

Sonderdruck/Offprint

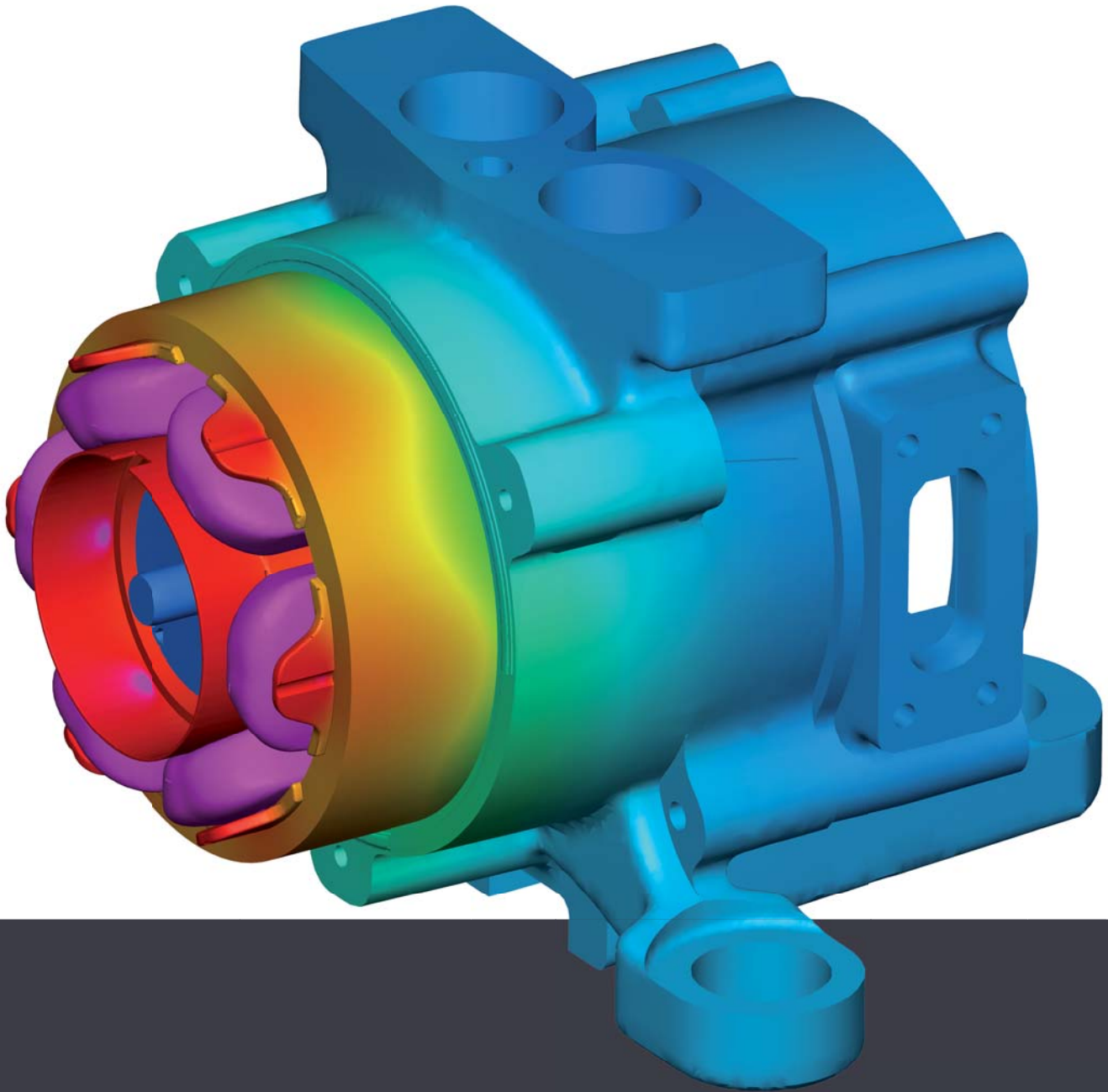
aus/from MTZ 11|2012

Springer Vieweg

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

ENTWICKLUNG EINER ELEKTRISCH ANGETRIEBENEN ÖLPUMPE

DESIGN PROCESS OF AN ELECTRIC POWERED OIL PUMP



ENTWICKLUNG EINER ELEKTRISCH ANGETRIEBENEN ÖLPUMPE

In den letzten Jahren trieben die immer strenger werdenden Emissionsstandards die Entwicklung von variablen, elektrisch angetriebenen Pumpen voran, deren Steuerungsstrategie zur Minimierung der Leistungsaufnahme genutzt werden kann. Die Pierburg Pump Technology hat diesen Markttrend antizipiert und bereits vor einigen Jahren mit der Entwicklung einer neuen Ölpumpengeneration begonnen.

AUTOREN



DR.-ING. ALESSANDRO MALVASI
ist Abteilungsleiter Produktentwicklung Elektrische Ölpumpen bei der Pierburg Pump Technology GmbH in Neuss.



DR.-ING. RAFFAELE SQUARCINI
ist Gruppenleiter Berechnung und Simulation bei der Pierburg Pump Technology S.p.a. in Livorno (Italien).



DIPL.-ING. GIACOMO ARMENIO
ist Hauptabteilungsleiter Produktentwicklung Ölpumpen & Mechanische Wasserpumpen bei der Pierburg Pump Technology S.p.a. in Livorno (Italien).



DIPL.-ING. ACHIM BRÖMMEL
ist Bereichsleiter Produktentwicklung bei der Pierburg Pump Technology GmbH in Neuss.

MOTIVATION

Die Verbesserung der Treibstoffeffizienz und die Reduktion von Emissionen sind derzeit die treibenden Kräfte für neue Entwicklungen im Automobilbereich. In diesem Zusammenhang spielt die Elektrifizierung von Nebenaggregaten eine zentrale Rolle, weil diese unabhängig vom Verbrennungsmotor betrieben werden können und es damit möglich ist, die Leistungsaufnahme zu reduzieren.

Im Zuge dieser Entwicklung werden die vielseitig einsetzbaren elektrisch angetriebenen Ölpumpen immer beliebter: Sie können zur Schmierung, Kühlung, Rückführung oder Steuerung verwendet werden. Durch diese Flexibilität eignet sich das Produkt für ein breites Anwendungsspektrum von Automatikgetrieben bis hin zu Hybridfahrzeugen. Die Marktbedürfnisse antizipierend hat die Pierburg Pump Technology in den letzten Jahren eine neue Generation von elektrisch angetriebenen Ölpumpen entwickelt. Nachfolgend wird eine Übersicht über die Konstruktionsverfahren dieser Produkte gegeben.

ENTWICKLUNGSSTRATEGIE

Eine elektrisch angetriebene Ölpumpe besteht aus drei Subsystemen: Pumpe, Motor und elektronischer Steuerung. Bei jeder Neuentwicklung wird auf die Integration dieser Module geachtet, um die Größe, das Gewicht und die Anzahl der Komponenten weiter zu reduzieren. Dieses Ziel ist deshalb erreichbar, weil KSPG über Konstruktions- und Fertigungs-Know-how aller Subsysteme verfügt. Außerdem wird besonderer Wert darauf gelegt, Synergien mit den elektrisch angetriebenen Wasserpumpen zu erschließen, damit bei gleichzeitig steigender Zuverlässigkeit die Kosten für die Markteinführung

sowie die Produkteinführungszeiten reduziert werden können. Seit 2003 hat Pierburg Pump Technology mehr als fünf Millionen elektrisch angetriebene Wasserpumpen produziert und ist in diesem Produktbereich derzeit Marktführer.

KONSTRUKTION DER PUMPENZÄHRÄDER

Die Hauptfunktion einer Ölpumpe ist die Erzeugung des erforderlichen Ölvolumenstroms. Aus diesem Grunde beginnt die Konstruktion, die immer ein iterativer Prozess ist, bei den Pumpenzähnrädern. Da die Druckanforderungen bei nahezu allen Anwendungen über ein bis zwei bar liegen, kommt in der Regel eine Verdrängerpumpe zum Einsatz. Speziell im Druckbereich bis etwa 12 bar ist die Gerotorlösung in Bezug auf Stabilität, Geräuschemission, Reibung und Kompaktheit ein hervorragender Kompromiss. Die Auslegung der Zähleräder richtet sich nach den Hydraulikanforderungen des Ölkreislaufs, insbesondere nach dem Betriebspunkt mit den höchsten Anforderungen. Dieser umfasst eine gegebene Förderrate bei einem beaufschlagten Förderdruck und einer vorgegebenen Öltemperatur.

Zur Erzielung der erforderlichen Förderleistung ist eine Drehzahl zu wählen, die einen Kompromiss aus kompaktem Motor und Pumpe repräsentiert, ohne Kavitationserscheinungen oder Geräusche zu erzeugen. Ein für den Dauerbetrieb geeigneter, typischer Drehzahlbereich liegt zwischen 1500 und 3500/min.

Unter dieser Annahme beginnt die Entwurfsiteration mit der vorläufigen Schätzung des volumetrischen Wirkungsgrads (η_v) auf Basis experimenteller Ergebnisse, welche an Pumpen gleichen Bautyps ermittelt wurden. In Gl. 1 bezeichnet Q den tatsächlichen Förder-

volumenstrom, Q_{th} den theoretischen Volumenstrom und Q_{leak} den Verlustvolumenstrom aufgrund von Leckagen.

GL. 1	$\eta_v = \frac{Q}{Q_{th}} = \frac{Q_{th} - Q_{leak}}{Q_{th}}$ $= 1 - \frac{Q_{leak}}{Q_{th}}$
--------------	--

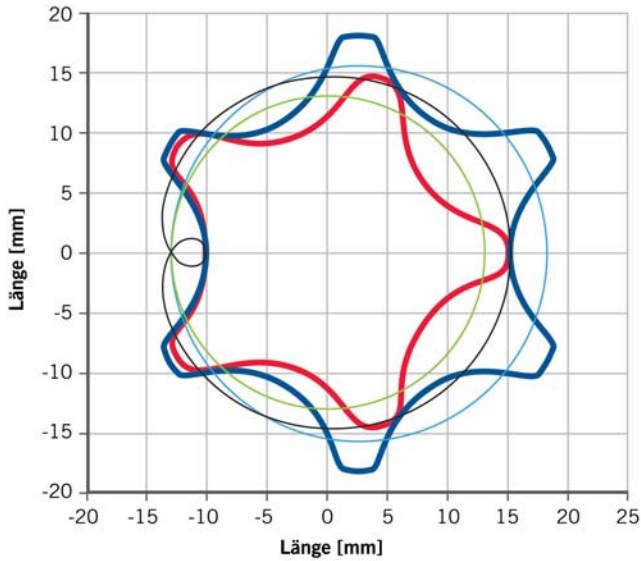
Ausgehend von diesem Wert wird ein vorläufiges CAD-Modell der Zähleräder erstellt, **1**, das für die Neuberechnung des volumetrischen Wirkungsgrads mittels einer speziell entwickelten Matlab-Routine verwendet wird.

Im nächsten Schritt wird mit dem Tool Amesim eine Anzahl möglicher Gerotorformen erzeugt, die bei Einhaltung aller Randbedingungen die Konstruktionsparameter, wie beispielsweise Anzahl der Zähne und Exzentrizität optimiert. Aus den vorgeschlagenen Gerotoren wird durch weitere Bewertungskriterien, zum Beispiel Strömungspulsationen, der am besten geeignete ausgewählt.

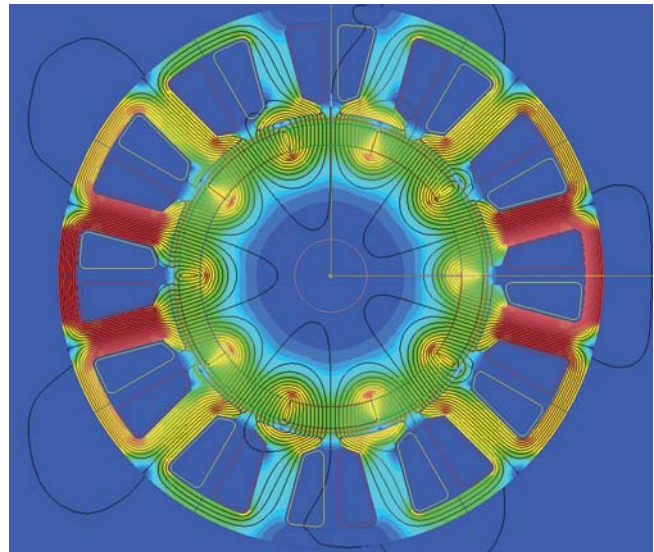
BERECHNUNG DER ERFORDERLICHEN DREHMOMENTE

Als nächster wichtiger Schritt folgt die Berechnung der für die einzelnen Arbeitspunkte erforderlichen Drehmomente. Dieser Schritt ist grundlegend für die Dimensionierung des Elektromotors. Aus diesem Grund wird mit Simulink ein „Lumped-Parameter“-Modell entwickelt.

Solch ein Modell vereinfacht durch gewisse Annahmen das Verhalten eines physikalischen Systems und stellt es als eindimensionalen Code dar, wobei natürlich einige Details verlorengehen. Der Code erfordert empirische Koeffizienten, die auf Grundlage experimenteller Ergebnisse gewonnen werden. Demnach



1 Typisches Ergebnis einer Gerotor-Profilberechnung



2 Simulation des Magnetkreises für einen bürstenlosen Gleichstrommotor

können Simulation und Experiment nicht vollständig voneinander getrennt betrachtet werden: eine Startkonfiguration für das Modell ist erforderlich. Das Modell, dessen Beschreibung später folgt, besteht aus drei Funktionsblöcken, welche die Subsysteme einer elektrisch angetriebenen Ölpumpe darstellen.

Zunächst wird in diesem Verfahrensschritt jedoch nur das Hydraulikmodul für die Drehzahlberechnung verwendet.

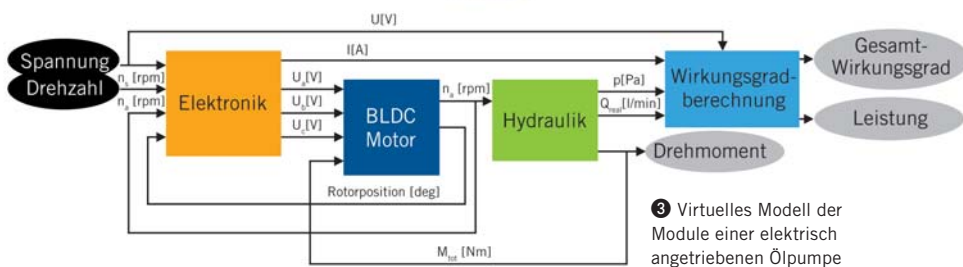
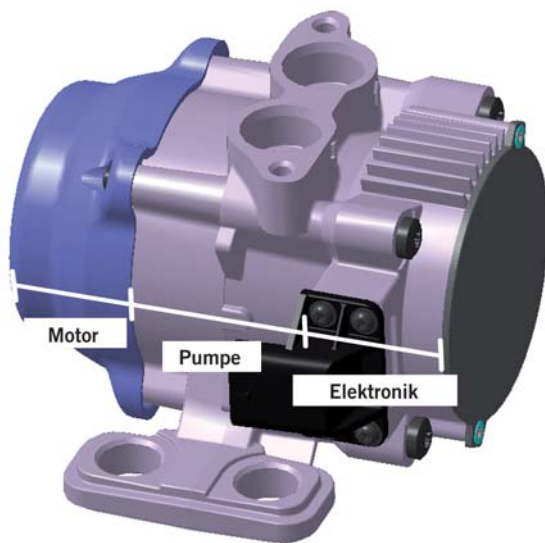
Nach der Implementierung der geometrischen Eigenschaften der berechneten Hydraulik wird das Gesamtdrehmoment (M_{tot}) aus der Summe dreier Anteile ermittelt, Gl. 2:

GL. 2	$M_{tot} = M_H + M_{CL} + M_{\mu}$
-------	------------------------------------

M_H repräsentiert dabei den hydraulischen Anteil aufgrund der Erzeugung des erforderlichen Drucks und Förderstroms, M_{CL} den Coulomb'schen Reibanteil aufgrund von trockenen oder geschmierten Kontaktzonen zwischen gleitenden Teilen sowie M_{μ} den viskosen Anteil aufgrund der inneren Reibung in Scherströmungen.

AUSLEGUNG DES MOTORS UND DER ELEKTRONIK

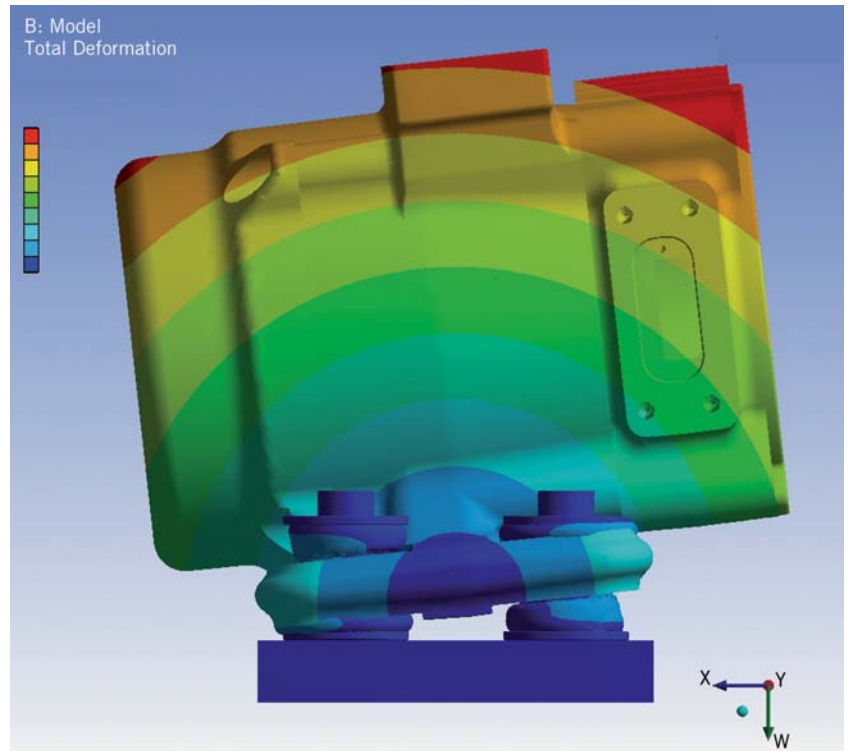
Die Hauptfunktion des Motors ist der Antrieb der Pumpenzahnräder durch Erzeugung des benötigten Drehmoments. Aus diesem Grund ist dessen Berechnung die Hauptvoraussetzung für die Auslegung des Motors zusammen mit einigen Randbedingungen. Auf Grundlage dieser Vorgaben wird der Motor mit einer speziellen Konstruktionssoftware berechnet, wobei die Optimierung des Magnetkreises, 2, mit einem anderen Tool erfolgt. Aufgrund der Lebensdauer sowie der Geräusch- und EMV-Vorgaben werden für die meisten elektrisch angetriebenen Ölpumpen bürstenlose Gleichstrommotoren (BLDC) verwendet. Das bevorzugte Konzept basiert auf einem elektromagnetischen Radialfluss mit Innenrotor zur Minimierung der Verluste, die sich insbesondere bei naslaufenden Rotoren ergeben. Wenn zudem das Hauptaugenmerk auf der Minimierung des



3 Virtuelles Modell der Module einer elektrisch angetriebenen Ölpumpe



4 CFD-Analyse einer elektrisch angetriebenen Ölpumpe mit typischer Temperaturverteilung



5 Modalanalyse einer elektrisch angetriebenen Ölpumpe: Beispiel einer Schwingungsform

Package liegt, werden Permanentmagnete verwendet, und die Polzahl wird je nach benötigtem Drehmoment und verfügbarem Raum gewählt. Vier Pole sind hier die gebräuchlichste Lösung, und ein Dreiphasen-Motor ist praktisch Standard.

Die Steuerung der Rotorposition kann über Hallensensoren oder eine sensorlose Lösung erfolgen. Letztere ist normalerweise die kosteneffizienteste Lösung, wohingegen erstere zum Einsatz kommt, wenn insbesondere bei niedrigen Temperaturen ein hohes Drehmoment oder ein schnelles dynamisches Verhalten benötigt werden.

Die Signale der Hallensensoren, beziehungsweise der sensorlosen Lösung, sind zusammen mit den Steuersignalen der Fahrzeugsteuergeräte die Eingangssignale für die Regelungselektronik. Die bidirektionale Kommunikation mit dem Fahrzeug wird über LIN oder PWM sichergestellt. Der Regler wird um einen integrierten Schaltkreis gruppiert, der, je nach Anwendung, programmierbar ist oder, eher üblich, einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis enthält, der bei hohen Stückzahlen geringere Kosten aufweist.

Aufgaben dieses integrierten Schaltkreises sind:

- : Regelung der Steuerimpulse der Motorphase
- : Diagnosefunktionen wie etwa tatsächliche Drehzahl, Temperatur und Strom
- : Schutz gegen Überlast, Überspannung und zu hohe Temperaturen.

Insbesondere in der Fahrzeugkommunikation wird normalerweise das Trapezsignal als bester Kompromiss zwischen der erforderlichen Rechnerlast und den Rauschparametern gewählt. Hardwareseitig kann man für die Platine zwischen zwei Werkstoffen wählen: FR4 oder Keramik. Letztere ist für Hochtemperaturanwendungen Stand der Technik.

INTEGRATION DER SUBSYSTEME

Nach Erstellen eines Vorentwurfs für die wichtigsten Bauteile wird vor Eintritt in die Prototypenphase das bereits erwähnte Simulink-Modell zur Simulation des Gesamtsystems eingesetzt. Diese Simulation ist nicht nur für die mechanische Konstruktion von besonderer Bedeutung, sondern auch für die Voreinstellung der Softwareparameter.

Das in 3 schematisch dargestellte Modell erhält eine Hauptanschlussspannung (V) und die gewünschte Drehzahl (n_s). Mit diesen Eingangsparametern führen Elektronik- und Motormodul zwei Berechnungsschleifen zur Modifizierung der Elektroparameter durch, um ein Gleichgewicht zu erzielen und eine tatsächliche Drehzahl (n_a) zu erhalten, die mit der gewünschten Drehzahl (n_s) übereinstimmt. Die tatsächliche Drehzahl wird als Eingangsparameter für das Hydraulikmodul verwendet, in dem das erforderliche Drehmoment (M_{tot}) berechnet wird. Der Wert für dieses Widerstandsdrehmoment wird dann mit dem durch den Motor erzeugten Drehmoment verglichen. Bei Abweichungen aktualisiert das Modell anschließend den Betriebszyklus und die tatsächliche Drehzahl, um einen Gleichgewichtszustand zu erreichen.

Ausgehend von den Ergebnissen dieser Simulation arbeitet der Konstrukteur dann die Integration der Subsysteme aus. Nach Fertigstellung der 3D-Modelle werden weitere Simulationen ausgeführt, um die Konstruktion zu verifizieren.

Unter anderem spielt die Simulation des Wärmemanagements eine entschei-



6 Beispiel für eine in der Ölwanne integrierte elektrisch angetriebene Ölpumpe

dende Rolle. Hier wird sichergestellt, dass die Temperatur der Elektronikbauteile und des Elektromotors die zulässigen Grenzwerte nicht überschreitet. Hierzu wird die gesamte Pumpe so modelliert, dass man eine Gesamtübersicht der Wärmeverteilung wie in 4 erhält. Besonderes Augenmerk wird dabei auf eine detaillierte Modellierung der Platinschichten gelegt, da üblicherweise die Mosfets die heißesten Punkte der Leistungselektronik darstellen. Die CFD-Analyse erfolgt durch eine alleinige Lösung der Energiegleichung. Sie kann entweder als stationäre Simulation eines bestimmten Arbeitspunkts oder als transiente Simulation einer kurzzeitigen thermischen Überlast erfolgen.

Eine andere grundlegende Analyse für die Eignung einer Konstruktion ist der Festigkeitsnachweis der Pumpe aus statischer wie auch dynamischer Sicht. Hierzu werden FEM- und Mehrkörperanalysen, oft auch in Kombination durchgeführt, um das Vibrationsverhalten des Produkts und seine Ermüdungsbeständigkeit zu untersuchen.

In der Tat kann man dank immer leistungsfähiger werdender Software und Rechner auch nicht-lineare Probleme, wie das Verhalten von Gummidämpfern, 5, relativ problemlos lösen. Mit den beschriebenen Simulationen ist es möglich, potenzielle Schwachstellen in jedem Bauteil aufzudecken und schon in der frühen Konstruktionsphase zu korrigieren.

SCHLUSSFOLGERUNG

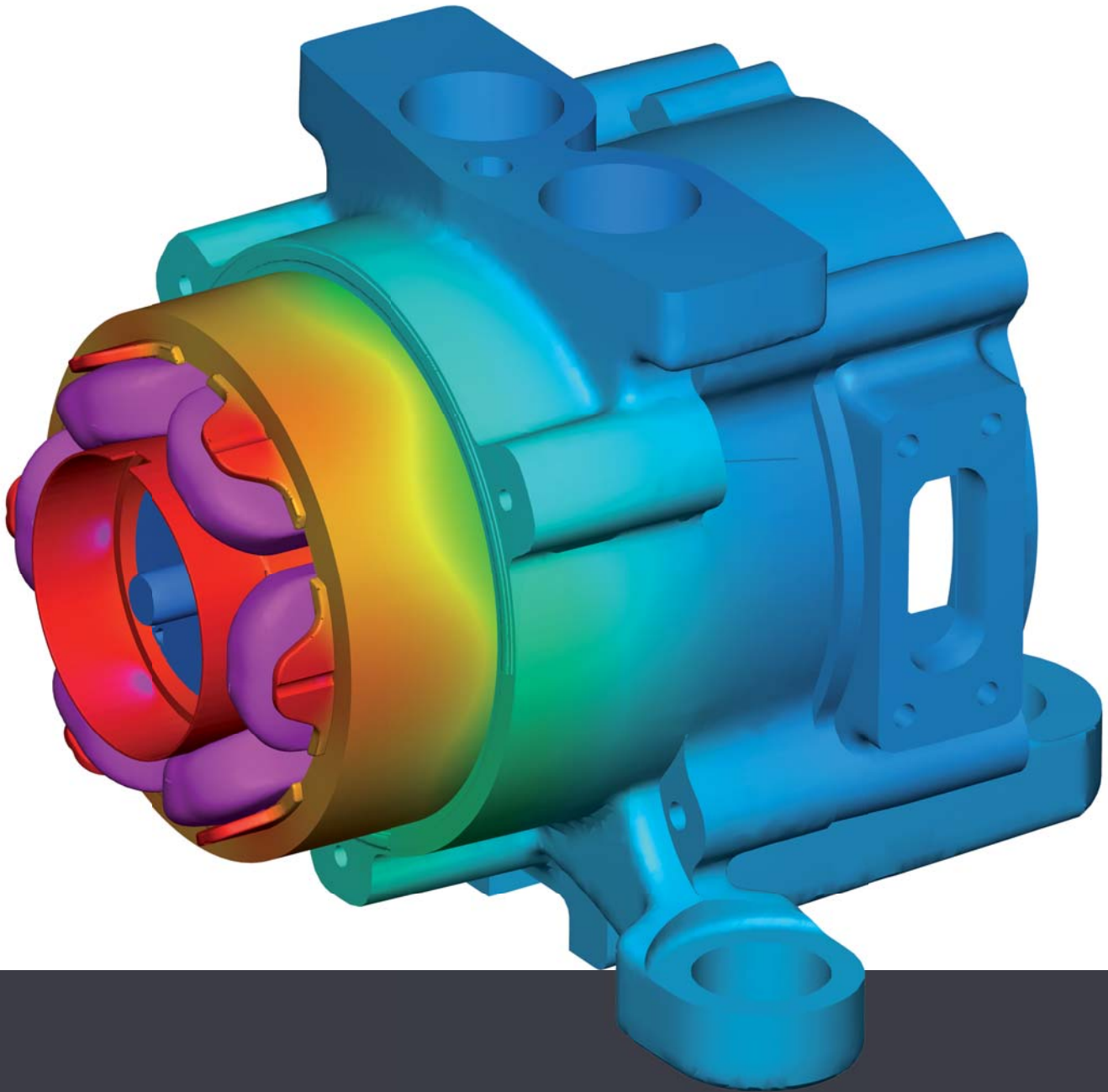
Die dargestellte Methode für die Entwicklung einer elektrisch angetriebenen Ölpumpe umfasst idealerweise den gesamten Bereich von der Analyse der Anforderungen bis zur Festlegung der Konstruktion. Dennoch muss betont werden, dass es sich bei diesem Prozess um eine iterative Vorgehensweise und nicht um einen linearen Prozess handelt.

Ausgehend von der Analyse der Marktanforderungen wurden auf Grundlage dieses Prozesses zwei technische Hauptlösungen entwickelt: eine Ölpumpe für den Betrieb innerhalb und eine für den Betrieb außerhalb der Ölwanne.

Beide Pumpen sind möglichst kompakt und einfach konstruiert. Dennoch führte die Optimierung der Konstruktion aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen zu verschiedenen technischen Lösungen. Beispielsweise stellen kleinere Leckagen bei Ölpumpen im Inneren der Ölwanne eher kein Problem dar. Deshalb wurde hier auf zusätzliche Dichtungen für das Motorgehäuse verzichtet, sodass der Stator der äußeren Umgebung ausgesetzt ist, 6. Zudem wurde ein nasslaufender Motor verwendet sowie ein interner Öldurchfluss zur Motorkühlung realisiert.

Dagegen wird für außenliegende Pumpen bevorzugt ein trocken laufender Rotor eingesetzt, damit kein interner Ölkreislauf benötigt wird, der bei außenliegenden Pumpen komplexer ausgeführt werden müsste. Dennoch wurde hier eine innovative Lösung zur Kühlung der Leistungselektronik mittels Öl gefunden.

Obwohl jede Anwendung ihre Besonderheiten hat, stellen diese beiden technischen Hauptlösungen letztendlich eine solide Grundlage für jede Neukonstruktion dar.



DESIGN PROCESS OF AN ELECTRIC POWERED OIL PUMP

In recent years, the increasingly tight emission standards have been driving the development of electric powered pumps whose control strategy can be optimised in order to minimise the absorbed energy. Pierburg Pump Technology anticipated the market needs and for few years has been developing a new generation of electric powered oil pumps.

AUTHORS



DR.-ING. ALESSANDRO MALVASI
is Senior Manager Product Engineering Electric Oil Pumps at Pierburg Pump Technology GmbH in Neuss (Germany).



DR.-ING. RAFFAELE SQUARCINI
is Manager Calculation and Simulation at Pierburg Pump Technology S.p.a. in Livorno (Italy).



DIPL.-ING. GIACOMO ARMENIO
is Director Product Engineering Oil Pumps & Mechanical Water Pumps at Pierburg Pump Technology S.p.a. in Livorno (Italy).



DIPL.-ING. ACHIM BRÖMMEL
is Vice President Product Engineering at Pierburg Pump Technology GmbH in Neuss (Germany).

MOTIVATION

The improvement of fuel efficiency with the main purpose of reducing emissions is currently the major driver for new developments in the automotive field.

Within this context, the electrification of the auxiliaries plays a key role because they can be driven independently from the combustion engine so as to optimise the absorbed energy.

Following this trend, electric powered oil pumps are increasingly requested due to their versatility; they can be used for lubrication, cooling, scavenge or actuation.

This flexibility makes this product suitable for a wide range of applications, from automatic transmissions to hybrid cars. The interest for engine applications is also increasing. Anticipating the needs of the market, in the last years Pierburg Pump Technology has been developing a new generation of electric powered oil pumps. In the next paragraphs, an overview of the design process for this product is described.

DEVELOPMENT STRATEGY

An electric powered oil pump is composed by three subsystems: pump, motor and electronic controller. Main driver of every new development is the integration of these modules so as to reduce the overall size and weight as well as the number of components. This goal is achievable because the company owns design and manufacturing expertise for all three subsystems. In addition, a special focus is also kept in order to achieve synergies with the electric powered water pumps so as to reduce costs and time to market while increasing reliability. Indeed, since 2003 Pierburg Pump Technology has produced more than five millions of electric powered water pumps and it is currently market leader for this product line.

DESIGN OF THE PUMPING GEARS

The main function of an electric powered oil pump is to create the required oil flow. For this reason its design, which in any case is an iterative process, starts from the pumping gears. For almost the totality of applications a volumetric pump is adopted, due to the pressure

requirements usually higher than 1 or 2 bar. In particular, up to 10 or 12 bar, the Gerotor solution is the best compromise in terms of robustness, noise, friction and packaging.

The dimensioning of the gears is based on the hydraulic requirements of the oil circuit, in particular on the most demanding operating point; it consists in a given flow rate at an imposed delivery pressure for a defined oil temperature.

To generate the required flow, the rotational speed must be chosen as a compromise to have a reasonable packaging of motor and pump without running up against cavitations or noise issues. A typical speed range for continuous operation is between 1500 and 3500 rpm.

Given these assumptions, the design loop starts with the preliminary estimation of the volumetric efficiency (η_v) based on experimental results collected on similar pumps. In Eq. 1 Q is the real flow, Q_{th} is the theoretical flow and Q_{leak} is the flow wasted because of leakages.

EQ. 1	$\eta_v = \frac{Q}{Q_{th}} = \frac{Q_{th} - Q_{leak}}{Q_{th}}$ $= 1 - \frac{Q_{leak}}{Q_{th}}$
--------------	--

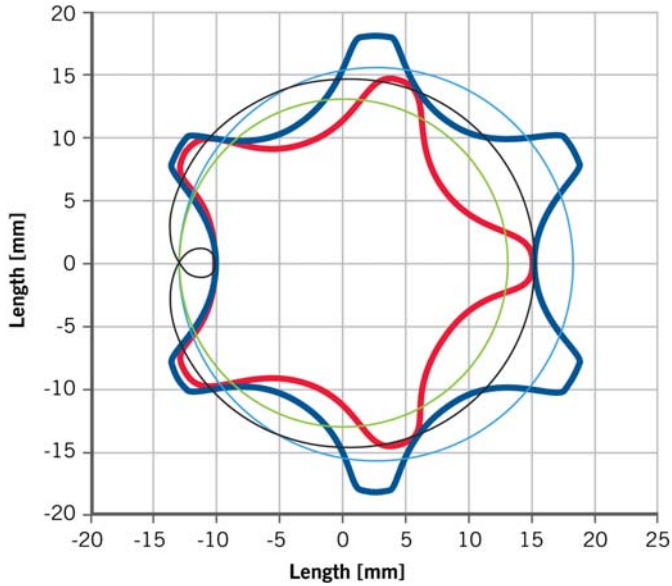
Set this value, a preliminary CAD model of the gears is generated, as shown in ❶, and used to recalculate the volumetric efficiency through a Matlab routine specifically developed.

In the next step, a number of possible Gerotor designs are generated by an Amesim routine that optimises the design parameters, for example number of teeth and eccentricity, while satisfying all boundary conditions. Among the proposed Gerotors, the most suitable one is chosen by evaluating other outputs like the flow ripple.

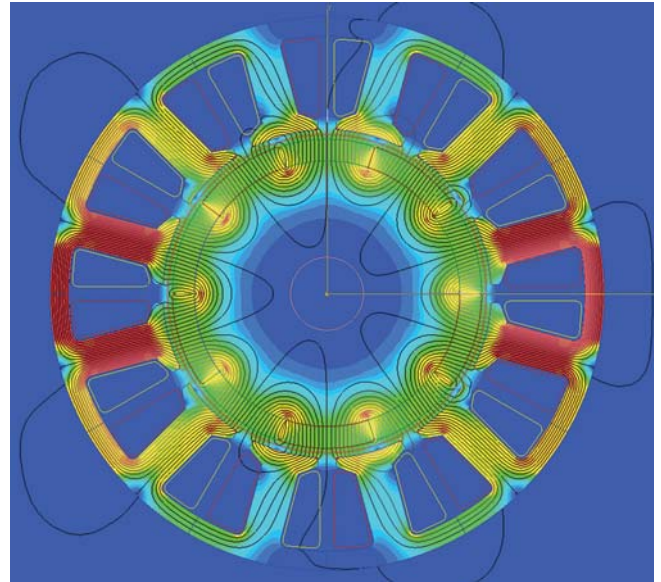
CALCULATION OF THE ABSORBED TORQUE

The next important step is the calculation of the torque absorbed in the assigned working points. This step is crucial for the dimensioning of the electric motor. For this reason, a lumped parameters model has been developed by Simulink.

This kind of model simplifies, under certain assumptions, the behaviour of a physical system into a one-dimensional code while ineluctably losing some



1 Typical outcome of a Gerotor's profile calculation



2 Simulation of the magnet circuit for a BLDC motor

details. The code requires the use of coefficients that have to be set on the base of testing results. Thus simulation and experiment cannot be completely separated: an initial set-up of the model is necessary.

The model, described later, is composed by three macro-blocks represent-

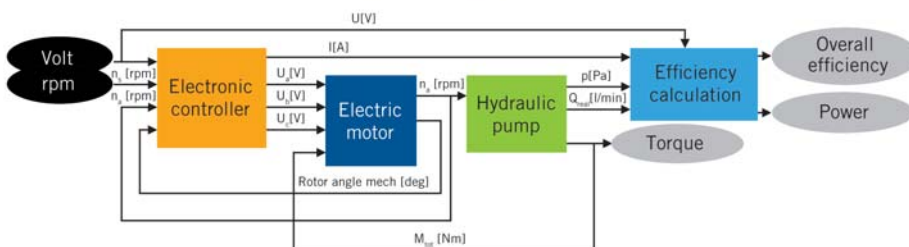
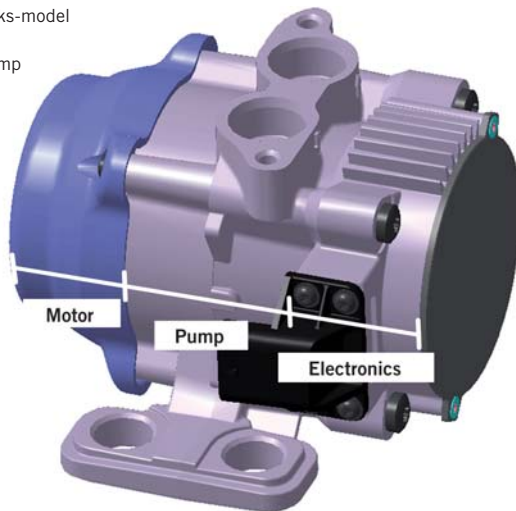
ing the subsystems of an electric powered oil pump however, in this step of the process, only the hydraulic module is used for the torque calculation.

After implementing the geometrical features of the calculated hydraulics, the total torque is evaluated as a sum of three contributions, Eq. 2:

EQ. 2	$M_{tot} = M_T + M_{CL} + M_{\mu}$
-------	------------------------------------

M_H is the hydraulic torque due to the generation of required pressure and flow, M_{CL} is the coulombian contribution generated where there are dry or lubricated contacts between sliding parts and M_{μ} is the viscous contribution due to the fluid movement inside clearances.

3 Virtual blocks-model of an electric powered oil pump



MOTOR AND ELECTRONICS DESIGN

The main function of the motor is to drive the pumping gears by generating the needed torque. For this reason, its calculation is the main prerequisite for the design of the motor. In addition, the designer needs to know temperature and speed for each working point together with some boundary conditions.

Based on these inputs, the motor is calculated making use of specific software for the design and for the optimization of the magnetic circuit, 2.

For the most of electric powered oil pump applications a brushless DC (BLDC) motor is used, mainly due to lifetime, noise and EMC requirements.

Radial flux and inner rotor design, to minimise the losses especially for wet running rotors, is the preferred concept. Besides, when minimising the packaging is the main driver, permanent mag-

nets are used and the number of poles is chosen according to the needed torque and the available packaging; four poles is the most common solution, as well as a 3-phases motor is basically a standard.

The control of the rotor position can be obtained by hall-sensors or through a sensorless solution. The latter is usually the most cost-effective solution, but the former is needed when high torque level or quick dynamic response are required especially at low temperature.

The signals from hall-sensors or sensorless solutions are, together with the control signal from the car's ECU, the inputs for the electronics controller. Precisely, the bidirectional communication with the car is ensured via LIN or PWM.

The controller is build around an Integrated Circuit that, according to the need of the specific project can be a programmable one or more commonly an ASIC (Application-Specific Integrated Circuit), due to its higher cost-effectiveness in mass volume production.

Aim of this Integrated Circuit is:

- : to regulate the generation of the control pulse of motor-phase
- : to carry out diagnostics, for instance actual speed, temperature and current
- : to apply protections against overload, over voltage and over temperature.

Notably, in terms of motor commutation, a trapezoid one is normally chosen as the best compromise between required computational workload and noise performances. From hardware point of view, the Printed Circuit Board (PCB) can be made using two technologies: FR4 or ceramic. The second solution is the state-of-the-art for high temperature applications.

INTEGRATION OF THE SUBSYSTEMS

After a pre-design of the key parts is done, the already mentioned Simulink model is used to simulate the complete system before going into a prototype phase. Notably, this activity is crucial not only for the mechanical design, but also for the presetting of the software parameters.

The model receives as main inputs voltage (V) and desired speed rotation (n_d), as shown in ③. Given these inputs, electronics and motor blocks execute two loops modifying the electric parameters in order to find an equilibrium and obtain an actual speed (n_a) convergent to the desired one (n_d). The actual speed is used as input for the hydraulic module where the absorbed torque (M_{tot}) is calculated. The value of this resistance torque is then compared with the torque generated by the motor and, in case of discrepancies, the model updates duty

cycle and actual speed so as to get to the equilibrium point.

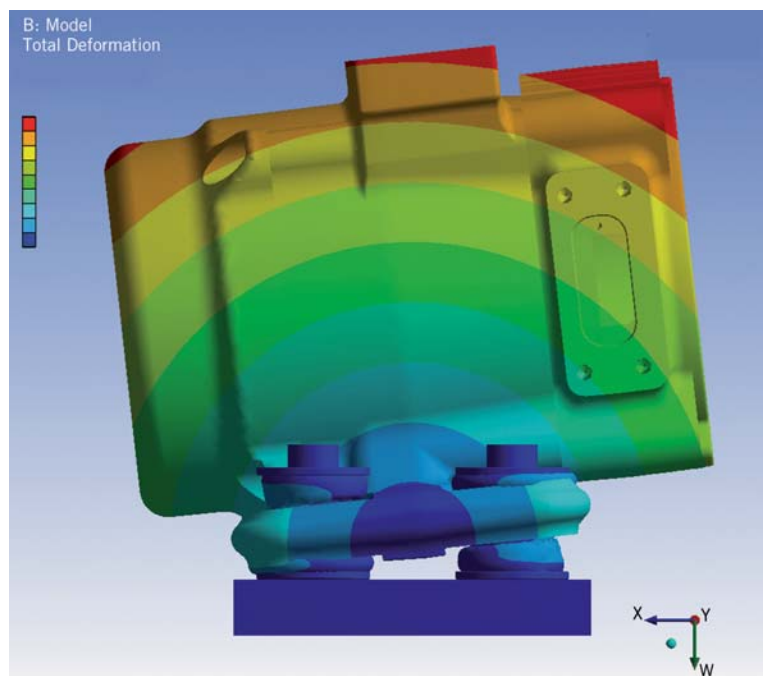
Based on the results of this simulation, the designers work on the integration of the subsystems. Once the 3D models are finalised, further simulations are carried out to verify the design. Among the others, the simulation of the thermal management plays a crucial role. The purpose is to verify that the temperature of electronics components and electric motor does not exceed the threshold values. To this aim, the complete pump is modelled so as to have a full map of the temperature distribution, as shown in ④.

A special care is dedicated to the modelling of details as the layers that make up the PCB because the hottest spots are usually the Mosfets of the power electronics. To fulfil this task a CFD analysis is performed with the sole solution of the energy equation; the analysis can be run either in a steady-state condition, simulating a specific operating point, or in transient condition, simulating an instantaneous thermal overload.

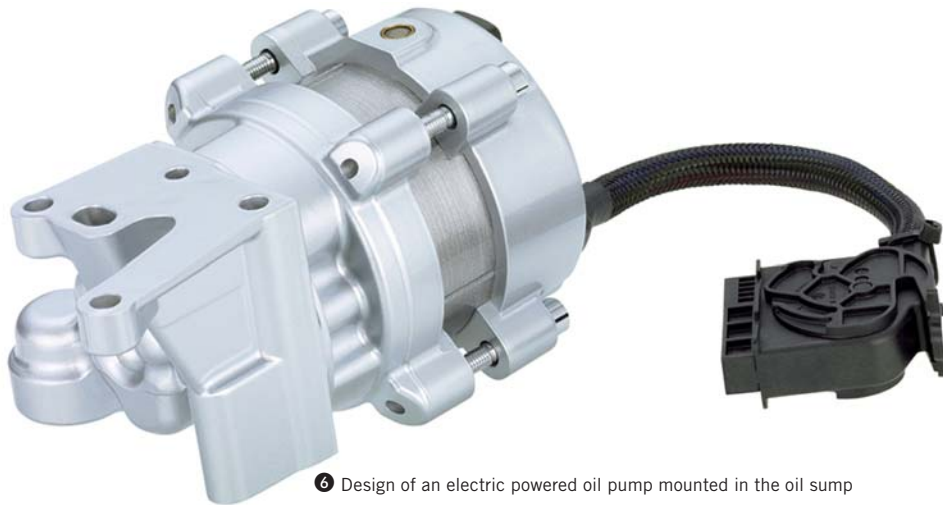
Other fundamental analysis for the acceptability of the design is the structural verification of the pump, both from static and dynamic point of view. To this aim, FEM and multibody analysis are carried out, often in combination, to investigate the vibration behaviour of the product and its resistance against fatigue.



④ CFD analysis of an electric powered oil pump: typical temperature distribution



⑤ Modal analysis of an electric powered oil pump: example of vibration mode



6 Design of an electric powered oil pump mounted in the oil sump

Indeed, thanks to the increasing software and computational capabilities, also no-linear problems can be relatively easy managed as, for instance, the behaviour of rubber dampers, 5.

As a result, through such simulations, it is possible to identify potential weak points in any component and adopt corrective actions during the early design phase.

CONCLUSIONS

The logic pattern of the design process for an electric powered oil pump has been described. Ideally, it runs from the analysis of the requirements to the definition of the design. Nevertheless, it is impor-

tant to emphasise that this process is iterative and not as linear as described.

From the analysis of the market requests and following this process, two technical mainstreams have been developed respectively for pumps located inside the oil sump or mounted externally.

Both have as a common target compactness and simplicity. Nevertheless, the optimisation of the design according to the different boundary conditions led to different technical solutions for other aspects.

On the one hand, for pumps located inside the oil sump any minor leakage does not represent an issue. This feature has been exploited to simplify the design

and get rid of additional sealing and motor housing, so that the stator is exposed on the outside, 6. At the same time, a wet running rotor has been adopted and an internal oil flow created to have a cooling effect on the motor.

On the other hand, for externally mounted pumps a dry runner rotor has been preferred to avoid the creation of an internal oil circuit, more complex in the case of an external pump. Nevertheless a smart solution has been developed to cool down the power electronics using the oil.

Ultimately, although every new project has its own peculiarities, these two technical mainstreams represent a solid foundation to start any new design process.



Warten nur auf Sie: spannende Aufgaben und die Erfolgsgefühle danach.

Bei uns ist noch ein Platz frei. Und wir haben ihn für Sie reserviert. Alles ist vorbereitet: Spannende Projekte liegen parat und das Team freut sich auf Sie. Doch eine gute Arbeitsatmosphäre ist nicht alles, was Sie bei der KSPG AG erwarten dürfen. Als einer der 100 größten Automobilzulieferer weltweit bieten wir Ihnen die Sicherheit eines Konzerns und zugleich den Spielraum eines Mittelständlers. Für Sie heißt das: ein Arbeitsplatz mit Gestaltungsmöglichkeiten, Perspektive und der Aussicht, international zu arbeiten. Hört sich gut an? Dann sollten Sie bei uns Platz nehmen. www.kspg.com