter-
gang 5
Flachleiter 16
Fluss 7

G

geeignete Filter 17
Gehäuse 16
Getriebe 6, 10, 12
Gleichspannung 8
Gleichtaktkabel 10
Gleichtaktkreis 8, 13
Gleichtaktstrom 9, 10, 11, 12, 13,
15, 17
GTO-Wechselrichter 18

H

hochfrequente Lagerströme 6, 7
hochfrequenter Kreisstrom 12
hohe Schaltfrequenzen 5

I

IGBT 6
IGBT-Wechselrichter 18
induzierte Wellenspannung 14

interne Aufteilung der Gleichtakt-
spannung 7
interne Streukapazität 8
inverter 15, 16

K

Kabel 15
Kabelschirm 7
Kreisstrom 12
Kugel 14

L

Lager 5, 6, 7, 12, 13, 14
Lagerspannung 13, 14
Lagerströme 5, 6, 7, 12, 13, 15, 18,
19
Lagerstromschleifen 13, 17
Lamellen des Stators 11
Laufring 6, 14
Laufringe 5

M

Magnetfluss 11
metallische Kupplung 10
mittlere fehlerfreie Betriebszeit
(MTBF) 6
Motor 6, 7, 9, 10, 18
Motorgehäuse 7, 9, 10, 11
Motorkabel 15
Motorlager 5
Motorwelle 7, 10
Motorwicklung 8

N

niederfrequente Lagerströme 6
Nullpunktspannung 8

O

Ölfilm 7, 18

P

Primärstrom 12
PWM 8, 10

R

Rogowski-Spule 18
Rotor 13
Rotorkreis 12

S

Schaltfrequenz des
Wechselrichters 8
Scheitelfaktor 18
Schirm 15
Schutzrohr 16
Sekundärkreis 12
Spannungsabfall 10
Spannungsimpulse 5
Stator 7, 11, 13
Statorgehäuse 7
Statorwicklung 11
Statorwicklungen 13
Streukabelkapazität 10
Streukapazität 8, 10, 11
Streukapazitäten 11, 13
Streukapazität 13
Streuströme 5
Stromimpulse 5
symmetrische mehradrige
Motorkabel 15
symmetrische Motorkabel 5

T

Transformator 12

U

umflochtenes Kupferband 16

W

Wechselrichter 8, 9, 10, 13, 17
Wechselrichtergehäuse 5, 10
Welle 7, 12, 13
Wellenspannungen 8
Wicklung 7, 8, 9, 10, 11, 13



ABB Automation Products

Standard Drives

Dudenstrasse 44 - 46

D-68309 Mannheim

Deutschland

Hotline: 0180-33 22 400

Fax: 0621 - 381 1777

Internet: <http://www.abb-drives.de>

