



## HOHLDRAHTTECHNIK IN PRÜFSTÄNDEN KÜHLUNG ALS SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG

Mit der stetigen Weiterentwicklung von Hybrid – und Elektrofahrzeugen kommen neue Herausforderungen auch auf die Prüfstandtechnik zu. Die geforderten Leistungen liegen oft in physikalischen Grenzbereichen. Eine besonders effektive Kühlung durch Hohldrähte in der Wicklung der Motoren kann hier leistungssteigernd wirken.

Peter Angele Senior-Consultant  
bei Dynamic E Flow, Valley

Die Forderung der Automobilindustrie nach mehr Leistung und höheren Drehzahlen (bis zu 30 000 U/min) im Antrieb führt in der Prüfdienstleistung dazu, dass mit erhöhtem Aufwand insbesondere durch den Einsatz von Getrieben gearbeitet werden muss um die E-Maschinen zu testen und zu prüfen.

Prüfstandmaschinen, die entsprechend hohe Drehzahlen und hohe Momente liefern, sind am Markt kaum erhältlich. Dies liegt an den physikalischen Grenzen. Hohe Drehzahlen können zu kritischen Resonanzen führen, welche das System Lastmaschine auf dem Maschinenbett aufschwingen lassen (biegekritische Wellendrehzahl). So werden Messungen ungenau bis unmöglich, da erzeugte Vibrationen der Lastmaschine in den Prüfling übertragen werden. Der Verschleiß der Prüftechnik steigt exponentiell, Standzeiten von Lager gehen signifikant nach unten.

Die hochdynamischen PM- Synchron Belastungsmaschinen von Dynamic E Flow GmbH (DEF) gehen hier einen eigenen Weg. Durch den Einsatz einer besonderen Motorkühlung sowie durch Komponenten aus der Spindeltechnik ist eine Maschinenreihe entstanden, welche die Anforderungen der Automobilindustrie erfüllt.

### QUANTENSPRUNG IN DER STROMDICHTHE

Die Kühlung ist der Schlüssel zum Erfolg. Je mehr Abwärme aus den Aktivteilen der Lastmaschine abgeführt werden kann, desto kompakter

ter kann der Bauraum der Maschine ausfallen. Besonders kompakte Bauweisen ermöglichen in Folge höhere Drehzahlen. Die maximale Stromdichte zeigt als Indikator das Potenzial des Kühlkonzeptes und die mögliche Leistungsdichte. Bei Dynamic E Flow wird durch den Einsatz von Hohldrahttechnik ein Sprung in der Stromdichte erreicht. In der HC400 Reihe können bis über 70 A/mm<sup>2</sup> dauerhaft in der Wicklung realisiert werden. Alle gängigen schon guten Kühltechniken erlauben Stromdichten von 20 bis maximal 30 A/mm<sup>2</sup> kurzzeitig, womit die Leistungs- und Drehmomentanfordernisse, die kleine Baugröße und die hohen Drehzahlen erreicht werden.

### DIE CAPCOOLTECH-TECHNOLOGIE

Die capillaries cooling Technologie (Capcooltech) ist ein simpler Ansatz. Die Spulen einer E-Maschine werden mit hohlem Draht aufgebaut und gewickelt. Dieser hohle Draht wird als Strom- und Kühlmittelleiter verwendet. Durch den mittig ausgehöhlten Draht wird Kühlmittel geführt. Somit kann das Kupfer als Hauptwärmequelle des Motors direkt gekühlt werden. Die isolierende Lackschicht zwischen Kupfer und Kühlmedium, eine Notwendigkeit konventioneller Drähte, entfällt. Die Motoren können, bei integrierter Capcooltech, topologieunabhängig konventionell aufgebaut werden. Gleichzeitig steigen die Stromdichten und Maschinenleistungen signifikant. Die Capcooltech wurde von Dynamic E Flow GmbH entwickelt und patentiert.

## DIE HC-BAUREIHE

Die HC-Baureihe von Motoren für Prüfanwendungen reicht von 18 000 bis über 25 000 RPM. Dabei werden Drehmomente bis 1 200 Nm abgebildet. Basis dafür ist eine feste Magnet- und Rotortopologie, die als Absprungbasis für den Baukasten zur Verfügung steht. Durch den Einsatz von Capcooltech können alle Lastmaschinen extrem kompakt gebaut werden.

Zusätzlich zur direkten Kupferkühlung wird auch das Statoreisen über eine Wassermantelkühlung gekühlt. Darüber hinaus stehen eine Wellenkühlung und eine Lagerkühlung wahlweise zur Verfügung. Alle Baugruppen werden damit aktiv gekühlt und haben eine gesonderte Sensorik für die Temperaturerfassung und Steuerung.

## AKTIVTEILE UND KUPFERKÜHLUNG

Die HC400 Motorwicklung ist eine verteilte Wicklung, wie man sie in hochdrehenden Maschinen kennt. Je nach Magnetausstattung und Länge sprechen wir von einer Maschinenleistung zwischen 620 und 850 kW. Die Maschinen kann mechanisch Drehzahlen bis 25 000 erreichen. Aus den Aktivteilen kann mit einem einstellbaren Temperaturdelta die komplette Wärmeleistung abgeführt werden. Damit sind Wärmeeinträge in Lager und Mechanik gelöst. Über eine Wassermantelkühlung können alle frequenzabhängigen Eisenverluste abgeführt werden – diese sollen normalerweise auch die Kupferverluste abführen, das ist der Grund warum in den E-Maschinen die Einstellung eines thermisch stationären Gleichgewichts oft lange dauert.

Um die Kühlung optimal zu gewährleisten hat DEF auch ein entsprechendes Hydraulikaggregat entwickelt und erprobt. Dieses ermöglicht es, die komplette Maschine zu Überwachen. Das Hydraulikaggregat kann die Kupferwicklung, den Wassermantel, die Welle und auch die Lager mit den entsprechenden Medien und den zugehörigen Parametern versorgen.

## KÜHLUNG VON WELLE UND LAGERN

Die HC400 Mechanik ist sehr robust ausgeführt. Die Welle wird von innen mit einer Wasser-Glykol-Kühlung gekühlt. Die Lager werden durch eine Öl-Luft-Schmierung geschmiert und gleichzeitig gekühlt. Dieses Prinzip ist schon weitreichend aus der Motorspindel bekannt. Somit sind alle Baugruppen, die im Betrieb Wärme erzeugen, direkt beim Wärmeübergang mit der entsprechenden Kühlung ausgestattet, was eine bis dahin unerreichte Leistungsdichte und Dynamik erlaubt.

**Bilder:** *Dynamic E Flow*

[www.dynamiceflow.com](http://www.dynamiceflow.com)

### DIE IDEE



„Unsere Motore werden nicht mit einem konventionellen Draht, sondern mit einem Hohldraht gewickelt in dem ein Kühlmittel durchfließt. Unsere patentierte Technologie Capcooltech ist eine innovative Methode zur Leistungssteigerung und besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten.

Dem Hohldraht und der Anschlussbox (alias Capcooltech-Box). Mittels einer Pumpe gelangt das Kühlmittel in die Spulen (Hohldrähte). Ein Wärmetauscher sorgt für den Wärmeaustausch, durch die perfekte Kontrolle kann die richtige Eingangstemperatur gewährleistet werden. Somit ist eine Überhitzung des Motors praktisch nicht mehr möglich.“



Michael Anton Naderer, Gründer und Geschäftsführer Dynamic E Flow