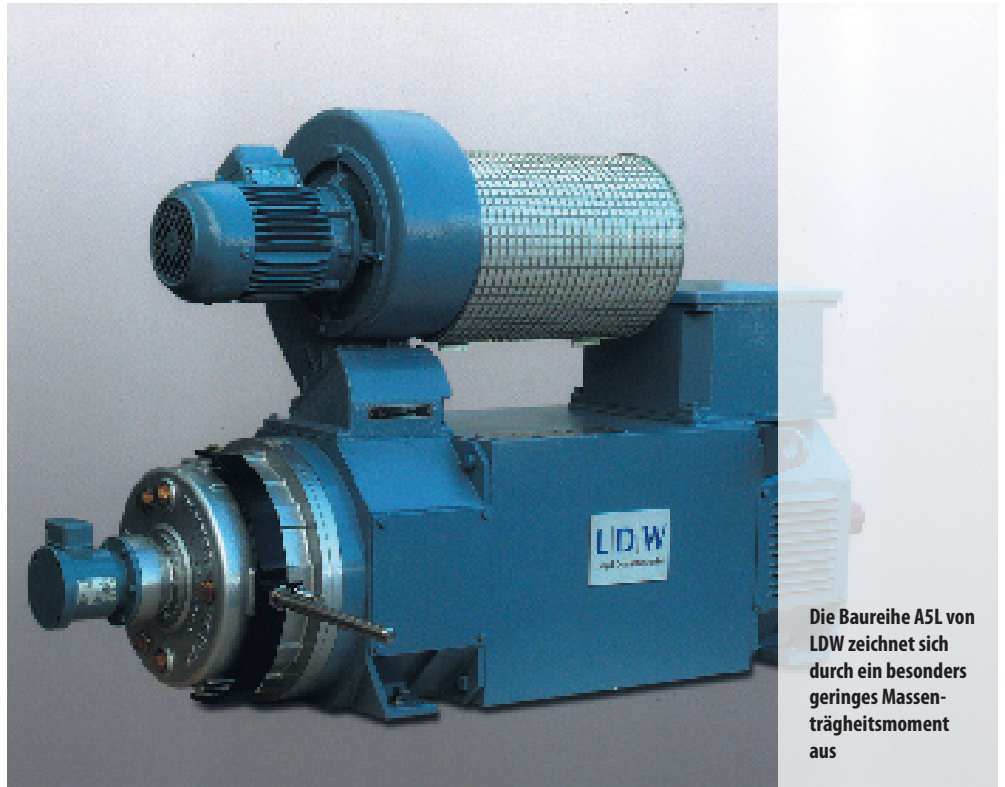


Kühle Dynamik

Kompakte Asynchronmaschinen ersetzen bei der H. Kleinknecht & Co. GmbH die Gleichstromtechnik in den Rohrsägen

Der Trend zur Ablösung der Gleichstromtechnik durch die Drehstromtechnik ist nicht zu übersehen. Bei der H. Kleinknecht & Co. GmbH werden jetzt kompakte Asynchronmaschinen in den rotierenden Sägen eingesetzt, um größere Geschwindigkeiten zu erreichen. Der wichtigste Vorteil liegt im geringen Massenträgheitsmoment der Maschinen, das unter anderem durch ein ausgeklügeltes Kühlsystem erreicht wird.

■ Frauke Timon



Die Baureihe A5L von LDW zeichnet sich durch ein besonders geringes Massenträgheitsmoment aus



Frauke Timon

ist Sachbearbeiterin in der Technischen Berechnung bei Lloyd-Dynamowerke in Bremen

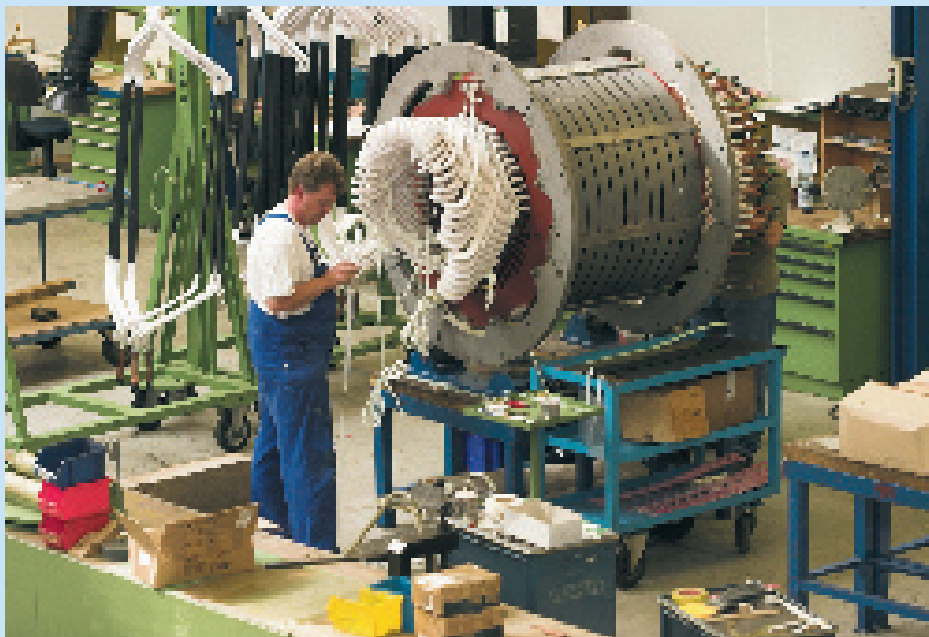
+49/421/4589-321
timon@ldw.de

Drehzahlregelte und besonders hochdynamische Antriebe mit Nennmomenten von rund 500 Nm aufwärts werden heute noch in den meisten Fällen in der bewährten Gleichstromtechnik ausgeführt. Die eingesetzten modernen Gleichstrommaschinen in eckiger Bauart und vierpoliger Ausführung sind sehr kompakt aufgebaut. Dank feiner Vorausberechnung der Kommutierungsgüte und angepasster Dimensionierung aller Komponenten, die die Kommutierung beeinflussen, wird heute eine lange Bürstenstandzeit erreicht.

Trotzdem geht der Trend zur Ablösung der Gleich- durch die Drehstromtechnik, bestehend

aus dem Pulswechselrichter als Frequenzumrichter und der Asynchronmaschine. Moderne Pulswechselrichter sind in Bezug auf Dynamik den Stromrichtern ebenbürtig. Sollen die Asynchronmaschinen ihre Gleichstrom-Pendants gleichwertig ersetzen, müssen sie eine gleich hohe Drehmomentausbeute erreichen und dürfen keine größeren Massenträgheitsmomente aufweisen.

Die Kompakt-Asynchronmaschinen der Baureihe A5L von der Lloyd-Dynamowerke GmbH & Co. KG (LDW) werden diesen Anforderungen gerecht und kommen daher bereits in vielen Prozessen zum Einsatz, die eine



Bei LDW sind noch immer viel Handarbeit und Mitarbeiter-Know-how für die Montage der Maschinen erforderlich

besonders hohe Dynamik erfordern. So ist die H. Kleinknecht & Co. GmbH mittlerweile bei der Ausstattung von rotierenden Sägen von der Gleichstrom- auf die Asynchrontechnik umgestiegen, um so die Geschwindigkeit der Verarbeitung deutlich erhöhen zu können.

Die rotierenden Sägen, die in Walzwerken bei der Rohrproduktion eingesetzt werden, müssen besondere Anforderungen erfüllen. Die Rohre werden mit einer Geschwindigkeit von zehn Metern pro Sekunde bewegt und dabei von der Säge bei Temperaturen von 900 - 1.100 °C auf die vorgegebenen Längen geschnitten. Der Asynchronmotor von LDW ist dabei in der Lage, innerhalb von 360 ms auf 10 m/s zu beschleunigen. Gleichstrommaschinen schaffen höchstens 7,5 m/s. Bei dem Vorgang werden Schnitttoleranzen von ± 5 mm am kalten Rohr erreicht. Diese Toleranz basiert auf den unterschiedlichen Temperaturen an verschiedenen Punkten des Rohres, so dass beim Abkühlen verschieden starke Schrumpfungsprozesse entstehen.



Der Anwender

Die H. Kleinknecht & Co. GmbH wurde 1948 als Ingenieurbüro für Planung und Steuerungsbau gegründet und hat inzwischen den fließenden Übergang zum softwareorientierten Systemintegrator vollzogen. Dienstleistungen umfassen beispielsweise die Projektierung, CAD und die Softwareentwicklung für automatische Steuerungen und geregelte Antriebe der verschiedensten Industrieanwendungen. Dazu zählt auch die Lieferung von Steuerungen und Antrieben für verschiedene Sägenhersteller.

Aufwendige Entwicklung

Bei der Entwicklung eines Asynchronmotors, der die hohen Anforderungen für den Einsatz in rotierenden Sägen erfüllen kann, waren zahlreiche Faktoren zu beachten. Bei dynamischen Antrieben ist prinzipiell das Massenträgheitsmoment von großer Bedeutung, denn das muss der Motor bei schnellen Drehzahländerungen mit beschleunigen und verzögern. Damit erhöht sich der Drehmomentbedarf für den Antrieb. Liegt das Massenträgheitsmoment des Motors in der gleichen Größenordnung wie das der Arbeitsmaschine, ist sehr schnell der Punkt erreicht, ab dem ein größerer Motor den Antrieb dynamisch nur noch langsamer macht, denn das Massenträgheitsmoment steigt mit zunehmender Baugröße schneller als das erzielbare Drehmoment.

Asynchronmaschinen in den bekannten Ausführungen als Norm- und Transnormmotoren oder auch als Hochspannungsmotoren sind für Netzbetrieb und Eigenlüftung konzipiert. Sie sind als Ersatz für moderne Gleichstrommaschinen wenig bis gar nicht geeignet. Das Konzept der neuen Baureihe A5L von LDW bricht daher mit der Tradition bei der Konstruktion von Drehstrommaschinen: Die neu entwickelten Maschinen sind „gehäusemantellos“ – das Ständerblechpaket bildet die äußere Kontur. Das im Querschnitt quadratische Blechpaket besteht aus dem zylindrischen Abschnitt als magnetischem Joch und den vier Eckbereichen mit den Kühlkanälen. Die Maschinen haben aufgebaute Kühlluftgebläse für die einflutige Durchzugsbelüftung. Die ersten Versu-

che mit einer schlichten Kanalanordnung, wie sie von kleinen Servomotoren bekannt ist, ergaben, dass bei diesen größeren Maschinen die Kühlwirkung nicht ausreichend ist. Die technischen Daten der Gleichstrommaschinen waren so nicht zu erreichen. Das Kühlsystem musste daher detailliert durchgearbeitet und mathematisch beschrieben werden.

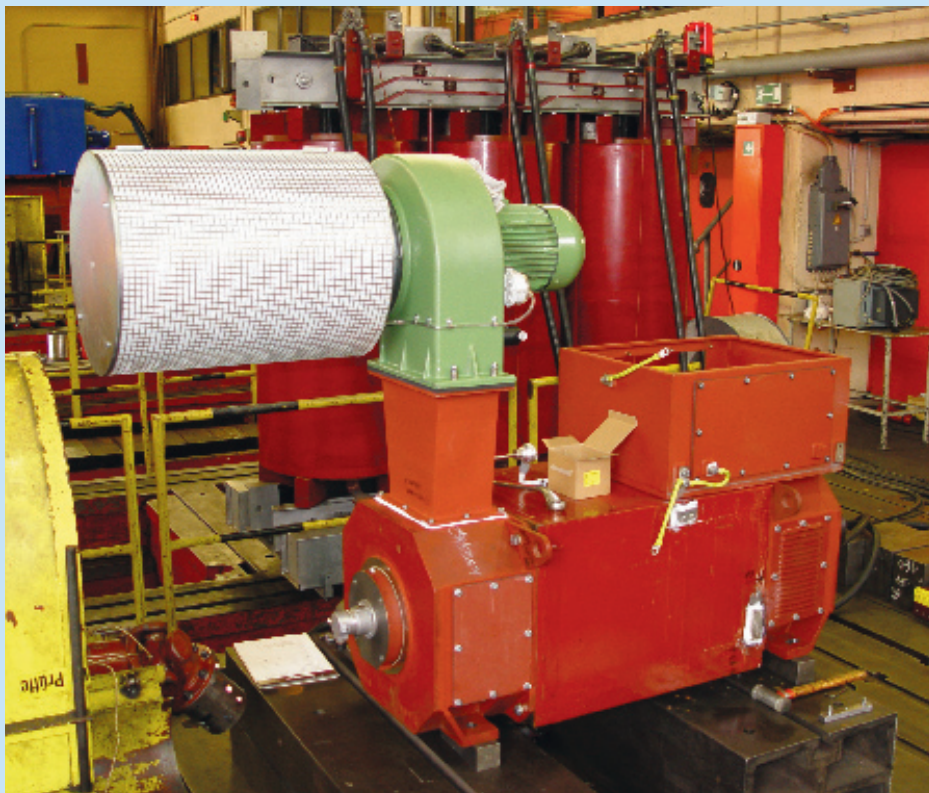
Verluste und Wärmeflüsse

Die Maschinen sind in thermischer Hinsicht ständerkritisch. Insofern sind nur die Verhältnisse im Ständerblechpaket von besonderer Bedeutung. Die Stromwärme in der Ständerwicklung tritt in jedem Wicklungsabschnitt auf und wird an Ort und Stelle abgeleitet. Dies geschieht über die umgebende Isolation an die Kühlluft oder das Blechpaket oder aber in Leiterrichtung an Wicklungsabschnitte mit geringerer Temperatur (z. B. Wickelkopf auf NS, der Luftertrittsseite). Im Blechpaket treten zusätzlich Eisenverluste auf, sie führen zu einer lastunabhängigen thermischen Grundlast. Die Wärme im Blechpaket fließt in radialer oder tangentialer Richtung in die Wärmesenken zu den Kühlluftkanälen. Der Wärmefluss in axialer Richtung (quer zur Blechung) ist vernachlässigbar, da der Wärmewiderstand um 1 bis 2 Zehnerpotenzen größer ausfällt.

Längs der Kühlkanäle von NS nach AS nimmt die Erwärmung der Kühlluft in dem Maße zu, wie Wärme aufgenommen wird. Die Wärmewiderstände von der Wärmequelle zur Wärmesenke sind für die gesamte Wicklung nicht einheitlich, sondern durch die ungleichmäßig am Umfang verteilten Kühlzonen abhängig von der Position. Für die Ständerwicklung ergibt sich damit ein dreidimensionales Temperaturprofil. Die Verhältnisse in den Nuten sind leicht überschaubar: In axialer Richtung wird die Wicklungstemperatur in etwa im gleichen Maße zunehmen, wie die Kühllufttemperatur durch die Wärmeaufnahme ansteigt. Innerhalb einer gedachten Blechpaketscheibe wird die Temperatur mit zunehmender Entfernung von der Kühlzone ansteigen, die in der Waagerechten und der Senkrechten liegenden Nuten werden also die höchsten Temperaturen haben. Die höchste Temperatur der gesamten Wicklung (hot spot) liegt auf der Ausblasseite im Wickelkopf oder in der Nut am Ende des Blechpaketes. Unübersichtlicher sind die Wärmeflüsse und Wärmeabgaben.

Kühlkanäle

Ständerkanäle, Läuferkanäle und Luftspalt sind strömungstechnisch parallel geschaltet, sie >



Bei LDW in Bremen werden Asynchronmaschinen für besonders anspruchsvolle Anwendungen konstruiert und gefertigt

können daher getrennt behandelt werden – die übliche Lage des Arbeitspunktes auf der Druckkennlinie der Gebläse vorausgesetzt. Die wichtigsten Zusammenhänge bei der Gestaltung der Ständerkanäle aus elektromagnetischer Sicht seien hier kurz erläutert. Vor den Kanälen im Lagerschildraum auf NS herrscht ein statischer Überdruck, der die Kühlluft durch die einzelnen Kanäle treibt. Der Überdruck wird dabei durch die erforderliche Beschleunigung beim Eintritt in die Kanäle und durch die Wandreibung längs der Kanäle verbraucht. Die Kanäle sind strömungstechnisch parallel geschaltet.

Die für die Kanalordnung zur Verfügung stehenden Fenster in den vier Ecken sind durch den so genannten Jochdurchmesser und die Randstege begrenzt. Die Aufteilung dieser Fenster in wenige große Kanäle bringt die höchste Wärmeübergangszahl, aber die kleinste Kanaloberfläche. Viele kleine Kanäle haben eine große Kanaloberfläche, der kleinere hydraulische Radius erhöht den Strömungswiderstand und vermindert dadurch den Luftdurchsatz und den Wärmeleitwert der gesamten Anordnung. Es gilt also, einen Kompromiss zwischen den Einzelzielen möglichst große Kühlfläche, möglichst großer Gesamtquerschnitt und möglichst kleiner Strömungswiderstand zu finden. Diese Abstimmung fällt zwangsweise für lange Maschinen etwas anders aus als für kurze und für große Maschinen anders als für kleine.

Strömungsberechnung

Als Werkzeug für die Optimierung wurde ein Rechenprogramm entwickelt, das die Strömungsverhältnisse in den einzelnen Kanälen sowie die Wärmeleitwerte berechnen kann. Es zeigt sich, dass der Ansatz einer einheitlichen Temperatur der Kanalwände nur für sehr breite oder kurze Stege zwischen den Kanälen gilt. Bei schmalen Stegen muss sein Wärmewiderstand mit ins Kalkül gezogen werden, denn er führt zu einer Abnahme der Wandtemperatur längs des Steges. Auch hier gilt also, die beste Lösung zwischen den Grenzen breite Stege und schmale Kanäle sowie schmale Stege und breite Kanäle zu finden.

Das Programm berechnet die Wärmeflüsse in die Zwischenstege und in den Randsteg sowie den Temperaturabfall längs der Stege. Diese werden dabei rechnerisch als so genannte Kettenleiter dargestellt. Der Randsteg bildet zu den einzelnen Zwischenstegen für den Wärmefluss einen parallel geschalteten Wärmetransportweg; er liefert ebenfalls Wärme an die oberen Ränder der Kühlkanäle. Der Randsteg muss aus konstruktiven Gründen eine Mindestbreite erhalten (Kontaktfläche mit den Pressteilen, mit denen das Blechpaket verspannt wird). Dagegen können die Zwischenstege individuell so breit wie nötig oder so schmal wie möglich gehalten werden.

Mit der Breite des Steges lässt sich sein Wärmeleitwert einstellen. Es zeigt sich, dass der Wärmeleitwert der gesamten Kanalordnung dann am größten ist, wenn die Wärmeleitwerte der einzelnen Zwischenstege so aufeinander und auf den Randsteg abgestimmt werden, dass an jedem oberen Kanalrand etwa der gleiche Anteil an Wärme vom Randsteg und von den benachbarten Zwischenstegen eingeleitet wird. Bei den kurzen Zwischenstegen kann die optimale Stegbreite so gering werden, dass sie sich mit üblicher Fertigungstechnik nicht mehr herstellen lässt. Diese Zwischenstege müssen also breiter als nötig gehalten werden; sie unterstützen dann den Randsteg durch erhöhte Wärmeinleitung. Das kann durch gezielte geringere Dimensionierung der nächsten Zwischenstege wieder kompensiert werden.

Die Kühlkanalanordnung wird für die wichtigste Baulänge λ im Allgemeinen ist das die längste λ einer Baureihe optimiert, indem man die Anzahl der Kühlkanäle pro Kühlsektor schrittweise erhöht. Die für die gesamte Maschine optimale Kühlkanalanordnung hat mit Rücksicht auf eine ausreichende Luftmenge für die Kühlung der Wickelköpfe meist einen etwas geringeren Wärmeleitwert als bei ausschließlicher Berücksichtigung des Ständerblechpaketes möglich wäre. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.AuD24.net

Weiterführende Infos auf www.AuD24.net

more @ click **ADXXXX**