



SONCEBOZ
from mind to motion

Your partner in motion,
from a country of nature and precision
technologies



SONCEBOZ Motion systems

Our core competencies consist of design, development and production of **mechatronic drive systems** and **electric motors** that operate in **harsh environments**. We are committed to improving safety, decreasing energy consumption and minimizing the impact on the environment. Our focus on **innovation, best in class quality** and **exceptional service** is our key to success for worldwide OEM customers and their suppliers.

75 Jahre Sonceboz
75 years Sonceboz

Mechatronische Antriebssysteme – mechatronic drive systems

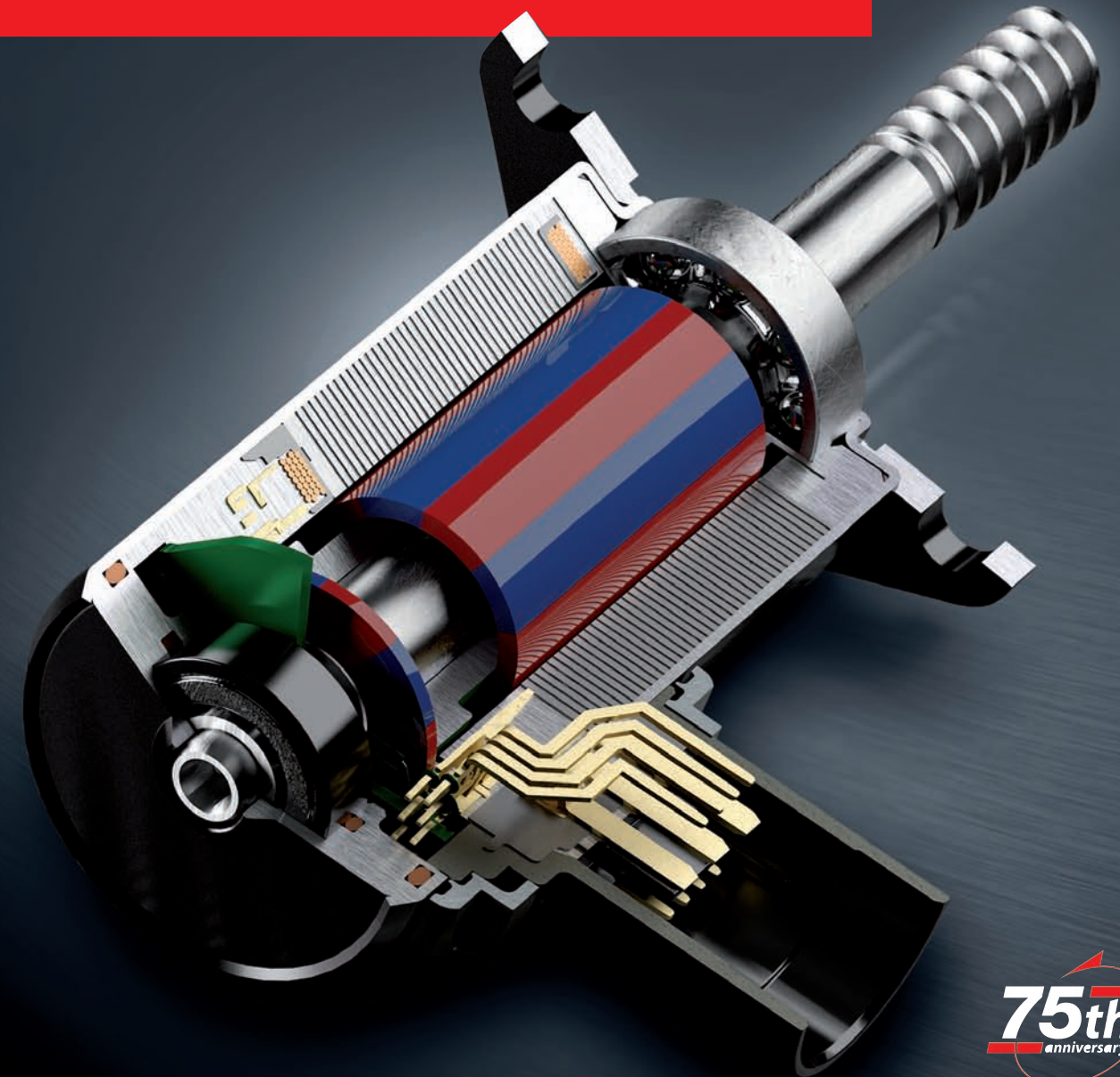
Motormanagement
Engine controls

Adaptive Beleuchtung
Adaptive lighting

Kombiinstrumente
Instrument clusters

MTZ

Eine Anzeigensonderveröffentlichung von Sonceboz in Zusammenarbeit mit MTZ / 2011



Forge new paths

A medium-sized traditional Swiss family business founded in 1936 that has made a name for itself on the world market for its particularly high quality drive solutions, thus holding its own against strong competitors in the form of large multinational groups. A sentence like that automatically leads one to think of automated manufacturing, continuity and a certain deliberateness. How easily the stereotypes come to mind.

In fact Sonceboz is a high-tech company that develops and manufactures electrical drive systems for the automobile industry. We aren't talking about cheap mass goods here but about intelligent actuators for demanding applications such as, for example, the ones required for the BMW fully variable valve control. In conversation with Dr. Edouard Pfister, the Chairman of the Board, whose father bought the company 75 years ago, you get the feeling that the only constant here is the search for added customer value.

The business model is also remarkable: At Sonceboz, the corporate focus is on developing new technologies, production according to the 0 ppm principle and the use of best practices on all levels of the company. Sonceboz consistently revises its strategy every four years to ascertain which businesses to focus on in the future. In this way, the danger encountered by many owner-managed companies, who sometimes rely too much on traditional markets or get bogged down with innovation, is avoided.


The company approach to conquering global markets is also exceptional: Sonceboz relies on the continuous development of new products which outperform everything else in their segment on the world market. Many a Sonceboz

product is recognized as the technology standard – priceless for the company. This is just one more reason why Sonceboz has proven more resistant to the economic crisis than other medium-sized companies.

The company is also forging new paths when it comes to developing disruptive technology, breaking with another mantra of modern management studies: Sonceboz does not carry out the fundamental research, the source for future customer value, at its main production facility but rather at a research center in France. Far away from the daily business, technology experts put into practice ideas and pioneering innovations which become more than just a product.

"We are not just selling motion systems, we are setting standards for selected applications", says Dr. Edouard Pfister.

In my opinion, an approach that merits consideration!



Johannes Winterhagen

Editor-in-chief for the ATZ and MTZ trade journals

Neue Wege

Ein mittelständisches Traditions- und Familienunternehmen aus der Schweiz, 1936 gegründet, das sich am Weltmarkt durch besonders hochwertige Antriebslösungen auszeichnet und sich so gegen starke Wettbewerber behauptet, die als große multinationale Gruppen auftreten. Dabei denkt man automatisch an eine mechanisch geprägte Manufaktur, an Kontinuität und eine gewisse Bedächtigkeit. Wie leicht man doch in die Klischeefalle tappt.

Denn Sonceboz ist ein High-Tech-Unternehmen, das elektrische Antriebssysteme für die Automobilindustrie entwickelt und herstellt. Keine billige Massenware, sondern intelligente Aktuatoren für höchste Ansprüche, wie sie beispielsweise von BMW für vollvariable Ventilsteuerung benötigt werden. Wer sich mit dem Vorstandsvorsitzenden Dr. Edouard Pfister unterhält, dessen Vater das Unternehmen vor 75 Jahren erwarb, spürt: Beständig ist hier nur die Suche nach neuem Kundennutzen.

Bemerkenswert auch das Geschäftsmodell: Der unternehmerische Fokus liegt bei Sonceboz auf der Entwicklung neuer Technologien, der Produktion nach dem Nullfehler-Prinzip und der Anwendung von Best Practices auf allen Unternehmensebenen. Sonceboz führt konsequent alle vier Jahre eine Strategie-Revision durch, bei der überprüft wird, auf welche Geschäfte man sich künftig konzentrieren will. So entgeht man der Gefahr von inhabergeführten Unternehmen, die manchmal zu sehr auf traditionelle Absatzmärkte setzen oder sich bei Innovationen verzetteln.

Ungewöhnlich auch das Herangehen bei der Eroberung globaler Märkte: Sonceboz setzt auf die permanente Entwicklung neuer Produkte, die in ihrem Segment mehr leisten als alles andere auf dem Weltmarkt. So manches Sonceboz-Pro-

dukt ist als Technologie-Standard anerkannt, ein unschätzbare Wert für das Unternehmen. Auch deshalb zeigt sich Sonceboz deutlich krisenfester als manch anderer Mittelständler.

Auch in der Entwicklung disruptiver Technologien geht das Unternehmen neue Wege und bricht gleich mit einem weiteren Mantra moderner Managementlehre: Die Grundlagenforschung, die Keimzelle für künftigen Kundennutzen, betreibt Sonceboz nicht im Stammwerk, sondern in einem Forschungszentrum in Frankreich. Fern des Tagesgeschäfts verwirklichen dort Technologie-Spezialisten Ideen und zukunftsweisende Innovationen, die zu mehr als einem Produkt werden.

„Wir verkaufen nicht nur Antriebslösungen, sondern setzen Standards für ausgewählte Anwendungen“, so Dr. Edouard Pfister.

Ein zum Nachdenken anregender Ansatz, finde ich!



Johannes Winterhagen

Johannes Winterhagen
Chefredakteur der Fachzeitschriften
ATZ und MTZ

Contents

75 years Sonceboz

06 Towards excellence
Variety, quality, ambition and personal engagement are giving Sonceboz its distinction – yesterday, today and tomorrow.

12 Along for the drive
Sonceboz accompanies the automotive industry as innovative partner – with high end technologies for mechatronic drive systems.

16 Advanced research in electromagnetics
The advanced research center Moving Magnet Technologies develops ideas and innovations for the future.

From mind to motion

22 Powerful lightweight
Compact, light and clever – Brushless DC motors with integrated sensors enable new solutions for variable valve control systems.

28 Compact bundle of force
Robustness and compactness in harsh environments characterizes the DC brushless actuators for air intake and exhaust gas control valve in passenger cars.

36 The clean solution
“Intelligent” EC motors contribute to the reduction of fuel consumption and emissions of diesel engines in the truck and heavy duty segment.

42 Curbing fresh air
Controlling the intake of cooling air into combustion engines reduces the air drag and fuel consumption. Smart actuators control the shutters.

48 Light in motion
More light, higher safety: In headlights integrated actuators control the mechanical movements of the light beam – for a better sight.

52 Brightness with style
“Slimline” stepper motors are indispensable for instrument clusters: They move the pointer, improve illumination and are a worldwide standard.

58 The trick with the air
Sonceboz linear actuators for idle air control valves represent an economical and reliable motion solution for small engines.

Imprint

Inhalt

75 Jahre Sonceboz

04 **Komposition des Erfolgs**

Vielfalt, Qualität, Ambition und persönliches Engagement prägen das Unternehmen Sonceboz – gestern, heute und morgen.

10 **Wir fahren mit**

Die Sonceboz AG begleitet die Automobilindustrie als innovativer Partner – mit Spitzentechnologie bei mechatronischen Antriebssystemen.



15 **Grundlagenforschung im Elektromagnetismus**

Im Forschungszentrum Moving Magnet Technologies entstehen die Ideen und Innovationen der Zukunft.

From mind to motion

20 **Starkes Leichtgewicht**

Kompakt, leicht und clever – bürstenlose Gleichstrommotoren ermöglichen neue Lösungen bei variablen Ventilsteuerungen.

26 **Kompakte Kraftpakete**

Robustheit und Kompaktheit auch in rauer Umgebung zeichnen die Aktuatoren für Lufteinlass- und Abgaskontrollventile bei Pkw aus.

34 **Die saubere Lösung**

„Intelligente“ EC-Motoren leisten in Nutzfahrzeug-Dieselmotoren einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Verbrauch und Emissionen.

40 **Gezügelter Frischluft**

Bedarfsgerechte Kühlluftzufuhr senkt den Luftwiderstand und Kraftstoffverbrauch. Smarte Stellmotoren steuern die Kühlluftklappen.

46 **Bewegtes Licht**

Mehr Licht, mehr Sicherheit: In Scheinwerfer integrierte Aktuatoren bewegen das Lichtmodul und sorgen so für sicheres Fahren.

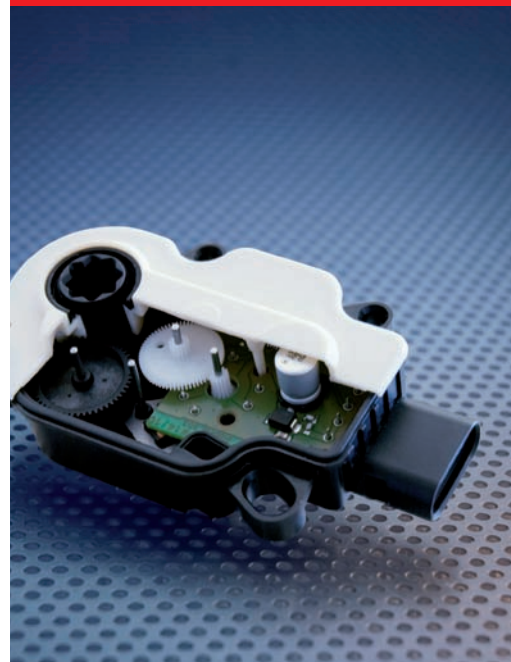
51 **Helligkeit mit Stil**

„Slimline“ Schrittmotoren sind unverzichtbare Helfer im Cockpit: Sie bewegen Zeiger und leiten Licht – und sind weltweit Standard.

56 **Der Dreh mit der Luft**

Ein „geregelter“ Leerlauf verringert CO₂-Emissionen. Kompakte lineare Stellantriebe steuern verlässlich Luftregelventile in kleinen Motoren.

Impressum





Komposition des Erfolgs

Vielfalt, Qualität, Ambition und persönliches Engagement der Mitarbeiter zeichnen ein gutes, erfolgreiches Orchester aus. Musikliebhaber spüren die Emotionen der Menschen an ihren Instrumenten und die Symbiose zwischen Dirigent und Musikern. Musik auf höchstem Niveau darzubieten und den Zuhörern ein unvergessliches Erlebnis zu bereiten, bedarf viel Enthusiasmus, Freude an der Arbeit und an kontinuierlicher Verbesserung – immer die musikalische Perfektion als Ziel vor Augen.



Dr Edouard Pfister
Vorstandsvorsitzender
Sonceboz AG

Orchester und Unternehmen sind völlig verschiedene Welten und doch eint sie das Zusammenwirken von Menschen mit einem gemeinsamen Ziel. Enthusiasmus, Freude an der Arbeit, an permanentem Fortschritt und an Perfektion sehen auch wir bei Sonceboz als Antriebsfedern unseres täglichen Handelns. Vielfalt, Qualität, Ambition und persönliches Engagement sind auch unsere Basis für Kundenzufriedenheit auf höchstem Niveau und zugleich Voraussetzung für den wirtschaftlichen Erfolg.

Unseren Kunden stets das Beste zu bieten – das ist unser Ziel, dem wir uns verpflichtet fühlen. Der Weg dorthin stützt sich auf unsere Tradition und zugleich auf unsere Bereitschaft zur Veränderung. Beides ist eng miteinander verwoben: Was wir heute tun, ist morgen Bestandteil unserer Historie. Wie wir heute im Unternehmen leben, wie wir arbeiten, wie wir entscheiden – es ist Ausdruck unserer Unternehmenskultur und derer ethischen Grundsätze. Die Firmengeschichte ebenso wie das Leben heute im Unternehmen spiegelt das Besondere von Sonceboz wider. Jeden Tag wird die Historie der Sonceboz AG fortgeschrieben, eine spannende Geschichte seit nunmehr 75 Jahren.

Offenheit gegenüber allem, was die Welt Neues bietet, zählt zu den wichtigsten unternehmerischen Pflichten. Veränderungen bieten unerwartete Perspektiven und neue Chancen. Gerade die Welt des elektrischen Antriebs, der das Automobil in eine saubere Zukunft führen wird, offeriert zahlreiche Chancen für innovative, weltoffene und aktive Unternehmen. Diese wollen wir nutzen, heute wie morgen!

„Bewegung“ als Triebfeder

Seit seinen Anfängen hat sich das 1936 gegründete Unternehmen Sonceboz der Mikrotechnik und dabei insbesondere dem Thema „Bewegung“ gewidmet. Unsere Stärke ist „Bewegung“ unter anspruchsvollen Bedingungen: hohe Beanspruchung (u. a. Temperatur, Vibration), enge Bauräume, Präzisionstechnik, um nur ein paar Stichworte zu nennen. Die Integration von Elektronik und Mechanik und damit die Entwicklung mechatronischer Antriebssysteme zählt zu den Kernkompetenzen von Sonceboz ❶, entsprechend unserem Motto „From mind to motion“. Hochkomplexe, programmierbare Bewegung – das ist das große Thema der Zukunft.

Towards excellence

The diversity, quality, ambition and personal commitment of its members are what make up a good, successful orchestra. Music lovers feel the human emotion flow from the instruments and the symbiosis between the conductor and the musicians. Performing music at the highest level and giving listeners an unforgettable experience requires much enthusiasm. You must take pleasure in the work and in continuous improvement, never letting the goal of musical perfection out of your sights.

Even though an orchestra and a company exist in two completely different worlds, they both involve people working together towards a common goal. We at Sonceboz consider enthusiasm, pleasure in work, continuous progress and perfection to be the driving forces behind our day to day business. Diversity, quality, ambition and personal commitment also form the foundation for the highest level of customer satisfaction and are a prerequisite for economic success.

We are committed to our goal of always offering our customers the best. Along the way, we rely on our tradition and on our willingness to change, both of which are closely interwoven: What we do today will make up part of our past tomorrow. The way we live, work and make decisions at the company today are all expressions of our corporate culture and its ethical principles. The company history and life at the company today both reflect what is unique about Sonceboz. The history of Sonceboz AG is being updated everyday – an exciting story for more than 75 years.

Being open to anything new the world has to offer is one of the most important corporate responsibilities. Change offers unexpected perspectives

and new opportunities. And it is precisely this world of electric drives, guiding the automobile into a clean future, that offers numerous opportunities for innovative, cosmopolitan and active companies. We intend to take advantage of these opportunities, now and into the future!

“Motion” as the driving force

Since the very beginning in 1936 when Sonceboz was founded, the company has devoted itself to microtechnic and to the topic of “motion” in particular. Our strength is “motion” under difficult conditions: high stress (including temperature, vibration), confined spaces and precision technology to name a few. The integration of electronics and mechanics and the ensuing development of mechatronic drive systems is one of Sonceboz’ core competencies ❶, in keeping with our motto “From mind to motion”. Highly complex, programmable motion – that is the topic of the future.

Take the example of the development of the typewriter as an illustration of how quickly technical developments can conquer markets in a revolutionary way. Until the middle of the 20th

century, typewriters were purely mechanical. With its central electric drive, the spherical head typewriter took over offices in the 50s. However, in the 80s it was made obsolete by freely programmable printers that could “move” completely independently from the user – controlled by a computer and moving in a completely different way. Today, printers are mass produced, their technology fully developed. Sonceboz also played a part in the further technological development – and the success – of customer-specific solutions in the field of peri-informatics.

Dr. Edouard Pfister
Chairman of the Board
Sonceboz SA

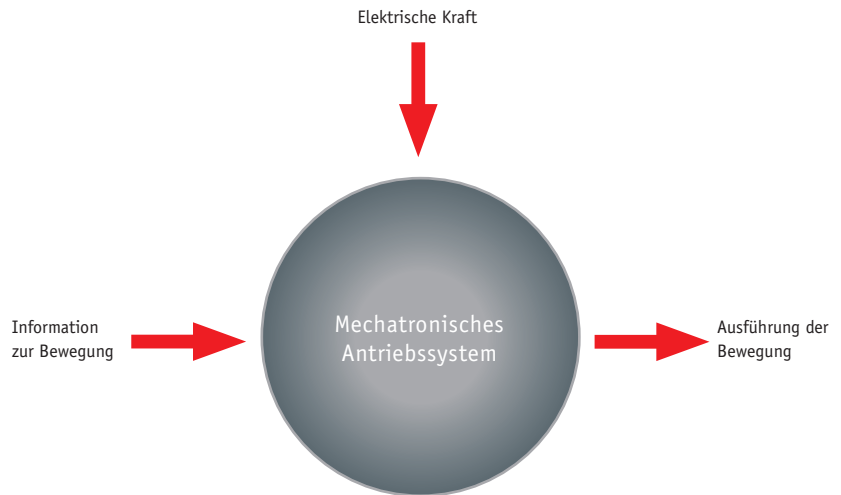
Wie schnell und „revolutionär“ technische Entwicklungen Märkte erobern können, zeigt das Beispiel der Entwicklung der Schreibmaschine. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts arbeitete jede Schreibmaschine rein mechanisch. Mit ihrem zentralen elektrischen Antrieb eroberte in den 50-er Jahren die Kugelkopfschreibmaschine die Büros. Sie wurde jedoch in den 80-er-Jahren von frei programmierbaren Druckern abgelöst, die sich – gesteuert über einen Rechner – mechanisch völlig unabhängig vom Benutzer „bewegten“ und dies in ganz unterschiedlichen Formen von Bewegung. Drucker sind heute Massenprodukte, ihre Technik ist ausgereift. Auch Sonceboz war an der technologischen Weiterentwicklung – und dem Erfolg – kundenspezifischer Lösungen im Bereich der Periforformatik beteiligt.

In der Automobilindustrie hat der Bedarf an „Bewegung“ seit den 80er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts einen atemberaubenden Fortschritt erlebt. Im Nutzfahrzeugsektor beobachten wir aktuell eine ähnlich rasante Entwicklung. Sonceboz zählt zu den weltweit führenden Spezialisten für mechatronische Antriebssysteme. Die Fülle an technologischen und wirtschaftlichen Aufgaben und Herausforderungen, mit den uns Kunden und Märkte konfrontieren, sehen wir als große Chance, den automobilen Fortschritt nicht nur voran zu treiben, sondern auch maßgeblich mit zu gestalten.

Technologischer Vorsprung

Die Entwicklung mechatronischer Antriebe ist heute so spannend wie noch nie. Elektronik, Informatik und neue Werkstoffe eröffnen neue technische Möglichkeiten, zeigen neue Perspektiven und Lösungswege auf. Sonceboz nutzt die Zeit der Veränderung, um sich den Herausforderungen der Zukunft schon heute zu stellen. Denn erfolgreich ist der, der den technologischen Vorsprung für sich nutzen kann: schneller sein als andere, den Kunden mit Innovationen unterstützen, technologischer Fortschritt als Wertschöpfung.

Es gilt die Zukunft zu entschlüsseln. Welche Technologien werden auf mittel- und langfristige Sicht das Rennen machen? Welche Lösungsansätze sind zukunftsrelevant? Kurzum, was will der



1 Grundprinzip eines mechatronischen Antriebssystems

Kunde und vor allem: wann? Es geht um zukünftige Bedarfe und deren frühzeitiges Erkennen und technologische Umsetzung.

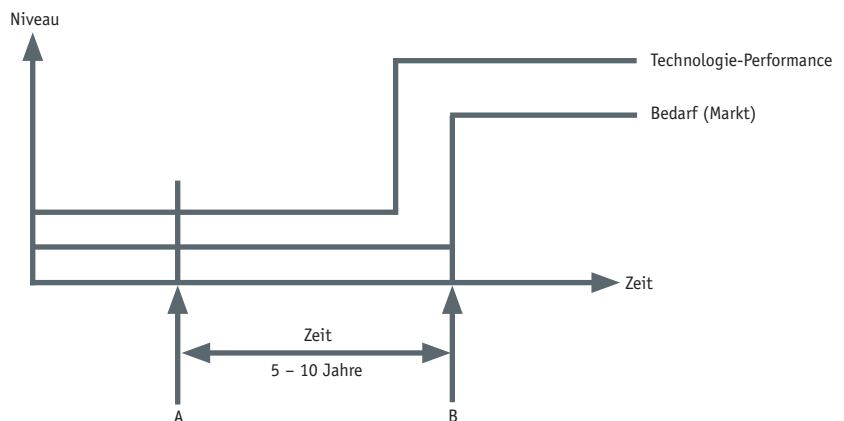
Innovationen bergen aber auch Risiken. Sie voran zu treiben von der ersten Idee bis zur Serienreife erfordert viel Zeit und Engagement im Unternehmen. Fünf bis zehn Jahre vergehen in der Regel von der ersten Idee bis zum serienreifen, produktionsfähigen Produkt 2. Nicht alle guten Ideen taugen zur Innovation. Es gilt, viele Ideen, viele Projekte auf den Weg zu bringen, um die Innovationsfähigkeit des Unternehmens zu gewährleisten und eine erfolgreiche Weiterentwicklung von Produkten, Prozessen und damit auch des gesamten Unternehmens sicher zu stellen.

75 Jahre Sonceboz

Die Geschichte des heutigen Werks von Sonceboz im kleinen Ort Sonceboz-Som-

beval im Schweizer Kanton Bern reicht bis ins Jahr 1849 zurück. Damals entstand das erste Fabrikgebäude, in dem Rohwerke für Uhren gefertigt wurden. 1905 wird Fritz-Edouard Pfister zum Direktor des Werks von Sonceboz ernannt. Nach dem Börsencrash im Oktober 1929 beschließt die Leitung der Firmengruppe, zu der das Unternehmen gehört, die Niederlassung von Sonceboz zu schließen. Fritz-Edouard Pfister wehrt sich. Er möchte den Betrieb übernehmen. Sein Plan findet Gefallen. 1936 kauft er zusammen mit seinem Sohn Pierre, damals 28 Jahre alt, die Abteilung „Zählwerke“ aus der Fabrik von Sonceboz heraus. Ein Management-Buy-Out im klassischen Sinne schon damals. Die Produktion der Rohwerke wird in andere Werke der Firmengruppe verlegt.

Drei Jahre später beginnt der zweite Weltkrieg, die Grenzen werden geschlossen. Schwere Zeiten für das junge Unternehmen. In den Nachkriegsjahren



2 Frühzeitig Bedarfe erkennen und die Entwicklung von Innovationen entsprechend steuern

The need for “motion” in the automobile industry has made breathtaking progress since the 1980s. We are currently seeing similar rapid development in the trucks and off-highway sector. Sonceboz is one of the world’s leading experts when it comes to mechatronic drive systems. We see the wealth of technological, economic tasks and challenges that customers and markets confront us with as a huge opportunity. They not only drive progress in the automobile industry but enable us to be an integral member of shaping that progress.

Technological head start

Mechatronic drive systems development has never been more exciting. Electronics, information technology and new materials open up new technical possibilities and highlight new perspectives and solutions. Sonceboz is taking advantage of this time of change to meet the challenges of tomorrow, today. Success is being able to use this technological head start to your advantage: to be faster than the others, to support customers with innovation and use technological progress as added value.

Decode the future. Which technologies will win the race in the medium to long term? What solutions are relevant for the future? In short, what does the customer want and, first and foremost, when does he want it? It is all about recognizing future needs and implementing the technology early on.

But with innovation comes risk. To promote innovation from its conception until it’s ready for production requires a lot of time and commitment from the company. As a rule, five to ten years go by from the first idea to a product ready for production ②. Not all good ideas are good for innovation. The idea is to get many ideas and products going in order to guarantee the company’s innovative ability and ensure the successful further development of products, processes and thus the entire company.

75 years of Sonceboz

The history of today’s Sonceboz factory in the small village of Sonceboz-Sombeval in the Swiss canton of Bern dates back to 1849. That was the start

of the first factory building in which movement-blanks for watches were manufactured. In 1905, Fritz-Edouard Pfister was appointed director of the Sonceboz factory. Following the stock market crash in October 1929, the management of the Group the company belonged to made the decision to close the Sonceboz location. Fritz-Edouard Pfister resisted. He wanted to take over the business. His plan found favor. In 1936 he and his son Pierre, who was 28 at the time, bought the “counters” department from the Sonceboz factory. It was a classic management buy-out even at that time. Production of the movement-blanks was moved to other plants in the group of companies.

Three years later, the Second World War broke out and the borders were closed. Hard times for the young company. However, the tides turned quickly again in the post-war years. The reconstruction of the economy in Europe brought new business and growth to medium-sized companies like Sonceboz. Pierre Pfister was a visionary pioneer. He implemented new ideas and stubbornly pursued his goals.

The chart ③ gives an overview of the historical development of Sonceboz as a company. It is characterized on the one hand by free market and political influences and on the other by technological developments whose significance was recognized early on by corporate management who knew how to take strategic advantage of it.

The path to the goal

40 years ago, Prof. Dr. Cuno Pümpin, who was a professor of management studies at the University of St. Gallen at the time, taught the “dynamic principle” with the following central idea: corporate dynamics are created by tapping into attractive benefit potential. These activities must be systematically multiplied. A corporate personality must drive the process forwards. When it comes to implementation this prima-

rily means: clearly defining strategic positions, setting concrete goals and consistently pursuing them.

This is the management principle we have followed at Sonceboz for 25 years. Every four years the corporate strategy is scrutinized and undergoes extensive revision. We are currently working on our long-term strategy “Motion 2020”, which will be adopted by the end of 2011. In “Motion 2020” we define our strategic focus on mechatronic drive systems. We focus on the expansion of our technological expertise, our product portfolio and on the future in management.

Attractive employer

Fruit only ripens when it grows on a tree with healthy roots in fertile soil. If you want to reap the benefits you must invest in the care of the tree, its roots and the soil. Sonceboz is a tree with deep cultural roots in the Bern region where the company is located. As a family business, making a contribution to positive economic development in the region is something close to our hearts. To this end, we continue to pursue the vision of Fritz-Edouard Pfister who, 75 years ago, successfully fought to keep the jobs at Sonceboz.

Sonceboz continues to offer attractive and secure jobs and we intend to do so on into the future as well.

Our corporate culture is founded on Christian beliefs. We are here to serve others. To improve on a daily basis, to offer our customers the absolute best – that is what Sonceboz stands for, a family business with passion.

I would like to take this opportunity to thank all of our customers, suppliers and everyone who has stood by Sonceboz over all the years. I would like to recognize our employees in particular who contribute to the progress of the company day in and day out. You are the ones who through your work and commitment will continue to update the success story of Sonceboz.

- | ① Basic principle of a mechatronic drive system
- | ② Recognize needs early on and control the development of innovation accordingly
- | ③ From time control to motion – The most important stations of the Sonceboz company from 1936 to 2011

wendet sich das Blatt jedoch schnell wieder. Mittelständischen Unternehmen wie Sonceboz beschert der Wiederaufbau der Wirtschaft in Europa neue Geschäfte und Wachstum. Pierre Pfister ist ein visionärer Pionier. Er setzt neue Ideen um und verfolgt beharrlich seine Ziele.

Die Darstellung ③ gibt einen Überblick über die historische Entwicklung des Unternehmens Sonceboz, die geprägt ist einerseits von marktwirtschaftlichen und politischen Einflüssen, andererseits von technologischen Entwicklungen, deren Bedeutung die Unternehmensleitung sehr früh erkannte und strategisch entsprechend für sich zu nutzen wusste.

Der Weg zum Ziel

Vor 40 Jahren lehrte Prof. Dr. Cuno Pümpin, seinerzeit Professor für Managementlehre an der Hochschule St. Gallen, das „Dynamik-Prinzip“ mit folgenden Kerngedanken: Unternehmensdynamik wird erzeugt, indem attraktive Nutzenpotentiale erschlossen werden. Diese Aktivitäten müssen systematisch multipliziert werden. Eine unternehmerische Persönlichkeit muss als Promotor den Prozess vorantreiben. In der Umsetzung

bedeutet dies vor allem: Strategische Positionen klar definieren, sich konkrete Ziele setzen und diese konsequent verfolgen.

Dieses Management-Prinzip leben wir bei Sonceboz seit 25 Jahren. Im Vier-Jahres-Rhythmus steht die Unternehmensstrategie auf dem Prüfstand und wird einer umfassenden Revision unterzogen. Aktuell arbeiten wir an unserer Langfriststrategie „Motion 2020“, die wir Ende 2011 verabschieden werden. In der „Motion 2020“ schreiben wir unsere produktstrategische Ausrichtung auf mechatronische Antriebssysteme fest. Wir fokussieren die Erweiterung unserer Technologiekompetenz und unseres Produktportfolios, aber ebenso eine konsequente Zukunftsorientierung im Management.

Attraktiver Arbeitgeber

Früchte reifen nur an einem Baum mit gesunden Wurzeln in fruchtbarem Boden. Wer ernten will, muss in Hege und Pflege des Baums, der Wurzeln und der Erde investieren. Sonceboz ist ein Baum mit tiefen kulturellen Wurzeln in der Region Bern, in der das Unternehmen beheimatet ist. Als Familienunter-

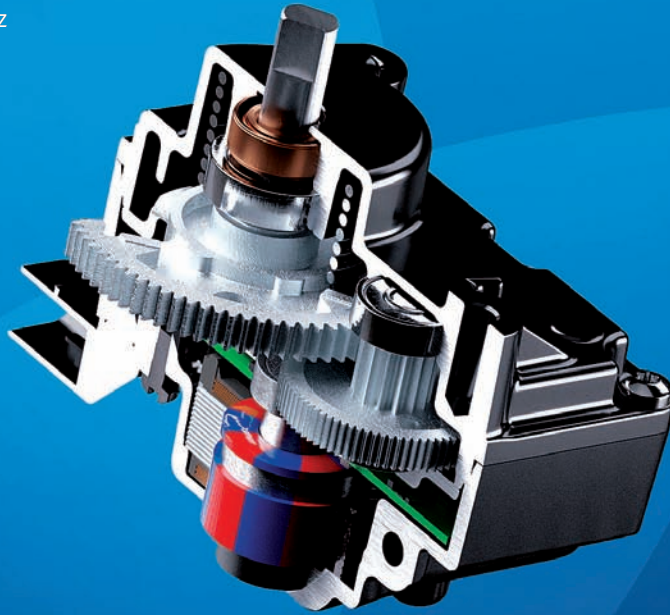
nehmen liegt es uns am Herzen, einen Beitrag zur positiven wirtschaftlichen Entwicklung der Region zu leisten. In diesem Sinne leben wir die Vision von Fritz-Edourd Pfister weiter, der sich schon vor 75 Jahren für den Erhalt der Arbeitsplätze bei Sonceboz erfolgreich einsetzte.

Auch heute bietet Sonceboz attraktive und zukunftssichere Arbeitsplätze und das ist auch unsere Anspruch für die Zukunft.

Unsere Unternehmenskultur ist geprägt von christlichem Glauben. Wir sehen uns im Dienst am Menschen. Jeden Tag besser werden, das Bestmögliche unseren Kunden bieten – dafür steht Sonceboz, das Familienunternehmen mit Leidenschaft.

Danken möchte ich an dieser Stelle allen unseren Kunden, unseren Zulieferern und allen anderen, die den Weg der Sonceboz AG über all die Jahre begleiteten. Meine besondere Anerkennung gilt unseren Mitarbeitern, die Tag für Tag ihren Beitrag leisten, um das Unternehmen weiter voran zu bringen. Sie sind es, die durch ihre Arbeit und ihr Engagement die Erfolgsgeschichte der Sonceboz AG fortschreiben werden.

	1936 – 1950	1950 – 1970	1970 – 1990	1990 – 2011
				
Produkt	Industrielle Uhrenwerke	Synchronmotoren	Schrittmotoren	Elektromagnetische Wandler, Motoren/Geber, Technologien von MMT
Markt	Messinstrumente	diverse Industriemärkte	Markt der Peripherieinformatik + Automobilmarkt	Automobilmarkt Lkw + Traktoren/Bau- maschinen + Medizin
Bestimmende Technologie	Uhrenhemmung (Regelmechanismus eines mechanischen Uhr-Bewegungsablaufs)	50-Hz-Stromnetz-Zeitbasis – als Zeitbezug durch einen Synchronmotor verwendet	Markteinführung von effizienten und kostengünstigen integrierten Schaltkreisen und Leistungstransistoren	Kompetenzen des MMT-Teams im Bereich Elektromagnetismus
Auslösendes Element	Weltwirtschaftskrise 1929	Kooperation mit AEG Berlin	Prof. Dr. Marcel Jufer (ETH Lausanne)	Elektromagnetische Kompetenzen, Dr. Claude Oudet und sein Team (MMT) Elektromagnetische Kompetenzen



Pierre Gandel
Chief Executive Officer,
Sonceboz Group

1936 gründete Pierre Pfister in Sonceboz-Sombeval eine Firma für industrielle Uhrenwerke und legte damit den Grundstein für die heutige Sonceboz AG. Er wählte den kleinen Ort im Schweizer Kanton Bern, weil er dort den Fluss als natürliche Energiequelle nutzen konnte. Pierre Pfister war seiner Zeit voraus. Wo sich der findige Unternehmer vor 75 Jahren niederließ, steht heute eine Fabrik, in der 850 Mitarbeiter hoch technologisierte, mechatronische Antriebssysteme für den modernen Fahrzeugbau produzieren. Ob Pierre Pfister sich schon in jenen Tagen ein Unternehmen in dieser Größe erträumt hatte? Man weiß es nicht. Undenkbar ist es nicht, denn der Ingenieur Pfister galt als Visionär und Geschäftsmann.

Das Unternehmen Sonceboz blickt heute auf 75 Jahre wechselvolle und erfolgreiche Geschichte zurück. In Zusammenarbeit mit MTZ blicken wir mit dieser Ausgabe in die Zukunft. Denn es gilt heute, die Weichen zu stellen und Strategien zu definieren, um auch morgen die Entwicklung des Unternehmens erfolgreich fortschreiben zu können.

Kompetenz im Netzwerk

Sonceboz strebt die Marktführerschaft für mechatronische Konzepte und Lösungen in Europa an. Unsere Expertise

ist die Umwandlung elektronischer Impulse in mechanische Bewegung – in der Regel für ausgewählte und kundenspezifische Anwendungen. Unser Know-how und unsere langjährigen Erfahrungen auf diesem Technologiefeld resultieren in einem hohen Nutzen für unsere Kunden und Partner.

Wir agieren in einem engmaschigen Netzwerk, in dem unsere Mitarbeiter, Partner und Lieferanten effizient zusammenarbeiten und sich gegenseitig unterstützen. Somit können wir unsere Kunden mit einem breiteren Angebot und größeren Kundenvorteilen zufrieden stellen als dies mancher Wettbewerber vermag. Basierend auf einer global ausgerichteten Lizenz- und Partnerstrategie produzieren wir hochwertigste Technologieprodukte. Sie gelten international als Benchmark und einige unserer Produkte setzen technologische Standards.

„From mind to motion“

Innovative Ideen und Schaffung von Kundennutzen sind unsere treibende Kraft. Das Sonceboz Grundlagenforschungszentrum in Besançon (Frankreich) gilt weltweit als führend im Bereich Elektromagnetismus. Unsere erfahrenen und qualifizierten Entwicklungsingenieure in der Schweiz schaffen zudem die

Wir fahren mit

Neue Mobilitätskonzepte, innovative Antriebstechnologien und eine kritische Auseinandersetzung mit dem Automobil werden die Zukunft prägen. Das 1936 gegründete Unternehmen Sonceboz AG begleitet die Automobilindustrie als innovativer Partner – mit Know-how und umfassenden Dienstleistungen im Bereich mechatronischer Antriebssysteme. „From mind to motion“: Wo immer das Automobil in Zukunft hin fährt – wir fahren mit!

technologischen Grundlagen für die 40 Millionen Antriebe, die jedes Jahr unsere hoch automatisierte Produktion verlassen.

Die Nähe zum Kunden ist Basis unseres täglichen Handelns. Sonceboz verfügt über zahlreiche Schlüsseltechnologien im Bereich mechatronischer Systeme. Über einen zuverlässigen und effizienten Service geben wir diesen Nutzen an unsere Kunden weiter. Die intensive Zusammenarbeit und der permanente Austausch mit unseren Kunden ermöglichen uns, deren Vorstellungen und Aufgabenstellungen aufzunehmen und sie in maßgeschneiderte technische Konzepte umzusetzen. Unser Motto „From mind to motion“ reflektiert diese Einstellung vortrefflich. ① Maßgeschneiderte Lösungen auch für hoch komplexe Problemstellungen sind unsere Spezialität!

Markt und Zukunft

Innovationsbereitschaft und Innovationsfähigkeit, aber auch der Mut Neues anzugehen und die Zukunft strategisch zu planen, zeichnen die internationale Automobilindustrie aus. Die Automobilindustrie „mobilisiert“ die Welt. Wir sind stolz, mit wertvollen Ideen und Innovationen diesen Weg mitzugehen.

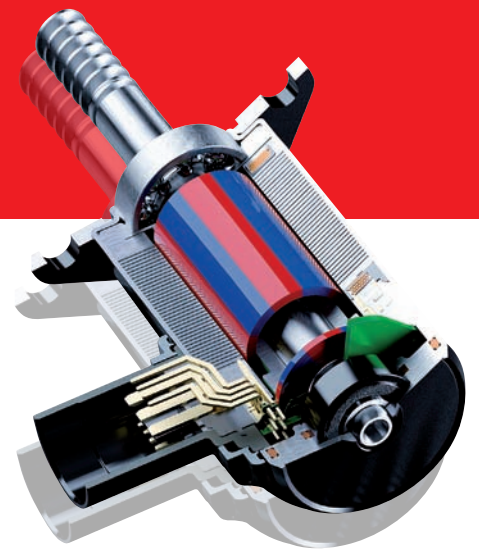
Die Zukunft möglich machen

„Die Zukunft soll man nicht voraussehen wollen, sondern möglich machen“, sagte der französische Schriftsteller Antoine de Saint-Exupéry. So sehen wir auch den Weg von Sonceboz. Doch wohin wird der Weg uns führen? Wohin wird es die Automobilindustrie in den nächsten Jahrzehnten treiben?

Die Zukunft ist ungewiss, doch einige Megatrends zeichnen sich schon heute ab. Die Automobilindustrie steht weitgreifenden Veränderungen gegenüber. Weitere Globalisierung, eine anhaltende Fokussierung auf die Märkte Asiens sowie die rasante technologische Weiterentwicklung des Automobils werden auch von Sonceboz neue Weichenstellungen fordern und das Unternehmen vor große Herausforderungen stellen.

Herausforderung Asien: Über unser Netzwerk von Partnern und Lizenznehmern stellen wir die Versorgung der Kunden vor Ort sicher. Der Trend in Richtung Asien wird begleitet von der Weiterentwicklung der Technologien, die weltweit an Tempo gewinnen wird.

Herausforderung Mobilität: Die Urbanisierung der Weltbevölkerung zählt zu den großen Herausforderungen dieses



① Beispiel Abbildung von einem mechatronischen System, BLDC-Motor für vollvariable Ventilsteuerung

Jahrhunderts. Die Mega-Cities werden weiter wachsen, neue entstehen. Die Urbanisierung wird die Nachfrage nach neuen, zeitgemäßen Mobilitätslösungen weiter verstärken: innerhalb der Städte – Stichwort „urbane Mikromobilität“ –, aber auch über größere Distanzen. Unsere Antwort darauf ist ein gefächertes Lösungsportfolio für verschiedenste Transportmöglichkeiten, die auch den Warentransport mit einschließen.

Powertrain Electrification: Die Elektrifizierung des automobilen Antriebs wird aktuell sehr kontrovers diskutiert. Manche sehen die Zeit noch nicht reif für den E-Antrieb als Megatrend. Wir bei Sonceboz sind bereit für die automobilen Zukunft! Der E-Antrieb – wie auch immer

Along for the drive

New mobility design, innovative drive technologies and a critical debate will shape our future interactions with the automobile. Sonceboz, founded in 1936, works with the automobile industry as an innovative partner with expertise and comprehensive services in the area of mechatronic drive systems. "From mind to motion": no matter where the automobile goes in the future – we'll be along for the drive!

In 1936, Pierre Pfister founded a company involved with the production of industrial clockwork mechanisms in Sonceboz-Sombeval, establishing the foundation for today's Sonceboz. He chose this small community in the Swiss canton of Bern because he could use the river there as a natural source of power. Pierre Pfister was a man ahead of his time. Today, in a factory located where this resourceful entrepreneur got started 75 years ago, 850 employees produce highly technical mechatronic drive systems for advanced vehicle design. Did Pierre Pfister dare to dream of a company of this magnitude back then? We don't know. But it is not inconceivable: as an engineer, Pierre Pfister was both a visionary and a businessman.

And today, Sonceboz can look back on 75 years of eventful, successful history. Together with MTZ we are looking toward the future in this issue. Today we have to set the course and define strategies in order to sustain the company's successful development.

Networking expertise

At Sonceboz, our aim is to become the market leader in Europe for mechatronic concepts and solutions. Our expertise is in transforming electronic impulses into mechanical motion – generally for selected and customer-specific applications. Our expertise and many years of experience in this technological area result in a great deal of value creation for our customers and partners.

We operate in a close network in which our employees, partners and suppliers work together efficiently and support each other. In this way, we can satisfy our customers with a significantly wider range of offerings and greater benefits than some of our competitors can provide. Based on a globally aligned licensing and partnership strategy, we produce technological products of the highest quality. They serve as benchmarks at an international level and some of our products set technological standards.

"From mind to motion"

Our driving force consists of innovative ideas and value creation. The Sonceboz fundamental research center in Besançon (France) is known internationally as a leader in the area of electromagnetism. Furthermore our experienced, skilled development engineers in Switzerland establish the technological foundation for the 40 million high performance motors produced every year in highly automated processes.

Our everyday work is based on understanding our customers well. Sonceboz has many key technologies in the area of mechatronic drive systems. With our reliable, efficient service we pass these values on to our customers. Intensive cooperation and a continuous exchange with our customers make it possible for us to implement optimally their concepts and specifications in dedicated designs. Our motto, "From

mind to motion", reflects this approach perfectly well 🎯. Customized solutions, even for highly complex challenges, are our specialty!

The market and the future

The international automobile industry is characterized by a readiness and ability to innovate, the courage to try something new and strategic future planning. The automobile industry "mobilizes" the world. We are proud to support this journey with valuable ideas and innovations.

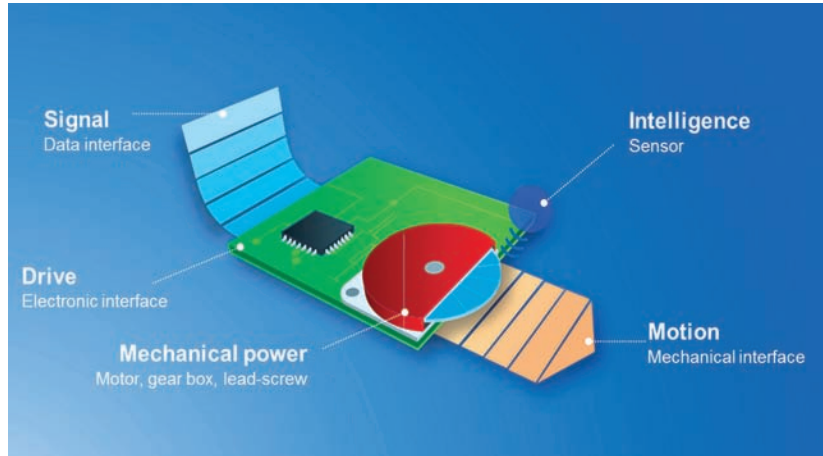
Enabling the future

The French author Antoine de Saint-Exupéry wrote that "our task is not to foresee the future, but to enable it". That's how we see our journey at Sonceboz as well. But where will the journey take us? In which direction will the automobile industry be moving in the decades to come?

Pierre Gandel
Chief Executive Officer,
Sonceboz Group



2 Einwandfreie Produktionsanlagen basierend auf 0 ppm



3 Genetisches Prinzip 2025 eines Grundlagenforschungs Roadmap

er gestaltet wird – ist eine große Chance, um neue Maßstäbe bei Antriebssystemen zu setzen. Wir stehen heute an einem technologischen Wendepunkt: Neue Lösungen mit Hybrid-Technologie und Mehrfachantrieben sind die Zukunft.

Driver Assistance and Connectivity: Dank der Fortschritte in der „Intelligent Car Technology“ und einer permanent optimierten Schnittstelle Mensch-Maschine können wir uns bald keine Mobilitätslösungen ohne Web-Connection mehr vorstellen. Unsere Expertise im Bereich intelligenter Antriebssysteme sehen wir als wichtiges Rüstzeug für den Weg in die Zukunft.

Mechatronik: Die kontinuierlich wachsende „Mechatronisation“ der Systeme im Bereich des Fahrzeugbaus geht indes weiter. Neue und immer komplexere Herausforderungen bedingen immer fundierteres Know-how im Bereich des Elektromagnetismus, der Leistungselektronik, der Kommunikationsnetzwerke und der Sensorik. Gleichzeitig wachsen die technischen Anforderungen. Zuverlässigkeit, Robustheit, Kompaktheit sind unabdingbare Parameter, die erfüllt sein wollen. Die Umsetzung enger Partnerschaften macht Sinn. Mit Hilfe vollständiger Simulation und Validierungssysteme sowie einwandfreien Prozessinstrumenten und Fertigungseinrichtungen 2 verkürzen wir Entwicklungszeit, wir ein hohes Qualitätsniveau und gewährleisten damit Kundenzufriedenheit.

Time-to-Market: Um flexibel zu bleiben und schnell reagieren zu können, hat Sonceboz ein kundennahe Managementsystem aufgebaut. Es ist nach Prozessen organisiert und in Business Units dezentralisiert. Stringente Kundenorientierung und ein umfassendes Service- und Dienstleistungsangebot sehen wir als Wettbewerbsvorteil, von dem vor allem unsere OEM-Kunden profitieren. Unserer Ansicht nach ein absolutes Muss in der heutigen Zeit – und in Zukunft.

Schnelligkeit ist ein weiterer Baustein unserer Unternehmensstrategie und zwar im Sinne: dem Wettbewerb technisch immer einen Schritt voraus zu sein. Eine wichtige Keimzelle für Innovationen ist unsere Forschungszentrum Moving Magnet Technologies SA (MMT). Die MMT-Experten forschen im Rahmen der Roadmap 2025 schwerpunktmäßig im Bereich des Elektromagnetismus. Zu ihren zukunftsweisenden Arbeitsfeldern zählen unter anderem Brushless-Motorgenerationen, kontaktfreie Sensoren und magnetische Getriebe 3.

Ausblick

Auf 75 Jahre Erfolgsgeschichte blickt das Unternehmen Sonceboz zurück, die nicht minder erfolgreiche Geschichte des Automobils begann vor 125 Jahren. Wir wissen nicht, welche Visionen Pierre Pfister anno 1936 hegte. Ebenso wenig können wir uns heute vorstellen, wie die Automobilindustrie in 75 Jahren aussehen wird. Wird es das „Automobil“ im

heutigen Sinne überhaupt noch geben? Welche Konzepte und Lösungen wird die „Mobilität von morgen“ hervorbringen? Wird vielleicht dann elektrische Energieumwandlung ohne Kabel und ohne Batterie möglich sein? Werden wir neue Energiequellen für die individuelle Mobilität finden? Wer weiß ...

75 Jahre Zukunft – eine immens lange Zeit mit vielen Unbekannten. Die technologische Entwicklung rast, immer schneller dreht sich das Rad der Innovationen. Wer erfolgreich sein will, sollte der Zukunft mit Demut und Bescheidenheit begegnen. Keiner weiß, was das Morgen bringen wird, deshalb vertrauen wir auf das, was das Unternehmen Sonceboz in der Vergangenheit geleistet und stark gemacht hat:

- Kundennutzen durch innovative Lösungen
- Vorsprung durch Wissen und Know-how
- Effiziente, kundennahe Managementsysteme und kontinuierliche Verbesserungsprozesse

„From mind to motion“ lautet unser strategisches Motto, das auch unseren technologischen Führungsanspruch beinhaltet. Sonceboz beabsichtigt am faszinierenden Mobilitätsfortschritt, der der Welt in den nächsten Jahrzehnten bevorsteht, maßgeblich mitzuwirken. Und ich bin sehr zuversichtlich: Wenn wir das Jahr 2036 schreiben, werden wir das 100-jährige Bestehen der Sonceboz feiern. Das Automobil wird dann 150 Jahre jung sein. Ich bin sicher, es wird auch dann noch fahren – und Sonceboz fährt mit!

The future is uncertain, but a few major trends are already visible today. The automobile industry is facing a broad range of comprehensive changes. Further globalization, a continuing focus on Asian markets and rapid technological evolutions for the automobile will also require Sonceboz to move in new directions and the company will face new challenges.

The Asia challenge: Using a large network of partners and licensees, we can ensure that our local customers are satisfied. The trend toward Asia is accompanied by further technological development that will accelerate internationally.

The mobility challenge: The urbanization of the world's population is one of this century's greatest challenges. Megacities will continue to grow and new ones will appear. Urbanization will intensify the demand for new, contemporary mobility solutions, not only within cities – "urban micro-mobility" is the key word here – but also over greater distances. Our response is a wide ranging portfolio of solutions that include a broad variety of transportation possibilities, which in turn include the transport of goods.

Powertrain electrification: Currently, the electrification of automobile drives has been the subject of a very controversial discussion. Some believe that the time has not yet come for the E-drive to become a major trend. But at Sonceboz, we are ready for the E-automobile future! The E-drive – however it is designed – provides a great opportunity for setting new benchmarks for motion systems. Today we are at a technological turning point: new solutions with hybrid technology and multiple drives are the future.

Driver assistance and connectivity: Thanks to advances in "intelligent car technology" and a human-machine interface that is improving continuously, soon we will not be able to imagine a mobility solution without a web connection. We see our expertise in the area of intelligent motion systems as a significant tool for the journey into the future.

Mechatronics: Meanwhile, uninterrupted growth in the "mechatronization" of systems in vehicle design and construction continues. New and increasingly complex challenges require even greater expertise in the areas of electromagnetism, power electronics, communication networks and sensor technology. At the same time, technical demands are increasing. Reliability, robustness and compactness are indispensable requirements that must be met in terms of specifications. Creating close partnerships makes sense here. Using high performance simulation and validation systems, high quality process instruments and seamless production equipment ② we are able to reduce our development time, ensure a high level of quality and, in this way, guarantee customer satisfaction.

Time to market: In order to remain flexible and to react quickly, Sonceboz has established a customer-focused management system. It is organized by process and decentralized into Business Units. We see rigorous customer focus and comprehensive service as competitive advantages that benefit our OEM customers above all. We believe that this is an absolute must, not only for today, but into the future as well.

Promptitude is another building block of our company strategy in that we always want to be a step ahead of the competition in terms of technology. An important source for starting innovations is Moving Magnet Technologies SA (MMT). Within the framework of a 2025 roadmap, the MMT experts are focusing on advanced research in electromagnetism. Their future-oriented fields include next generations of brushless motors, non-contact sensors and magnetic drives ③.

Outlook

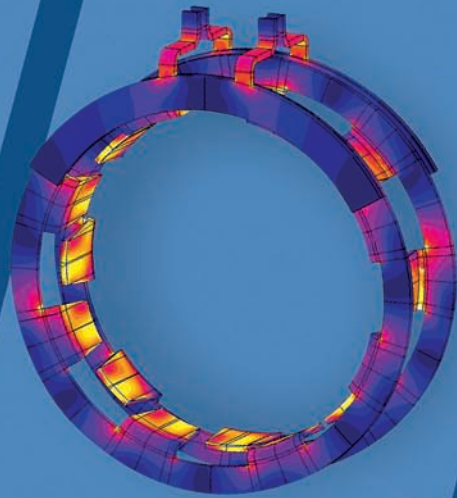
Sonceboz can look back on 75 years of successful history; the automobile, with an equally successful history, has been around for 125 years. We don't know what Pierre Pfister imagined in 1936. Likewise, today we cannot imagine what the automobile industry will look like in 75 years. Will "automobiles" even exist then in the current sense of the word? What concepts and solutions will the "mobility of tomorrow" bring about? Will electrical energy conversion be possible then without cables and batteries? Will we find new energy sources for individual mobility? Who knows?

75 years into the future – an immense stretch of time with many unknowns. Technological development races ahead, the wheels of innovation turning faster and faster. Those who want to be successful should move forward into the future with humility and simplicity. No one knows what tomorrow will bring, so we put our trust in what Sonceboz has achieved in the past and which made it strong:

- value creation based on innovative solutions
- Knowledge and competencies superior to competition
- efficient, customer-focused management systems and continuous improvement processes

Our strategic motto is "From mind to motion", which also expresses our claim to technological leadership. Sonceboz intends to make significant contributions to the fascinating progress in mobility that the world can expect in the coming decades. In 2036 we will celebrate the 100 year anniversary of Sonceboz. In that year, the automobile will be 150 years "young". I'm sure it will still be on the road and Sonceboz will be along for the drive!

① Example illustration of a mechatronic drive system, BLDC motor for fully variable valve control
② Seamless production equipment based on 0 ppm
③ Genetic principle for 2025 fundamental research roadmap



Grundlagenforschung im Elektromagnetismus

Im Forschungszentrum Moving Magnet Technologies SA (MMT) entwickelt die hochqualifizierte Belegschaft, davon 22 Doktoren, innovative elektromagnetische Lösungen für Automobilanwendungen. MMT erweitert kontinuierlich sein Know-how rund um Elektromagnetismus und sein Patentportfolio auf dem Gebiet elektrischer Motoren, direkt angetriebener Aktuatoren sowie berührungsloser Positionssensoren. Durch ein Netzwerk von Lizenznehmern setzt MMT weltweite Technologiestandards.

Advanced research in electromagnetics

The highly qualified team of the advanced research center Moving Magnet Technologies SA (MMT), thereof 22 PhDs, are creating innovative electromagnetic solutions for automotive applications. MMT is constantly improving its electromagnetism know-how and increasing its patents portfolio in the field of electric motors, direct drive actuators and contactless position sensors. Through a network of licensees, MMT has been establishing worldwide technology standards.

90% of MMT activities are aimed at the automotive market. Thereby all developments have a common point: to propose technologies able to face through their specific values inherent – and sometimes antagonistic – requirements of this application field. This especially includes ability to provide robust and compact solutions that are also compatible with large volume industrialization process while using validated materials and components.

Patenting, engineering services and licensing

MMT core expertise relies on advanced research in the field of electric motors, direct drive actuators and contactless position sensors, applied to dedicated automotive applications. This unique expertise and the pioneering technologies that arise from the iterative re-

search process are proposed to worldwide customers through engineering services and, most of all, license agreements. The customers are in charge of the mass production of components based on MMT's core technologies while MMT provides a technology transfer and a continuous technical support. This license policy is based on a strong patents portfolio in the main automotive production territories. The ultimate aim is to establish worldwide technology standards used on the widest number and types of vehicles, and recognized as benchmark technologies.

The relationship between MMT and Sonceboz is in accordance with this overall strategy. Sonceboz is using some MMT technologies for its automotive products on key applications. To ensure an optimal transfer of the technology, MMT provides technical assistance and engineering services ①.

Stéphane Biwersi
Chief Operating Officer – Moving
Magnet Technologies SA France



Stéphane Biversi
Geschäftsführer der
der Moving Magnet
Technologies SA, Frankreich

90 Prozent der Aktivitäten von MMT zielen auf den Automobilmarkt ab. Dabei haben die Entwicklungen eine Gemeinsamkeit: Sie bieten Technologien, die in der Lage sind, die mit der Anwendung verbundenen – zum Teil auch widersprüchlichen – Anforderungen zu erfüllen. Dies erfordert vor allem die Fähigkeit, robuste und kompakte Lösungen anzubieten, die sich für die Großserienfertigung eignen und aus geprüften Werkstoffen und Komponenten bestehen.

Patente, Entwicklungen und Lizenzen

Die Kernkompetenz von MMT basiert auf einer fortgeschrittenen Erforschung elektrischer Motoren, direkt angetriebener Aktuatoren sowie berührungslosen Positionssensoren für anspruchsvolle Automobilanwendungen. Diese einzigartige Expertise und wegweisende Technologien entstehen durch iterative Forschungsprozesse und werden durch Entwicklungsdienste, vor allem aber durch Lizenzvereinbarungen, den weltweiten Kunden zur Verfügung gestellt. Auf Grundlage der Kerntechnologien, einem ausgeklügelten Technologietransfer sowie einer kontinuierlichen technischen Unterstützung übernehmen die Kunden die Serienproduktion der Komponenten. Diese Lizenzpolitik stützt sich auf ein starkes Patentportfolio in den maßgeblichen Gebieten der Automobilindustrie. Dabei lautet das übergeordnete Ziel, einen weltweiten Technologiestandard zu setzen, der in möglichst vielen Fahrzeugen und Fahrzeugtypen zum Einsatz kommt und als Benchmark anerkannt ist ❶.

Auch die Beziehungen zwischen MMT und Sonceboz sind im Einklang mit dieser übergeordneten Strategie ausgestaltet: Sonceboz nutzt Technologien von MMT für Schlüsselapplikationen in ihren Automobilprodukten. Um dabei einen optimalen Technologietransfer sicherzustellen, bietet MMT technische Unterstützung und Entwicklungsdienstleistungen.



❶ Durch ein Netzwerk von Lizenznehmern und ein starkes Patent-Portfolio will MMT weltweite Technologiestandards setzen

From patent to production

Thanks to the 75 licenses concluded over the last 20 years, examples of applications using MMT technologies can be found on many passenger cars and commercial vehicles all around the world. Applications range from sensors for accelerator pedals, transmission or steering systems to actuators and motors for engine controls. They also include brushless DC motors for various kinds of electric pumps as well as stepper motor based actuators for comfort applications like instrument cluster analog displays or HVAC flaps.

Tomorrow's electromagnetism technologies

Besides these customer orientated activities, MMT is also constantly looking out for market trends and therefore is dedicating constant effort to anticipate future requirements. This approach enables to set up challenges for the next generation of technologies to be developed thanks to the outstanding skills of

our engineers in the field of mechatronics. To illustrate this, we believe there are still many challenges in the field of electric drives for contactless actuators or permanent magnet stepper/brushless motors, as for example:

- a better interaction between the still needed analog gauges and the digital displays inside dashboard, based on innovative stepper motor solutions.
- compact and efficient brushless DC motors to answer the growing demands arising from the electrification of conventional powertrain: exhaust or intake side flap controls, control of turbochargers, variable camphasing, variable valve lift ... to name a few;
- very high-speed brushless motors dedicated to accelerate turbines of turbochargers and compressors while also being able to efficiently recover kinetic energy if needed ❷.

In the field of position sensors, MMT foresees a high interest for contactless magnetic sensors using permanent magnets, especially for the following applications:

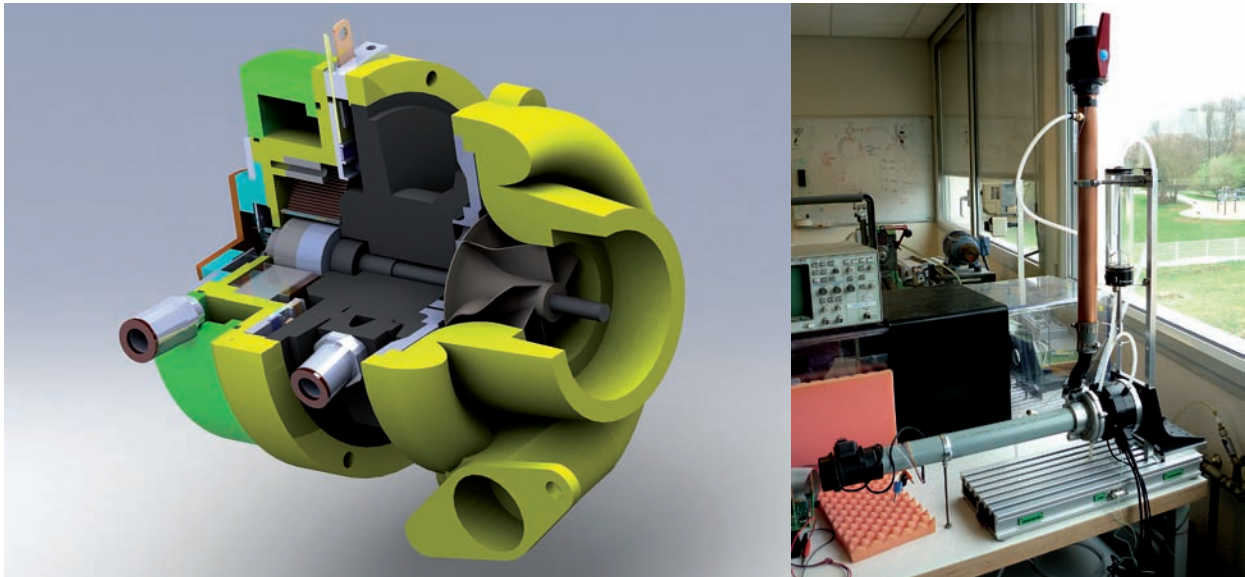
- 2D absolute position sensors for all-gear detection in transmissions;
- combined gearless multi-turn torque and angle sensors for steering systems;
- high accuracy through shaft position sensors used to drive high power electric machines ❸.

Such topics are currently under high focus at MMT, at first in the course of self-accounted developments aiming at validating technologies through samples and protecting the solutions with new patent applications. Then, first customer projects can be initiated with the typical target to be on the market within the next five years.

❶ The purpose of MMT's license policy is to establish worldwide technology standards through a network of licensees and a strong patents portfolio

❷ Very high speed BLDC motor connected to a compressor turbine (a) and test bench of the electric compressor (b)

❸ Magnetic hollow-shaft position sensor for high power electric machine



| 2 Bürstenloser Hochgeschwindigkeits-Gleichstrommotor mit einer Kompressorturbine verbunden (a) und Teststand eines elektrischen Kompressors (b)

Vom Patent zur Produktion

Dank 75 Lizenzvereinbarungen, die im Laufe der vergangenen 20 Jahre abgeschlossen wurden, sind in vielen Pkw und Nutzfahrzeugen rund um den Globus Beispiele für Anwendungen mit MMT-Technologien zu finden. Diese Anwendungen reichen von Sensoren für Gaspedale, Getriebe oder Lenksysteme bis hin zu Motoren und Aktuatoren für die Motorsteuerung. Dazu kommen bürstenlose DC-Motoren für zahlreiche Arten elektrischer Pumpen sowie Aktuatoren auf Basis von Schrittmotoren, zum Beispiel für analoge Kombi-Instrumente oder Lüfterklappen.

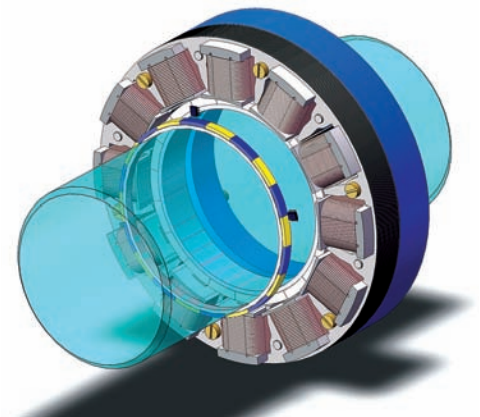
Elektromagnetismus-Technologien von morgen

Neben den kundenorientierten Aktivitäten beobachtet MMT kontinuierlich die Markttrends, um so die künftigen Anforderungen frühzeitig erkennen und umsetzen zu können. Dieser Ansatz ermöglicht es, die Anforderungen an die nächste Technologiegeneration in Entwicklungsprojekte zu überführen. Dabei helfen die Fähigkeiten der Ingenieure auf dem Gebiet der Mechatronik. Die Spezialisten bei MMT sind überzeugt, dass es auf dem Gebiet der elektrischen Antriebstechnik für berührungslose Aktuatoren, Permanentmagnete, Schrittmotoren oder bürstenlosen Motoren noch zahlreiche Herausforderungen zu lösen gibt. Zu den Beispielen zählen:

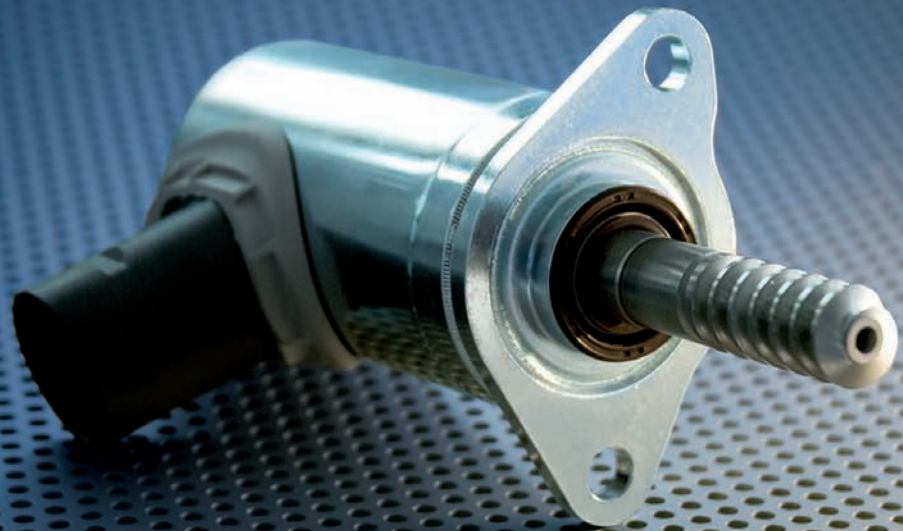
- in Kombiinstrumenten: eine verbesserte Interaktion zwischen den immer noch erforderlichen analogen Zeigern mit den digitalen Displays auf Basis von Schrittmotoren;
- kompakte und effiziente bürstenlose DC-Motoren als Antwort auf die steigenden Anforderungen, die mit der Elektrifizierung der Nebenaggregate im Antriebsstrang einhergehen. Die Steuerung der Abgas- oder Lufteinlassklappen, die Steuerung des Turboladers, die variable Nockenwellensteuerung oder die variable Ventilsteuerung, um nur einige zu nennen;
- bürstenlose Hochgeschwindigkeitsmotoren, um die Turbinen von Turboladern oder Kompressoren zu beschleunigen und gleichzeitig in der Lage zu sein, bei Bedarf die kinetische Energie zurück zu gewinnen ②.
- hochpräzise Hohlwellen-Positionssensoren für Hochleistungs-Elektromaschinen ③.

Auf dem Gebiet der Positionssensorik erwartet MMT großes Interesse an berührungslosen, magnetischen Sensoren, die aus Permanentmagneten bestehen, vor allem für die folgenden Anwendungen:

- 2D-Positionssensoren für die Gangerkennung in Getrieben;
- kombinierte stufenlose Drehmoment- und Winkelsensoren für Lenksysteme;



| ③ Magnetischer Hohlwellen-Positionssensor für eine Hochleistungs-Elektromaschine



Starkes Leichtgewicht

Um Bauraumbedarf, Gewicht und Funktionsintegration zu optimieren, wechselten die BMW Group und PSA Peugeot Citroën für die vollvariable Ventilsteuerung des „Prince“ TwinPower-Turbomotors auf die Brushless-DC-Technik. Sonceboz entwickelte in Zusammenarbeit mit Moving Magnet Technologies (MMT), dem Forschungs- und Vorentwicklungszentrum im Bereich Aktorik und Sensorik, dafür einen neuen bürstenlosen Gleichstrommotor mit redundanter, digitaler Winkelmessung.



Daniel Sigg
Business Unit Manager
Smart BLDC Actuator



Gaël Andrieux
R&D Manager
BLDC Direct Drive



Benoît Füeg
Business Unit Manager
BLDC Direct Drive



Pascal Thibault
Project Manager
BLDC Direct Drive



Sebastien Duboz
Development Engineer
BLDC Direct Drive

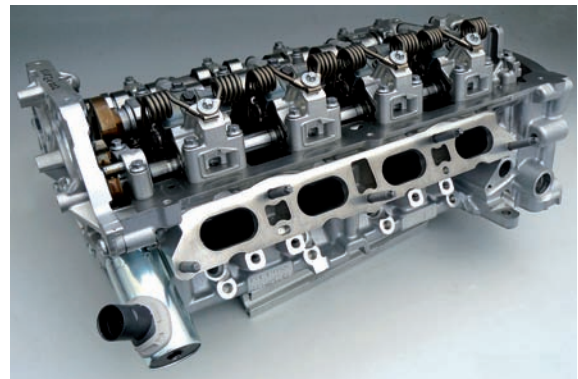
Vollvariable Ventilsteuerung bei BMW

Um der Forderung nach einer weltweit einsetzbaren Technik zur weiteren Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von Ottomotoren zu entsprechen, führte BMW im Jahr 2001 die „Valvetronic“ ein [1]. Bei ihr erfolgte die Laststeuerung durch einen vollvariablen, mechanischen Ventiltrieb, einen elektrischen Aktuator und eine elektronische Steuerung. Eine Reduktion des Verbrauchs um 12 % gegenüber dem Vorgängermotor erfüllte die Zielvorgabe voll. Damit etablierte BMW eine neue Basistechnik für Ottomotoren. Valvetronic ist heute Standard in allen BMW-Motorbau-reihen vom Vierzylinder bis zum Zwölfzylinder. Die Valvetronic wurde ständig weiterentwickelt und opti-miert, mittlerweile ist die dritte Generation im Einsatz [2]. Schwerpunkte der Weiterentwicklung waren neben der Reduzierung der Ladungswechselverluste und der Reibung auch eine Optimierung der Verbrennung. Um Kostenvor-teile und eine Reduzierung des Bauraums zu erreichen, verfolgten die Motorenentwickler konsequent die Minimie-rung der Anzahl der verwendeten Steuerungssysteme und Einzelkomponenten ①.

Wie bei der Valvetronic der dritten Generation üblich, wurde auch hier die notwendige Positions-Sensorik in redundanter Ausführung in den Stellmotor integriert. Die zur Ansteuerung notwendige Leistungselektronik fand im Motorsteuergerät Platz – als kostengünstige wie kom-pakte Einheit. Um den stark begrenzten Bauraum im – Motor des Mini optimal zu nutzen, wurde bei der Konzep-tion des neuen Stellmotors großen Wert auf möglichst geringe Einbaumaße bei gleichzeitig hohem Drehmoment und hoher Dynamik gelegt.

Vom Bürstenmotor zum Brushless DC-Motor

In einem Valvetronic-System stellt eine Exzenterwelle den Einlassventilhub ein. Bei der früheren Generation des 1,6-Liter-Mini-Motors erfolgte der Antrieb der Exzenter-welle durch einen klassischen Gleichstrommotor. Ein sepa-rater Sensor erfasste am Wellenende die Position der Welle. Die Vorgaben von BMW für den kleinen Vierzylinder-TVDI-Motor lauteten: geringer Bauraum bei hohem Drehmoment



① Anbau des Valvetronic-Stellmotors am Zylinderkopf des TwinPower-Turbomotors

Powerful lightweight

To optimise the needed space, weight and functional integration of their Valvetronic System, BMW Group and PSA Peugeot Citroën switched to brushless DC technology (BLDC) for the fully variable valve control in the process of further developing the “Prince” TwinPower Turbo 1.6l four-cylinder engine. This 1.6l TVDI engine is already assembled on Mini Cooper S, Peugeot RCZ and soon on further BMW and PSA vehicles. Sonceboz, in cooperation with Moving Magnet Technology (MMT), has developed a suitable new BLDC motor with redundant, digital angle measurement.

Variable Valve Control at BMW

To meet the demand for a technology usable worldwide to further reduce fuel consumption of petrol engines, BMW in 2001 brought its well-known Valvetronic onto the market [1]. In this design, system demand control is performed by a fully variable mechanical valve train, an electric actuator and an electronic controller. A reduction of consumption of 12 % compared to the predecessor motor completely fulfilled the performance target. This established a new basic technology for all BMW petrol engines. Since then, the Valvetronic has become standard in all BMW engine series, from four-cylinder to twelve-cylinder.

The Valvetronic has, of course, been further developed and optimised in the meantime and is now in the third generation [2]. Further product develop-

ment has focussed on reducing charge-cycle losses and friction as well as optimising combustion. In the electronic system, the focus was placed on minimising the number of control systems and individual components used to achieve cost advantages and optimise of the installation size ❶.

As is typical for the third-generation Valvetronic, here, too, the necessary position sensors were integrated redundantly in the servomotor. The power electronics needed for control found their place in the engine control device and so formed a unit that was as economical as it was compact. To make optimal use of the very limited space in the new Mini’s engine, the focus in the design of the new servomotor was on keeping the installation dimensions as small as possible while simultaneously achieving high torque and dynamics.

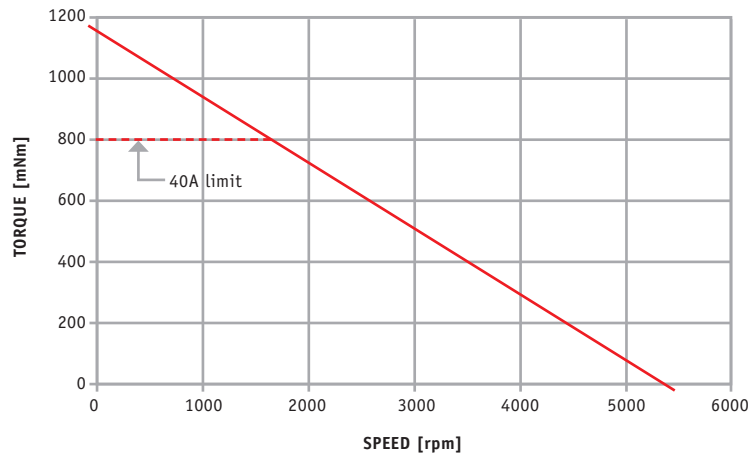
Daniel Sigg
Business Unit Manager
Smart BLDC Actuator

Gaël Andrieux
R&D Manager
BLDC Direct Drive

Benoît Füeg
Business Unit Manager
BLDC Direct Drive

Pascal Thibault
Project Manager
BLDC Direct Drive

Sebastien Duboz
Development Engineer
BLDC Direct Drive



2 Charakteristik des Drehmoments

und hoher Dynamik, lange Lebensdauer sowie vollständige Integration der gesamten Sensorik. Der Sensor wurde in den Motor integriert, somit wird nur ein zehnpoliger Stecker zum Anschluss benötigt. Zugleich konnte so der Motordurchmesser von 61 auf 42 mm reduziert werden. Gleichzeitig wurde ein Drehmoment für eine noch größere Funktionssicherheit bis 0,8 Nm realisiert 2. Zugunsten einer höheren Dynamik des Stellers sollte zudem das Massenträgheitsmoment reduziert werden, um zylinderabhängige Einstellungen vornehmen zu können.

Unter diesen Rahmenbedingungen, insbesondere der signifikant hohen Umgebungstemperaturen und Vibrationen, kam nur ein bürstenloser Gleichstrommotor (Brushless-DC-Motor – BLDC-Motor) in Frage 3. Diese Konstruktion zeichnet eine hohe Belastbarkeit gegenüber Vibrationen aus, darüber hinaus bietet sie Möglichkeiten, durch Minimierung des Bauraums Gewicht zu reduzieren. Dies



3 Explosionszeichnung des neuen BLDC-Motors

erleichterte zugleich die mechanische Integration. Der Vergleich des klassischen DC-Motor für die VVT2 und des neuen BLDC-Motor für die VVT3 ist in 4 dargestellt.

Simulation versus Musterbau

Das Projekt folgte einem sehr straffen Zeitplan. Dieser erlaubte es nicht, sich über verschiedene Funktionsmuster-Versionen an die optimale Konstruktion an-

zunähern. Die Produktdefinition sowie die Konstruktion mussten daher über rein numerische Modelle gefunden werden 5. Um die sehr hohen Vibrationsanforderungen zu gewährleisten, wurde auch für die Ermittlung der mechanischen Festigkeit auf numerische Simulation gesetzt.

So konnte anhand rein numerischer Modelle, beispielsweise für den Motorflansch, schon vor der Auslieferung des B-Musters eine Optimierung eingeleitet

4 Vergleich DC-Motor VVT2 und BLDC-Motor VVT3

PARAMETERS	EINHEIT	DC-VVT2 ⁽¹⁾	BLDC-VVT3
MASSENTRÄGHEIT	J [10^{-6} kgm ²]	55	12
DREHMOMENTKONSTANTE	Kt [mNm/A]	20	20
MECH. ZEITKONSTANTE	T [ms]	26	1,97
MOTORKONSTANTE	Km [mNm/W ^{1/2}]	45	78
WIDERSTAND	mOhms	190	65
DURCHMESSER X LÄNGE	mm x mm	ø61 x L91	ø42 x L85
GEWICHT	kg	1,00	0,65
DREHMOMENT/KG	Km/m [mNm/W ^{1/2} /kg]	45	120
DREHMOMENT/VOLUMEN	Km/V [mNm/W ^{1/2} /mm ³]	1,7 ^{E-04}	6,6 ^{E-0,4}
INTEGRIERTE SENSORIK		Nein	2 redund. Sensoren

(1): Schätzungsergebnisse

From DC brush motor to BLDC motor

In a Valvetronic an eccentric shaft sets the intake valve stroke. In the previous layout of the Mini TVDI 1.6 l "Prince" engine this eccentric shaft was driven by a classic DC motor. A separate sensor recorded the position of the shaft at the shaft end. BMW's specifications for this small four-cylinder TVDI engine were: compact installation with large torque and high dynamics, long service life as well as full integration of all the sensors. The sensor was to be integrated into the motor so that only a single 10-pin plug was needed and the motor diameter could be reduced from 61 to 42 mm. The nominal peak torque was simultaneously increased up to 0.8 Nm ❶ to achieve additional functional reliability. The mass moment of inertia also had to be reduced to make cylinder-dependent adjustments for greater actuator dynamics.

Under these general conditions, in particular the significantly high ambient temperatures and vibrations, it was soon apparent that only a brushless DC motor would be acceptable ❷. The high tolerance for vibrations and the possibilities for weight reduction through minimisation of the space used were the distinguishing features of this design. This also facilitated mechanical integration. A comparison of the classic VVT2 DC motor with the new VVT3 BLDC motor is depicted in ❸.

Simulation versus prototype construction

The project also faced an extremely tight schedule. And so it was not possible to approach the optimal design through various experimental models. The exact product definition as well as the design had to be found through purely numerical models ❹.

Due to challenging vibration requirements, numerical simulation was also used to determine mechanical strength. This meant that optimisation of, e.g. the motor flange, could begin

even before delivery of the B-sample using purely numerical models.

Various simulations were performed to define the optimal injection points and also improve the mechanical characteristics of the flow lines for the complex injection moulding process, in which the connector is formed and the sensitive contacts of the three motor pins on the coil windings are overmolded.

Quality in Design

Tools were also used to achieve the high quality requirements. In close cooperation with BMW, first FTA analyses were performed, followed by D-FMEA.

As soon as the first prototypes were available, high accelerated lifetime tests (HALT tests) ❺ and other extreme tests were carried out to uncover weaknesses within just a few days. As a result, initial correction processes were initiated as quickly as possible so the official qualification cycles could be started with a good basis of confidence. Here, too, the time specifications did not permit an iterative development due to the successive elimination of errors.

Challenge production

The fully automated production of such a complex and highly stressed electrical actuator was and is at least just as challenging as its development and qualification. The assembly concepts were also developed simultaneously. P-FMEAs were used as main tools here to systematically verify the concepts. For Sonceboz, it was the first project in which fully automated assembly immediately followed prototype construction. Previously, the corresponding experience was always gained first on a manual assembly line. Process stability is monitored using suitable tools. Processes such as gluing and welding can thus be checked for consistency even before a delivery lot is shipped.

Outlook for Euro 6

The TVDI technology, the various measures for CO₂ reduction combined with a simultaneous increase in performance, was optimised toward achieving the coming Euro 6 emission requirements. Experience with VVT1 and VVT2 has been gained with fully variable valve control since 2001. For VVT3, more compact and dynamic actuators can now be used to drive the eccentric shaft. The improved dynamics permit a finer and faster adjustment to the optimal parameters for every condition.

Thanks to this first high valuable experience on "Prince" Engines, BMW can consider the BLDC actuator as an optimal solution for other internal combustion engines. Whatever the cylinders. The same actuator has already been validated on the TwinPower Turbo V8 cylinder 4.4l engines for instance installed on BMW M5.

Innovation with future

Sonceboz and MMT engineers have designed the next Brushless DC motor generation in an even more compact design while providing even improved motor performances, accompanying the engine downsizing need. Thanks to its compactness, power and quality attributes, Sonceboz foresees a bright future for this technology concentrated piece in other automotive applications, where dynamic positioning and small installation place are required like the Variable Valve Timing and Camphasing.

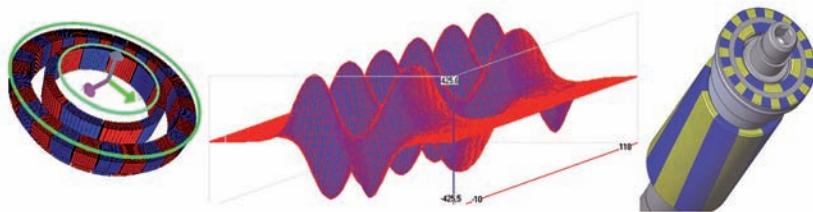
References

- [1] Liebl, J.; Klütting, M.; Poggel, J.; Missy, S.: Der neue BMW Vierzylinder-Ottomotor mit Valvetronic. In: MTZ 62 (2001) Nr. 7/8
 [2] Unger, H.; Schwarz, C.; Schneider, J.; Koch, K. F.: Die Valvetronic – Erfahrungen aus sieben Jahren Großserie und Ausblick in die Zukunft. In: MTZ 69 (2008) Nr. 7/8

❶ Installation of the Valvetronic EC motor on the cylinder head
 ❷ Torque characteristics

❸ Exploded view of the new BLDC motor
 ❹ Comparison of DC motor VVT2 versus BLDC motor VVT3

❺ Rotor and magnet field modeling
 ❻ HALT test conditions



5 Modellierung von Rotor und Magnetfeld

werden. Für den komplexen Spritzprozess, bei dem einerseits der Stecker abgebildet und andererseits die sensible Kontaktierung der drei Motorpins auf den Spulenwicklungen umhüllt wird, wurden verschiedene Simulationen durchgeführt. So wurden unter anderem die optimalen Einspritzpunkte definiert sowie die mechanischen Eigenschaften der Fließnähte weiter verbessert.

Qualität in der Konstruktion

Angesichts der knappen zeitlichen Vorgaben sowie zur Sicherstellung der hohen Qualitätsansprüche kamen verschiedene Tools zur Fehler-Möglichkeits- und Auswirkungsanalyse zum Einsatz. In enger Zusammenarbeit mit BMW erfolgten zunächst FTA-Analysen, gefolgt von DFMEA. Sobald die ersten Prototypen zur Verfügung standen, wurden unter anderem auch High-Accelerated-Lifetime-Tests, kurz HALT-Tests 6, durchgeführt. Diese simulieren innerhalb weniger Tage den Lebenszyklus einer Komponente und gewährleisten so eine schnelle und effiziente Schwachstellen-Analyse. Auf Basis der Resultate aus diesen Untersuchungen konnten Korrekturprozesse sehr schnell initiiert werden. Die Zielsetzung: Erreichen eines möglichst hohen Reifegrads zur Vorstellung des Produkts bei den offiziellen „Quality Gates“ beim Kunden.

6 Konditionen des HALT-Tests

TEST	EINHEIT
BETRIEBSTEMPERATUR UNTERE GRENZE	-70°C
BETRIEBSTEMPERATUR OBERE GRENZE	+200°C
SCHWINGUNGEN	50G(RMS)

Herausforderung Produktion

Die vollautomatisierte Produktion eines derart komplexen und hoch beanspruchten Elektrostellers ist eine mindestens ebenso große Herausforderung wie dessen Entwicklung und Qualifizierung. Parallel zur Konzeptabsicherung des Produkts erfolgte die Planung der Fertigung. Wichtigstes Tool hierbei: P-FMEA zur systematischen Validierung der Fertigungsprozesse. Erstmals realisierte Sonceboz bei diesem Projekt, dass die Konzeptionierung der vollautomatisierten Montage unmittelbar auf dem Musterbau aufsetzte. In früheren Projekten wurden Erfahrungen zunächst in einer manuellen Montage gesammelt und ausgewertet.

Die Prozessstabilität wird heute lückenlos gemonitort, wobei beispielsweise qualitätssignifikante Operationen wie Kleben und Schweißen im Prozess geprüft und dokumentiert werden.

Ausblick auf Euro 6

Die TVDI-Technik, die CO₂-Reduzierung bei gleichzeitiger Leistungssteigerung vereint, wurde unter Berücksichtigung der ab 2015 gültigen Euro-6-Emissionsvorgaben entwickelt. Mit den Valvetronic-Generationen VVT1 und VVT2 wurde seit 2001 ein breites Erfahrungsspektrum mit vollvariablen Ventilsteuerungen gesammelt. In der dritten Generation, dem VVT3-System, werden nun für den Antrieb der Exzenterwelle kompaktere und dynamischere Steller eingesetzt. Die verbesserte Dynamik erlaubt eine feinere und schnellere Einstellung der für jeden Zustand jeweils optimalen Parameter.

Dank der ersten Erfahrungen mit den „Prince“-Motoren der jüngsten Generation bietet sich der BLDC-Motor bei BMW als zukunftsweisende Lösung für weitere Motorenbaureihen an – und

zwar unabhängig von der Zylinderzahl. So erfolgte beispielsweise bereits eine Bewertung des neuen Valvetronic-Elektrostellers für den 4,4-Liter-V8-Twin-Power-Turbomotor, der unter anderem im BMW M5 zum Einsatz kommt.

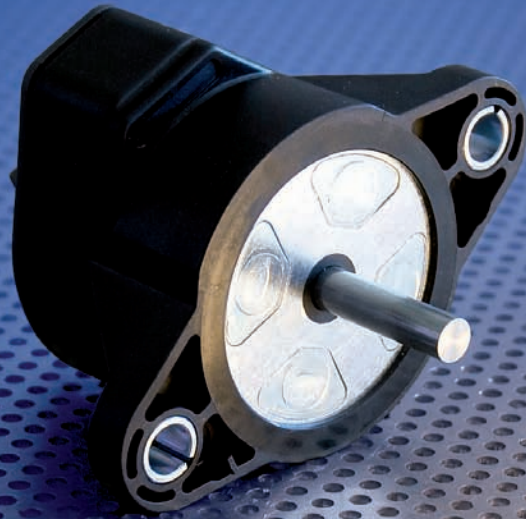
Innovation mit großer Zukunft

Die Ingenieure von Sonceboz und Moving Magnet Technologies (MMT) arbeiten bereits an der nächsten Generation bürstenloser Gleichstrommotoren. Diese sind vom Bauraum her noch kompakter gestaltet und unterstützen zugleich noch besser die Performance der Motoren. Gerade mit Blick auf den Trend des „Downsizings“ in der Motorenentwicklung ein zukunftsweisender Lösungsansatz.

Kompakt, dynamisch, von höchster Qualität – die BLDC-Motoren von Sonceboz. Als innovative High-Technology-Komponenten sind sie für den Einsatz in vielfältigen Automotive-Anwendungen, zum Beispiel „Variable Valve Timing“ und Nockenwellenversteller, geeignet und werden auch künftig in der automobilen Antriebsentwicklung eine wichtige Rolle spielen – immer dann, wenn hohe Dynamik gefordert ist und nur wenig Bauraum zur Verfügung steht.

Literatur

- [1] Liebl, J.; Klütting, M.; Poggel, J.; Missy, S.: Der neue BMW Vierzylinder-Ottomotor mit Valvetronic. In: MTZ 62 (2001) Nr. 7/8
 [2] Unger, H.; Schwarz, C.; Schneider, J.; Koch, K. F.: Die Valvetronic – Erfahrungen aus sieben Jahren Großserie und Ausblick in die Zukunft. In: MTZ 69 (2008) Nr. 7/8



Dr.-Phys. Marc-Olivier André
Business Unit Manager
Motormanagement



Christophe Gassmann
Development Manager
Motormanagement



Paolo Reghenzi
Key Account Manager
Motormanagement



Antoine Foucaut
Advanced Development Manager
Motormanagement



Thomas Basset
Key Account Manager
Motormanagement

Weniger Emissionen und Kraftstoffverbrauch

Quer durch die industrialisierte Welt arbeiten Umweltbehörden daran, die vier Hauptschadstoffe im Abgas von Verbrennungsmotoren zu regulieren und zu reduzieren. Dabei handelt es sich um Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NO_x) und Partikel (PM). Um die öffentliche Gesundheit und die Umwelt zu schützen, werden die einschlägigen Emissionsnormen schrittweise verschärft, nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund, dass sich die Technologien zur Abgaskontrolle weiterentwickeln und der weltweite Fahrzeugbestand zunimmt. Im Laufe der Jahre führten die Regulierungen zu einer deutlichen Verringerung der Toxizität von Abgasen aus Otto- und Dieselmotoren. Die kontinuierliche technologische Weiterentwicklung, die nicht nur auf eine sauberere Luft, sondern auch auf reduzierten Kraftstoffverbrauch und weniger CO₂-Emissionen abzielt, hat zur Folge, dass jede neue Fahrzeuggeneration umweltfreundlicher ist als die jeweiligen Vorgängermodelle.

Im Laufe der vergangenen drei Jahrzehnte hat sich die Steuerung des Verbrennungsprozesses von einer rein mechanischen zu einer elektronischen Aufgabe gewandelt. Die elektronische

Kompakte Kraftpakete

Bürstenlose Gleichstrom-Direktantriebe von Sonceboz bauen aufgrund eines hohen Drehmoment-Masse-Verhältnisses äußerst kompakt. Die kompakten, mechanisch einfach aufgebauten Elektromotoren verfügen über einen berührungslosen Sensor und sind sehr robust, selbst in rauen Anwendungsumgebungen. Durch ihre hohe Qualität sind sie die ideale Antriebslösung für Lufteinlass- und Abgassteuerventile.

Überwachung durch Sensoren und die elektronische Steuerung mittels Aktuatoren führt zu einer schnelleren, präziseren und gleichförmigeren Steuerung der Betriebsparameter eines Motors. Zusätzlich zu ihrer Präzision und Zuverlässigkeit müssen elektrische Systeme höhere Lebensdauer, Qualität und Robustheit als ihre mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Vorgängerkonzepte bieten.

Sensoren unterstützen zudem die On-Board-Diagnose (OBD), mit der die Abgassysteme auf Fehler oder Ausfälle überwacht werden. Viele Positionieraufgaben werden von elektrischen Aktua-

toren mit integrierten Sensoren zur Detektion der Ventilposition ausgeführt. Zahl und Dichte von Komponenten sind zu wichtigen Kriterien bei der Systemauslegung geworden, was zu einem verstärkten Einsatz von bürstenlosen Direktantrieben führt, um kompakte Lösungen mit einfachem mechanischen Aufbau zu realisieren.

Abgasrückführventile

Die Abgasrückführung (AGR) ist eine Technologie zur Reduzierung von Stickoxiden (NO_x), die bei Diesel- oder Ottomotoren genutzt wird [1, 2, 3]. Die exter-

ne Abgasrückführung verbindet dazu den Abgasstrang über einen Kühler mit dem Ansaugtrakt und mischt Teile des Abgases über ein Steuerungsventil in die Zuluft. Seit mehreren Jahren gilt die Hochdruck-AGR, bei der Abgaskrümmer zum Saugrohr über ein Rohr direkt verbunden sind, als dominierende Technologie.

Die Abgasrückführung im Niederdruckkreis wird bei einigen Euro-6-Dieselmotorenentwicklungen eingesetzt, um die NO_x -Emissionen noch weiter senken zu können. Bei dieser AGR-Variante erfolgt die Abgasentnahme hinter dem Partikelfilter und die Abgaseinleitung vor dem Verdichter. Das Zumischen



1 Diesel-AGR-Ventil mit bürstenlosem Gleichstrom-Direktantrieb



2 Turbolader mit variabler Turbinengeometrie über einen bürstenlosen Gleichstrom-Direktantrieb

Compact bundle of force

The direct-drive DC brushless actuator of Sonceboz optimises actuator compactness by maximising the torque to mass ratio. This compact unit integrates a contactless sensor and simplified mechanical design to yield outstanding robustness in extremely harsh environments. This Sonceboz actuator is identified with an unparalleled quality track record, which qualifies it as the ideal actuator candidate for air intake and exhaust gas control valves.

Less emissions and fuel consumption

Throughout the industrialised world, environmental agencies aim to regulate and reduce the emissions of four main pollutants contained in engine exhaust. These are carbon monoxide (CO), unburnt hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), and particulate matter (PM). To protect public health and the environment, the regulations are progressively and periodically made more stringent as emission control technology evolves and worldwide vehicle populations increase. Over the years, these regulated standards have made a prodigious reduction in the toxicity of gasoline and diesel vehicle exhausts. With continued innovation in technology and technique, driven not only by the need for cleaner air but also for reduced fuel consumption and CO₂ emission, each new generation of vehicles is more environment friendly than its predecessors.

Increasingly over the last three decades, combustion process control has shifted from the purely mechanical to the electrical. Electronic monitoring of sensors and control of actuators gives faster, more precise, more consistent control of engine operation parameters. In addition to their intrinsic virtues of precision and reliability, electric systems must offer durable quality, robustness, and reliability greater than their mechanical, hydraulic and pneumatic predecessors. Sensors also support on-board diagnostic (OBD) systems that have been mandated to monitor the emission control system for faults and failures. Many positioning functions are fulfilled by means of electric actuators with built-in sensing of the position of the valve. Component count and density have become important criteria for system design, thus supporting emergence of compact solutions with simple mechanical engineering, such as direct drive DC brushless actuators.

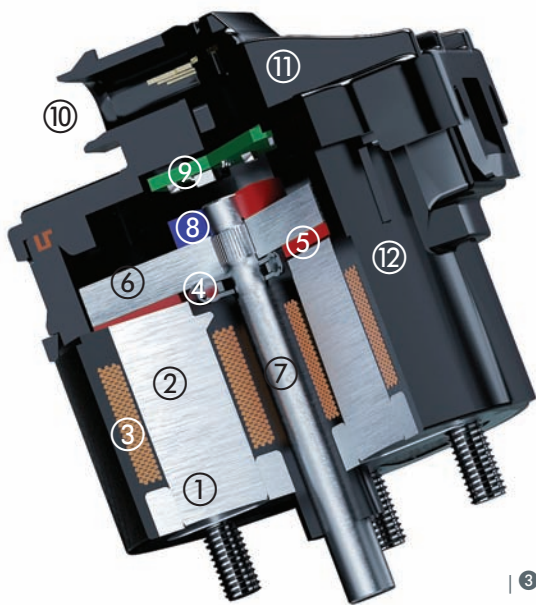
Dr.-Phys. Marc-Olivier André
Business Unit Manager
Engine Controls

Paolo Reghenzi
Key Account Manager
Engine Controls

Thomas Basset
Key Account Manager
Engine Controls

Christophe Gassmann
Development Manager
Engine Controls

Antoine Foucaut
Advanced Development Manager
Engine Controls



3 Schnittdarstellung des bürstenlosen Gleichstrom-Direktantriebs

von Abgasen in die Ansaugluft reduziert den Sauerstoffgehalt im Brennraum. Dadurch wird der Verbrennungsprozess verlangsamt und die Verbrennungstemperatur sinkt. Da die Entstehung von Stickoxiden mit niedrigeren Verbrennungstemperaturen exponentiell abnimmt, sinken so die NO_x-Emissionen deutlich. Gleichzeitig nehmen jedoch die HC-Emissionen zu.

Abgasrückführventile wurden lange mit pneumatischen Vakuumstellantrieben betrieben. Heute sind die meisten Motoren mit elektrischen Ventilen ausgestattet, die direkt vom Motormanagement gesteuert werden. Dies erlaubt die schnelle und präzise Positionierung und macht das System zudem unabhängig von der Unterdruckversorgung im Fahrzeug. Ein deutlicher Trend geht aktuell zu kleineren Abmessungen der Ventile, um deren Integration in den Motorraum zu erleichtern ①. Zudem müssen die Systeme höheren Anforderungen an Robustheit und Lebensdauer entsprechen. Da die Massenströme bei der Abgasrückführung zunehmen, sind die Komponenten der AGR-Ventile überdies höheren thermischen Belastungen ausgesetzt.

Aufladungssysteme

Die Automobilindustrie führte die Aufladung ein, um die Motorleistung und -effizienz zu erhöhen. Bei der Aufladung wird das effektive Verdichtungsverhält-

nis des Motors durch die Zufuhr verdichteter Luft erhöht. Dies maximiert den Wirkungsgrad des Motors. Das am weitesten verbreitete Aufladungssystem ist der Turbolader, bei dem die Pumpleistung durch eine teilweise Nutzung der kinetischen Energie des Abgases aufgebracht wird. Die hauptsächliche Herausforderung liegt im schwierigen Kompromiss zwischen der Ansprechzeit und der Abgabeleistung. So bietet ein großer Turbolader bei hoher Motordrehzahl eine hohe Abgabeleistung, zeigt aber bei niedriger Motordrehzahl eine lange Ansprechzeit.

Ein Lösungsansatz besteht in der Einführung einer variablen Turbinengeometrie durch mehrere verstellbare Leitschaufeln im Turbinengehäuse, um die Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine für einen festgelegten Drehzahlbereich konstant zu halten ②. Eine variable Turbinengeometrie ist bei den meisten Dieselmotoren Standard. Turbogeladene Ottomotoren sind zur Ladedruckregelung hingegen mit einem Bypassventil (Wastegate) im Abgasstrom ausgestattet.

Kompressoren sind eine weitere Möglichkeit zur Luftverdichtung. Sie werden über einen Nebenantrieb direkt vom Motor angetrieben. Der große Vorteil der Kompressortechnik besteht darin, dass sich der Druck ohne Verzögerung aufbaut und der Verstärkungsdruck praktisch unabhängig von der Motordrehzahl ist. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die Motordrehzahl zu reduzieren, um Kraft-

stoff zu sparen. Zur Verbrauchsreduzierung verringert ein Bypass die Strömungsverluste, wenn die Aufladung temporär nicht benötigt wird.

Ein genereller Trend bei Aufladesystemen ist die Substitution pneumatischer durch elektrische Aktuatoren, die durch integrierte Positionsrückmeldung für eine präzise und schnelle Verstellung sorgen. Gestützt wird dieser Trend durch die Notwendigkeit verbesserter Kraftstoffeffizienz, verringerter Emissionen sowie einfacherer und kompakterer Lösungen, die unabhängig von einem Vakuumsystem funktionieren.

Kompakte und robuste bürstenlose Direktantriebe

Der Aktuator ist ein bürstenloser Einphasenmotor mit Direktantrieb (bürstenloser Gleichstrom-Direktantrieb oder Torque-Motor), sprich ohne Getriebe. Das Konzept wurde in den frühen 1990er Jahren von Moving Magnet Technologies (MMT), dem Forschungszentrum der Sonceboz-Gruppe, etabliert. Seit ihrer Freigabe für die Großserienfertigung im Jahr 2000 kommen die Motoren in AGR-Ventilen, Turboladern und Kompressoren sowie verschiedenen Ventilsystemen im Ansaug- und Abgasbereich zahlreicher Motoren von kleinen Pkw bis hin zu schweren Baumaschinen zum Einsatz.

Im bürstenlosen Direktantrieb von Sonceboz ③, wirkt der Rotor, (5-7), mit seinem vierpoligen Permanentmagneten, (5), mit einem vierpoligen Stator, (1-3), zusammen. Die Statorspulen sind jeweils entgegengesetzt gewickelt und erzeugen – je nach Polarität – ein wechselndes Magnetfeld mit Nord-Süd-Nord-Süd- oder Süd-Nord-Süd-Nord-Ausrichtung ④. Gegenüber der Statorstruktur befindet sich, getrennt durch einen kleinen Abstand, der Rotor mit einem Permanentmagneten, (5) in ③, der an einem ferromagnetischen Rückschluss befestigt ist, (6). Die Wechselwirkung zwischen Rotor und Stator erzeugt eine Axialkraft und ein Drehmoment [4]:

$$\text{Gl. 1} \quad M = 8 \times B_r \times \frac{L}{E} \times Z \times n \times I \times r_m$$

Das Drehmoment hängt linear von der Remanenzflussdichte der Permanentmagnetscheibe (B_r) und deren Breite (Z), der Zahl der Wicklungen jeder Spule (n), dem

EGR valves

Exhaust gas recirculation (EGR) is a NO_x emission reduction technique used in internal combustion engines, both diesel and gasoline [1, 2, 3]. External EGR works by connecting the exhaust pipe to the intake tract through a cooler, and by regulating the recirculated exhaust gas flow using a control valve. Piping directly from the exhaust manifold to the inlet manifold is commonly called high-pressure or short-route EGR. It has been the dominant concept for several years. Low-pressure or long-route EGR has recently begun to be developed and implemented on some Euro 6 diesel engine to support further reduction of NO_x emissions. It consists of recirculating exhaust gas piped downstream past the particle filter to the intake tract upstream from the turbocharger compressor. Mixing exhaust gas with clean intake air reduces the oxygen concentration in the cylinder charge. As a result, the combustion process is slowed and the combustion temperature is decreased. As the reaction rate of nitrogen oxide formation is exponentially dependent on the combustion temperature, the NO_x emissions decrease considerably, while conversely the HC-emission increases.

EGR valves have long been actuated by vacuum pneumatic actuators. Today, most engines use electrically actuated valves directly driven from the ECU. Electrical valves provide benefits such as fast and precise positioning for fine gas flow regulation, and also independence of the vehicle vacuum system. The clear trend of ever decreasing valve packaging dimensions is driven by the demand for better integration of the valve around the engine ❶. These systems also face simultaneously tougher robustness and longer life time requirements. Since the flow requirement of recirculated exhaust gas is on the increase, the EGR valve components are additionally facing more challenging thermal constraints.

Charging systems

Charging has been introduced in the automotive industry to boost engine power and efficiency, since it enhances the effective compression ratio of the engine by feeding pre-compressed air to the intake. This maximises the amount of useful energy extracted per fuel unit. The most commonly used forced induction compressor is the turbocharger, where the pumping of fresh air is achieved thanks to partial harnessing of the kinetic energy available in the exhaust gas. The main challenge is the difficult compromise between response time and power output. For instance, a large turbo will offer high power output at high engine speed, but will suffer a correspondingly low response time at low engine speed. An approach to manage this challenge is the introduction of a set of variable vanes in the turbine housing in order to maintain constant gas velocity across the turbine for a defined engine speed range ❷. This variable vane technology, known as both variable-geometry or variable-nozzle turbocharger, is now standard technology in most diesel engines. Turbocharged gasoline engines use a controlled safety bypass valve called wastegate.

The supercharger is another form of air compressor powered by the rotation of the engine through a mechanical linkage. The great advantage is that there is no time lag for pressure build-up. The boost pressure delivered by some supercharger types is practically independent of the engine speed. A key benefit is the ability to reduce engine speed yielding fuel consumption gains. A compressor bypass further aids in the reduction of fuel consumption by eliminating air handling losses when boost is not required.

A general trend in forced air induction systems is the shift from pneumatic to electric actuators with integrated position feedback for more precise and faster positioning. This trend is sup-

ported by the need for improved fuel economy and emission reduction. It is further supported by the benefit of simpler and more compact integrated design solutions which operate independently of the vehicle vacuum system.

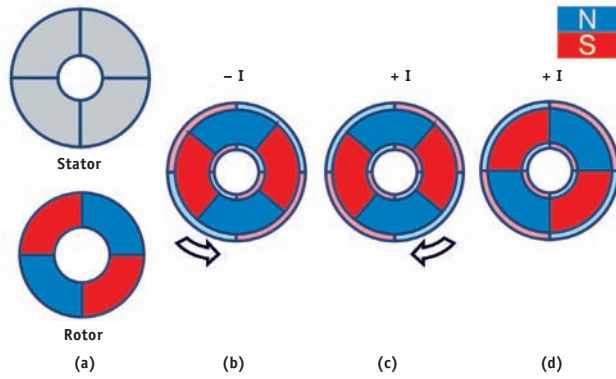
Compact and robust direct-drive DC brushless actuator

The actuator is a single phase brushless motor – DC brushless actuator or torque motor – with direct drive operation, i.e. with no gears. The concept was established in the early 1990s by Moving Magnet Technologies, the advanced research company of the Sonceboz group. Since their release for mass production in 2000, DC brushless actuators have been equipping EGR valves, turbochargers and superchargers, and various valve systems. These newer actuators manage intake air and exhaust gas flow in a wide spectrum of engines. The spectrum ranges from small pass cars to heavy-duty construction machinery.

In the Sonceboz DC brushless actuator ❸, the rotor, (5-7), with a four-pole permanent magnet, (5), interacts with the four-pole stator, (1-3). Each stator pole, (3), has a coil, (2), wound around it in alternating directions, producing an alternating magnetic pole pattern, North-South-North-South or S-N-S-N depending on the current polarity, ❹. Opposite the stator structure and separated by a thin mechanical space is the rotor with a permanent magnet, (5) in ❸, fixed to a ferromagnetic yoke, (6). The interaction between rotor and stator produces an axial force and a torque [4]:

$$\text{Equ. 1} \quad T = 8 \times B_r \times \frac{L}{E} \times Z \times n \times I \times r_m$$

The torque depends linearly on the magnetic residual induction of the disc permanent magnet (B_r), its width (Z), the number of turns of each coil (n), the current flowing in the coil (I), and the torque arm (r_m), which is the mean radius of the permanent magnet disc.



4 Funktionsprinzip des bürstenlosen Gleichstrom-Direktantriebs

aktuellen Strom in der Wicklung (I) sowie dem mittleren Radius der Permanentmagnetscheibe (r_m) ab. Nach dem Grundsatz, wonach sich gegensätzliche Magnetpolaritäten von Rotor und Stator anziehen, erzeugt die Drehkraft eine Drehung im Uhrzeigersinn, (c) in 4, oder gegen den Uhrzeigersinn, (b). Ein axiales Kugellager, (4) in 3, stützt die Anziehungskraft zwischen Rotor und Stator ab und hält den Luftspalt (E) konstant.

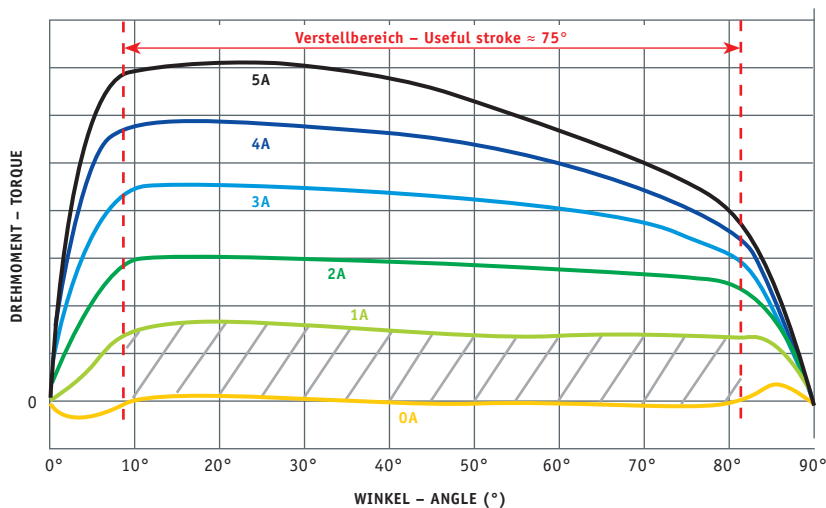
Besondere Aufmerksamkeit verdient die Verhältnismäßigkeit zwischen dem elektrischen Strom und dem Drehmoment in Gl. 1 5. Durch dieses proportionale Verhalten entsteht ein großer dynamischer Drehmomentbereich mit der Möglichkeit kurzzeitiger Spitzenmomente. Bei hohen Strömen tritt magnetische Sättigung im oberen Bereich des Verstellbereichs auf, sodass das Drehmoment bei steigendem Strom unterproportional zunimmt. Die Sättigung hängt von den magnetischen Eigenschaften und den Dimensionen der ferromagnetischen Bauteile ab. Dank einer reibungsminimierten Konstruktion

und eines vernachlässigbaren Rastmoments ist das Drehmoment ohne Strom sehr gering. Das niedrige stromlose Drehmoment trägt dazu bei, dass die Rückstellfeder, mit der die Failsafe-Position oder die Rückstellung auf Null sichergestellt wird, sehr klein ausgelegt werden kann. Der Verstellbereich beträgt etwa 75° , wobei nahe 0° und 90° kein nutzbares Drehmoment erzeugt wird, da sich hier Rotor und Stator im magnetischen Gleichgewicht befinden, 5 und (d) in 4.

Ohne Positionskontrolle arbeitet ein bürstenloser Direktantrieb wie ein On-Off-Aktuator zwischen zwei Anschlagpunkten innerhalb des nutzbaren Hubs. Zur Positionskontrolle wird bei gleichem Bauraum ein berührungsloser Sensor integriert. Er besteht aus einem Magneten, (8) in 3, der an der Rückseite des ferromagnetischen Rückschlusses, (6), befestigt ist und ein magnetisches Feld erzeugt, das von einer Hallsonde gemessen wird, (9). Die Sonde ist in einem ASIC integriert, der die Winkelposition berechnet und daraus

ein analoges oder digitales Ausgangssignal erstellt. Dieses Sensorprinzip ist gegenüber Temperatureinflüssen und Montagetoleranzen unempfindlich. Die elektronischen Komponenten sind auf einer Kunststoffabdeckung, (11) in 3, mit integriertem Stecker, (10), fixiert und werden an dem umspritzten Stator, (12), angebracht. Sobald der Antrieb in die endgültige Anwendung montiert ist, kann die Spannungscharakteristik des Sensors durch Anlegen des gewünschten Spannungswerts im Hinblick auf die Anschlagpunkte kalibriert werden. Dies löscht die Toleranzbreite des gesamten Zusammenbaus und führt zu einer optimierten Wiederholbarkeit des Sensor-Outputs. Positioniergeschwindigkeiten von unter 100 ms können einfach durch einen konventionellen PID-Regler erzielt werden. Ein Leistungs-PWM-Signal steuert den Antrieb über eine H-Brücke an. Die OBD-Konformität wird durch die Sensorcharakteristiken sichergestellt.

Typische Ausstattungen wie Befestigungspunkte, Steckerbauart oder eine hundertprozentige Wasserdichtheit können über die Anwendungsspezifikationen angeglichen werden. Die Leistung lässt sich am besten durch die Motor-konstante beschreiben. Dabei handelt es sich um eine Invariante, die in $\text{Nm}/\sqrt{\text{W}}$ ausgedrückt wird. Sie ändert sich nur mit der Klasse des Permanentmagneten (B_p) und hängt nicht vom Drahtdurchmesser oder der Zahl der Wicklungen der Spulen ab 6. Die mechanische Arbeit, die bei einem spezifischen Strom zur Verfügung steht, ergibt sich aus der Fläche unterhalb der entsprechenden Drehmoment-



5 Typische Drehmoment-Winkel-Kurve eines bürstenlosen Gleichstrom-Direktantriebs (die schraffierte Fläche entspricht der bei 1 A verfügbaren mechanischen Arbeit)

The torque generates a clockwise, (c) in ④, or counter-clockwise, (b), rotation, per the principle that opposite magnet polarities on the rotor and stator attract each other. An axial ball bearing, (4), balances the attraction force between the rotor and the stator, thus maintaining the air gap (E) constant.

It is worth noting that the relationship between the electric current and the torque is linear in Eq. 1 ⑤. Thanks to this linear relationship, the available range of high torque dynamics is expanded offering torque boost capability. The fact that torque does not increase linearly with current at high angles in ⑤ is ascribed to magnetic saturation, which depends on the magnetic properties and dimensions of the ferromagnetic parts. The torque without current is very low, thanks to a construction that minimises friction, and also to a detent torque. The detent torque is negligible over the useful stroke owing to the magnetic design. This very low residual torque helps minimising the size of the return spring, which is either required to guarantee a fail-safe operation of the system, or to return it to zero. The stroke is approximately 75°, since the positions at 0° and 90° with alignment of rotor and stator magnetic patterns are equilibrium positions with no useful torque, ⑤ and (d) in ④.

Without position control, the DC brushless actuator operates as an on-off actuator between two end stops within the useful stroke. In order to control position, a contactless sensor function is integrated in the same package. It features a magnet, (8) in ③, attached to the backside of the ferromagnetic yoke, (6), which generates a magnetic field sensed by a Hall-effect

probe, (9). The probe is integrated in an ASIC which computes the field angular orientation and delivers an analog or digital voltage signal. This sensor principle is insensitive to temperature and assembly tolerances. The electronic components are fixed to a plastic cover, (11) in ③, with integrated connector, (10), mounted on the overmolded stator, (12). Once the actuator is assembled on the final application, the sensor voltage characteristic can be calibrated by clamping the desired voltage value with respect to the end stops of the application. This completely cancels the tolerance stack-up of the entire assembly, thereby offering an optimum part-to-part repeatability for the sensor output. Positioning times below 100 ms can be easily achieved via a conventional PID regulation scheme, which adjusts the voltage supplied by a standard H-bridge to the actuator coils. OBD compliance is guaranteed thanks to the sensor characteristics.

Typical features such as fixation pattern, connector type, or 100% waterproofness, can be adapted per the application specification. The performance is best described by the motor constant, an invariant expressed in Nm/√W that only varies with the permanent magnet grade (B_r) and does not depend on the coil wire gauge and turn number, ⑥. The mechanical work available for a specific current corresponds to the area underneath the torque curve ⑤. Connecting the actuator and application rotating shafts through a four-bar mechanical linkage or lever cam system permits the adjustment of the functional torque and stroke requirements at the application shaft. This is particularly useful in the case of a var-

iable-geometry turbocharger, where the useful stroke may be 35°, thus maximising the torque delivered to the application shaft ⑦, [5]. The same principle can be applied to throttle flaps by maximising the torque at closed position, e.g. 90°. Another benefit brought by mechanical linkages is efficient thermal decoupling between both actuator and application shafts.

More compact, higher life time

As integration surrounding the engine becomes increasingly complex with packaging space a scarce resource, constant effort is committed towards reducing the size of the direct-drive DC brushless actuator. Downsizing increases engine power density resulting in a smaller package volume, which will expose the actuators to higher thermal constraints. Reduction in cylinder count means new and possibly harsher vibration spectra for the sub-systems. The ability to guarantee an extended life time at temperatures above 150 °C is an enabling factor for the continuous development of new compact and robust direct-drive DC brushless actuators.

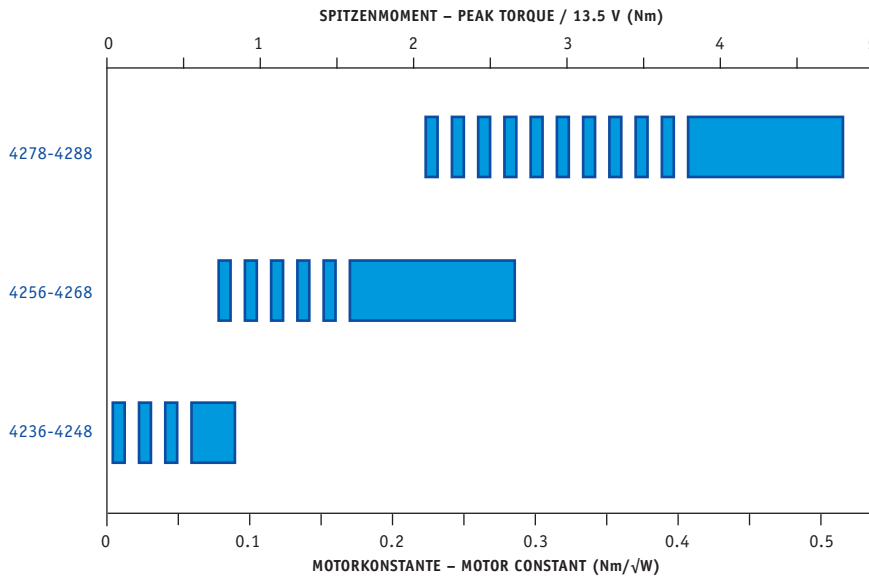
References

- [1] Bareis, B.; Blank, T.; Deichmann, G.; Flaig, B.: Bibliothek der Technik, Vol. 270: Abgasrückführsysteme. Munich: Moderne Industrie, 2004
- [2] Flaig, B.; Zimmermann, F.: Elektrisches Abgasrückführventil. In: MTZ 61 (2000), No. 9, pp. 572 – 575
- [3] Flaig, B.; Beyer, U.; André, M.-O.: Abgasrückführung bei Ottomotoren mit Direkteinspritzung. In: MTZ 71 (2010), No.1, pp. 34 – 40
- [4] André, M.-O.; Gassmann, C.; Reghenzi, P.: Torquemotoren als Aktuatoren im Ansaug- und Abgasbereich. In: MTZ 67 (2006) No. 6, pp. 462 – 467
- [5] Schnell und stark. In: Automobil-Produktion, June

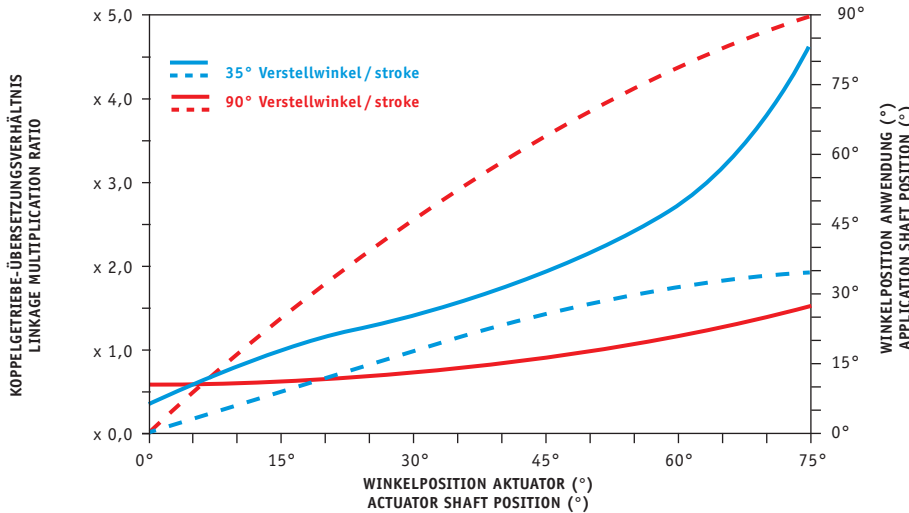
- | ① Diesel EGR valve with direct-drive DC brushless actuator
- | ② Variable-geometry turbocharger with direct-drive DC brushless actuator
- | ③ Construction of the direct-drive DC brushless actuator

- | ④ Operating principle of the direct-drive DC brushless actuator
- | ⑤ Typical torque vs. angle plot of a direct-drive DC brushless actuator (the dashed surface corresponds to the mechanical work available at 1 A)

- | ⑥ Motor constant and peak torque of the Sonceboz direct-drive DC brushless actuators.
- | ⑦ Examples of mechanical linkages between actuator and application shafts: multiplication ratio (solid curves) and stroke reduction (blue dashed curve) or extension (red dashed curve).



6 Motorkonstante und Spitzenmoment der bürstenlosen Sonceboz-Gleichstrom-Direktantriebe



7 Beispiele für die mechanische Verbindung zwischen Stellantriebs- und Anwendungswelle: Multiplikationsverhältnis (durchgezogene Linien) und Winkelreduktion (blau gestrichelt) oder Winkelvergrößerung (rot gestrichelt)

kurve 5. Die Anbindung der rotierenden Welle des Aktuators über ein viergliedriges Koppelgetriebe oder eine Nocken-Rolle-Übersetzung erlaubt, Drehmoment und Verstellbereich an die Anforderungen der Anwendung anzupassen. Das ist besonders bei Turboladern mit variabler Turbinengeometrie vorteilhaft, da der nutzbare Verstellbereich bei etwa 35° liegt, weshalb das Drehmoment, das an der Welle der Anwendung aufgebracht wird, vergrößert wird 7, [5]. Das gleiche Prinzip kann auch auf Drosselklappen angewendet werden, indem das Drehmoment in geschlossener Position, zum Beispiel 90°, erhöht wird. Ein anderer Vorteil der mechanischen Verbindung ist eine thermische Entkopplung der Wellen von Aktuator und Anwendung.

Weniger Bauraum, mehr Standzeit

Die Integration der Nebenaggregate des Motors wird immer komplexer, da Bauraum zu einer knappen Ressource geworden ist. Kontinuierliche Bemühungen zielen deshalb auf eine Reduzierung der Größe bürstenloser Direktantriebe hin zu besonders kompakten Produkten ab. Das Downsizing der Motoren erhöht deren Leistungsdichte bei gleichzeitig reduziertem Volumen. Dies steigert die thermische Belastung, der die Aktuatoren ausgesetzt sind. Eine Reduzierung der Zylinderzahl bedeutet neue und vielleicht härtere Vibrationsbelastungen für die Subsysteme. Die Fähigkeit, eine lange Lebensdauer bei Temperaturen über 150 °C zu garantieren, ist deshalb ein

weiterer Schlüsselfaktor für die kontinuierliche Weiterentwicklung kompakter und robuster bürstenloser Gleichstrom-Direktantriebe.

Literatur

- [1] Bareis, B.; Blank, T.; Deichmann, G.; Flaig, B.: Bibliothek der Technik, Band 270: Abgasrückführsysteme, München: Moderne Industrie, 2004
- [2] Flaig, B.; Zimmermann, F.: Elektrisches Abgasrückführventil. In: MTZ 61 (2000), Nr. 9, S. 572 – 575
- [3] Flaig, B.; Beyer, U.; André, M.-O.: Abgasrückführung bei Ottomotoren mit Direkteinspritzung. In: MTZ 71 (2010), Nr.1, S. 34 – 40
- [4] André, M.-O.; Gassmann, C.; Reghenzi, P.: Torque-Motoren als Aktuatoren im Ansaug- und Abgasbereich. In: MTZ 67 (2006) Nr. 6, S. 462 – 467
- [5] Schnell und stark. In: Automobil-Produktion Juni 2008, S. 72

Die saubere Lösung

Immer strengere Abgas-Vorschriften beschleunigen den Einsatz von EC-Motoren auch bei Dieselmotoren für Lkw und Baumaschinen. Sie kommen als Aktuatoren in Abgasrückführungssystemen oder zur Steuerung der Drosselklappe zum Einsatz und lösen die bislang verwendeten Pneumatikzylinder ab. Sonceboz liefert seit 1999 Elektrosteller für Dieselmotoren, heute sorgen „intelligente“ EC-Motoren, die speziell für Euro 6 entwickelt werden, für saubere Lösungen.



Daniel Sigg
Business Unit Manager
BLDC Smart Actuator



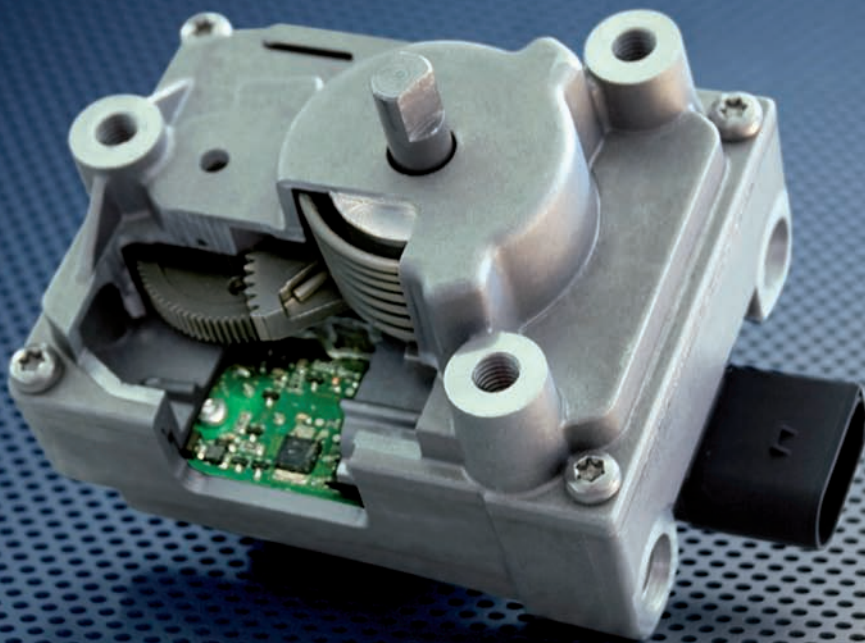
Paolo Reghenzi
Key Account Manager
BLDC Smart Actuator



Philip Graf
R&D Manager
BLDC Smart Actuator



Romain Anguila
Project Manager
BLDC Smart Actuator



Christophe Adler
Project Manager
BLDC Smart Actuator

Die Zielsetzung lautet: Minimierung des Verbrauchs und der Emissionen an jedem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors. Um dies zu erreichen, kommen heute in modernen Dieselmotoren für Nutzfahrzeuge immer häufiger EC-Motoren als Stellglieder zum Einsatz. Sie werden unter anderem in Abgasrückführungssystemen, bei der Drosselklappensteuerung oder als Aktuatoren bei Abgasturboladern mit variabler Einlass-Geometrie verwendet. Die künftigen gesetzlichen Verbrauchs- und Emissionsvorgaben erfordern eine deutlich exaktere und feinere Regelung der Dieselaggregate als bisher. Dies wird mit „intelligenten“ EC- und BLDC-Motoren (BLDC = bürstenloser Gleichstrommotor) erreicht.

Vom Pneumatik-Aktuator zum BLDC-Motor

Um die bisherigen Emissions-Normen Euro 3, Euro 4 und Euro 5 zu erfüllen, genügten in der Regel einfachere Stellglieder wie Pneumatikzylinder, wie sie bis dato von den meisten Dieselmotorenherstellern eingesetzt werden, zum Beispiel in Abgasrück-

The clean solution

With increasingly strict exhaust regulations, EC motors are being used more often, even in diesel engines for trucks and construction machinery. They are implemented as actuators in exhaust gas recirculation systems or to control the throttle and are a replacement for the pneumatic cylinders in current use. Since 1999, Sonceboz has supplied electrical actuators for diesel engines; today, „intelligent“ EC motors, developed especially for Euro 6, provide „clean“ solutions.

The goal is to minimize consumption and emissions at every operating point in the combustion engine. To achieve this, EC motors are now being used more often as actuators in advanced diesel engines for medium- and heavy-duty vehicles. Among other applications, they are used in exhaust gas recirculation systems, in throttle control or as actuators for turbochargers with variable inlet shapes. The future statutory specifications for consumption and emissions require a significantly more precise, finer control of the diesel generator than before. This can be achieved with the „intelligent“ EC and BLDC motors (BLDC = brushless DC motor).

From pneumatic actuator to BLDC motor

In general, to meet the previous Euro 3, Euro 4 and Euro 5 emissions standards, it was sufficient to use simple actuators such as the pneumatic cylinders used until now by most diesel engine manufacturers, e.g. in exhaust gas recirculation systems (EGR) and to control brake flaps. In order to control diesel engines more effectively and, above all, for full control

of hysteresis, a gradual conversion to electric motors is underway. They have optimum resolution and achieve the required positioning speed of less than 150 ms in both directions. Pneumatic actuators cannot achieve these values. Moreover, in various off highway applications, no compressed air is available. Electrical current is always available.

Up to now in the move toward more extensive use of EC motors, i.e. brushless, permanent magnet synchronous motors, the mechanical brush-commutated DC motors have represented an intermediate step. Its cost advantages still ensure a strong market position. However, in high performance applications, EC motors are already being used. EC motors are primarily confronted with two great challenges: they require electronics for electronic commutation. And the winding process is still time-consuming and makes the motor construction more expensive.

Nevertheless, there appears to be a breakthrough for EC motors now, even for large diesel engines in commercial vehicles. The breakthrough is due primarily to the packaging, service life and costs.

Daniel Sigg

Business Unit Manager BLDC
Smart Actuator

Paolo Reghenzi

Key Account Manager BLDC
Smart Actuator

Philip Graf

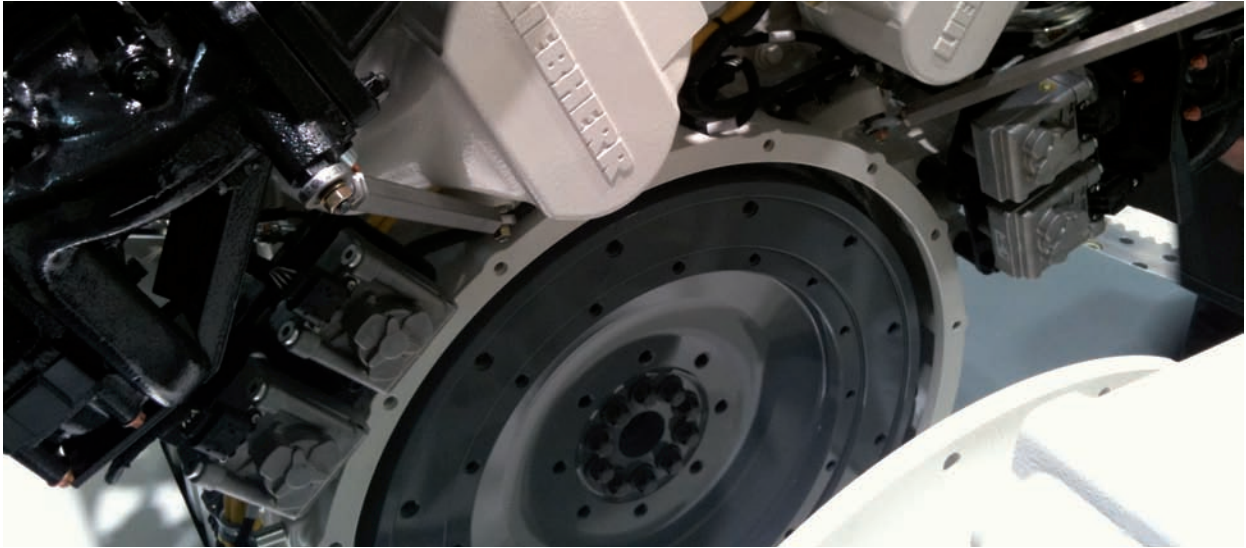
R&D Manager BLDC
Smart Actuator

Romain Anguila

Project Manager BLDC
Smart Actuator

Christophe Adler

Project Manager BLDC
Smart Actuator



1 Anbau von vier BLDC-Motoren an einem Dieselmotor, ermöglicht durch kompakte Konstruktion.

führungssystemen (AGR) und zur Steuerung der Bremsklappen. Um künftig Dieselmotoren noch effektiver und vor allem auch hysteresefrei regeln zu können, erfolgt sukzessive die Umstellung auf Elektromotoren. Sie verfügen über die optimale Auflösung und erreichen die geforderte Stellgeschwindigkeit von weniger als 150 ms in beiden Richtungen. Diese Werte sind mit Pneumatikstellern nicht erreichbar. Bei diversen Off-Highway-Anwendungen steht zudem keine Druckluft zur Verfügung. Elektrischer Strom ist immer verfügbar.

Auf dem Weg zum großflächigen Einsatz von EC-Motoren (= bürstenlose, permanenterregte Synchronmotoren) stellten die mit mechanischen Bürsten kommutierten Gleichstrommotoren bislang einen Zwischenschritt dar. Noch sichern Kostenvorteile eine starke Marktposition. In High-Performance-Anwendungen kommen EC-Motoren jedoch bereits zum Einsatz. EC-Motoren sind vor allem mit zwei groß-

en Herausforderungen konfrontiert: Sie benötigen eine Elektronik, um elektronisch kommutieren zu können. Und: Die Wickeltechnik ist nach wie vor aufwändig und verteuert die Motorkonstruktion.

Dennoch zeichnet sich nun ein Durchbruch der EC-Motoren auch bei Dieselmotoren in Nutzfahrzeugen ab, der sich auf die Weiterentwicklung vor allem beim Packaging, der Lebensdauer sowie den Kosten begründet.

Bauraum: Ein Lkw ist hoch, lang, breit und verfügt über viel Platz – um möglichst viel zu transportieren. Im Motorraum dagegen geht es eng zu: Immer mehr Funktionalitäten und immer mehr „Add ons“ sorgen für Platznot. Durch den Einsatz der leistungsstärksten Dauermagneten und durchdachtem Packaging entstand der bislang kompakteste Antrieb in dieser Leistungsklasse 1.

Lebensdauer: Geringe Störanfälligkeit und hohe Belastbarkeit sind im Nutzfahrzeugsektor wettbewerbsent-

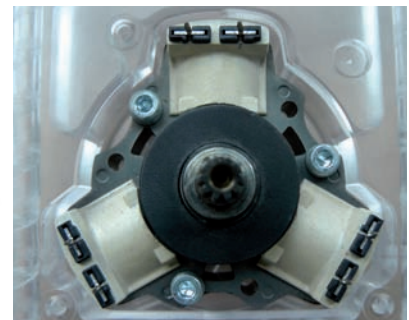
scheidend. Sich bei vielen Temperaturwechseln über eine Million Kilometer durchschütteln lassen – das machen nur die robustesten Technologien mit.

Wettbewerbsfähigkeit: Das zur Sonceboz Group gehörende Forschungsinstitut MMT fokussiert bei der Entwicklung von Aktuatoren einfache Herstellbarkeit. Der MM41 Stator von Sonceboz ist dafür ein hervorragendes Beispiel: Er zeichnet sich durch hohe Leistung und zugleich sehr einfache Wickeltechnik aus.

Steuerung: Um im Fahrzeug die Komplexität des Steuergerätes ECU sowie die elektrische Verkabelung des Motors zu begrenzen, setzen Automobilhersteller verstärkt auf den Einsatz von CAN-Bussystemen. Moderne Steller arbeiten in diesen Systemen mit eigenen Steuergeräten, die – ohne großen Mehraufwand – die elektronische Kommutierung ermöglichen. Die Kommutierung stellt darüber hinaus einen sehr exakten digitalen Sensor dar 2.



2 Kommutierung am Rotor, dadurch kein Winkelsensor nötig



3 Einbau Stator und Rotor

Installation space: A truck is high, long, wide and has a great deal of available space for transporting as much as possible. In contrast, in the engine compartment the space narrows: more and more functions and add-ons reduce free space drastically. Very powerful permanent magnets and well-designed packaging were used to create the most compact drive in this class up to now ❶.

Service life: Low vulnerability to failures and high resilience are critical competitive factors in the commercial vehicle sector. Only the most robust technology can survive being shaken around over a million miles with frequent temperature changes.

Competitiveness: MMT, the advanced research institute in the Sonceboz Group, focuses on simplicity of production when developing actuators. The MM41 actuator by Sonceboz provides a great example: it is characterized by its high performance and the simplicity of its winding technology.

Control: In order to limit the complexity of the ECU controller and the electrical wiring on the motor, automobile manufacturers are increasingly using CAN bus systems. In these systems, advanced actuators operate with their own controllers that enable electronic commutation without requiring more time or expense. In addition, commutation acts as a very precise digital sensor ❷.

Motor design

The drive design is very flat. For this reason, it is also suitable for applications where not much installation space is available. The coils are overmolded to guarantee high vibration resistance. In addition, they allow dissipated energy to be diverted efficiently to the housing ❸.

The transmission is made of steel. It easily absorbs the lateral forces caused

by the high torque of 6 Nm and more. The three-part housing design separates the motor-transmission unit from the electronic systems ❹. The motor housing can be water-cooled to avoid overheating the electronic systems.

In terms of software functionalities, the controller of a BLDC motor cannot be compared with a vehicle control device. Nevertheless, the 16 bit micro-processor still covers a wide variety of functions. The target position specified by the CAN bus is implemented with the internal controller. The steps of the digital sensor are counted as the motor is moved to the desired position.

Applications in the engine compartment

The goal is to set the optimum parameters at each operating point of the diesel engine in order to achieve the optimum combustion at the best possible level of efficiency. The broad performance range is illustrated by an excavator, for example, that is constantly switching between operating at full load and virtually idling. Accordingly, the operating points change often and quickly and the regulating flaps must be repositioned just as often and just as quickly.

Above all, the goal of using exhaust gas recirculation systems (EGR) in utility vehicles is to reduce NOx emissions ❺. Generally, the valve is fitted upstream of the EGR cooler, i.e. on the hot side. Depending on the combustion engine, a throttle controlled by a BLDC motor can also be used ❻. Throttles enable higher EGR rates.

Up to now, brake flaps have been driven by pneumatic actuators, although they limit the functions to „open“ and „closed“. In addition to braking the engine, continuous control of these flaps ❼ allows the engine to warm up faster. In this way, the higher temperatures required for filter regen-

eration can be reached more quickly. If the maximum permissible compression has been reached with the turbo, the EC motor controls the release of the excess pressure via the waste gate with high precision – without a drop in pressure.

For all of these applications, Sonceboz works directly with the OEMs and/or the engine suppliers. In close coordination, the parameters are defined and a corresponding co-design is organized so that improvements and refinements can continuously become part of the process. This is particularly relevant to the parameters for resolution, torque, regulating time, failsafe, and various software functions.

Outlook

The stricter legal requirements for emissions, Tier 4 and the Euro 6 standard, come into effect in 2014. The tight timeline for their introduction creates a tremendous challenge. Prototypes, test reports and software adaptations for various customers must be prepared and implemented almost simultaneously. One positive effect is that this process provides an opportunity to perform comprehensive testing on EC motors in a wide range of configurations and designs under real conditions. As soon as emissions laws related to Euro 5 and Euro 6 become standards in other countries throughout the world, we expect another wave of advances in development.

Summary

The trend toward using electrical units is quite advanced for passenger car engines. Now the same milestone is happening for on- and off-highway engines. The „Smart BLDC motor“ by Sonceboz is a cornerstone of this advance. Further applications will follow, requiring new, different, but somewhat similar electrical actuators.

❶ Fitting four BLDC motors to a diesel engine; made possible by compact design.
❷ Commutation at the rotor means no angle sensor is needed.

❸ Fitted stator + rotor
❹ Exploded view of the Smart BLDC actuator, gear-train and electronics with an intermediate plate to provide a clean separation

❺ Smart BLDC actuator fitted to the EGR valve
❻ Smart BLDC actuator fitted to a throttle
❼ Smart BLDC actuator fitted to a brake flap



4 Smart BLDC Motor, Getriebe und Elektronik sauber getrennt durch Zwischenplatte

Aufbau des Motors

Der Antrieb ist sehr flach ausgelegt. Er eignet sich somit auch für Anwendungen, bei denen nur wenig Bauraum zur Verfügung steht. Die umspritzten Spulen gewährleisten höchste Vibrationsbeständigkeit. Sie erlauben zudem, die Verlustleistung effizient an das Gehäuse abzuleiten 3.

Das Getriebe ist aus Stahl gefertigt. Es nimmt die durch das hohe Drehmoment von 6 Nm und mehr verursachten Querkräfte problemlos auf. Das dreiteilig ausgelegte Gehäuse trennt Motor-Getriebe-Einheit und Elektronik 4. Das Motorgehäuse kann mit Wasser gekühlt werden, um eine Überhitzung der Elektronik zu vermeiden.

Mit Blick auf die Softwarefunktionalitäten ist das Steuergerät eines BLDC-Motors nicht mit einem Fahrzeugsteuergerät vergleichbar. Dennoch deckt der 16-bit-Mikroprozessor eine Vielfalt von Funktionen ab. Die über den CAN-Bus

geordnete Sollposition wird mit dem internen Regler umgesetzt. Der Motor wird in die gewünschte Position gefahren, wobei die Schritte des digitalen Sensors gezählt werden.

Anwendungen im Motorraum

Zielsetzung ist, an jedem Betriebspunkt des Dieselmotors die optimalen Parameter einzustellen, um bei bestmöglichem Wirkungsgrad die optimalen Verbrennungsergebnisse zu erzielen. Das große Leistungsspektrum verdeutlicht beispielsweise der Einsatz eines Baggers, der im permanenten Wechsel zwischen Vollast und Fast-Leerlauf arbeitet. Entsprechend oft und schnell ändern sich die Betriebspunkte und entsprechend oft und schnell müssen die Stellklappen neu positioniert werden.

Der Einsatz von Abgasrückführungssystemem (AGR) in Nutzfahrzeugen zielt vor allem auf die Reduzierung der NOx-Emissionen ab 5. Das Ventil wird in der Regel vor dem AGR-Kühler, also auf der heißen Seite verbaut. Je nach Verbrennungsmotor kann zudem eine über einen BLDC-Motor gesteuerte Drosselklappe eingesetzt werden 6. Drosselklappen ermöglichen höhere AGR-Raten.

Bislang wurden Bremsklappen in der Regel mit Pneumatikstellern angetrieben, wobei diese die Funktionen auf „auf“ und „zu“ beschränken. Eine kontinuierliche Regelung dieser Klappen 7 ermöglicht – neben dem Abbremsen des Motors – eine schnellere Erwärmung des Motors. So kann die zur Filterregenerierung benötigte höhere Temperatur frühzeitig erreicht werden. Ist die maximal zulässige Verdichtung mit dem Turbolader erreicht, reguliert der EC-Motor hochpräzise das Ablassen des Über-

drucks über das Waste-Gate – ohne dass der Druck einbricht.

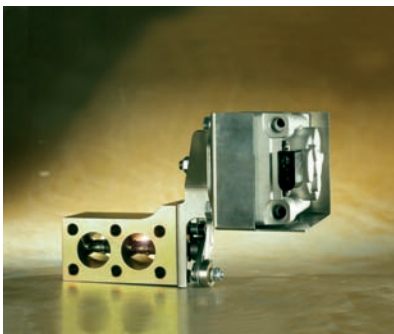
Bei allen diesen Anwendungen arbeitet Sonceboz direkt mit den OEMs und den Motorenlieferanten zusammen. In enger Abstimmung werden die Parameter definiert und ein entsprechendes Co-Design organisiert, um Optimierungen und Verfeinerungen kontinuierlich einfließen zu lassen. Dies betrifft vor allem die Parameter Auflösung, Drehmoment, Stellzeit, Fail-Safe sowie verschiedene Softwarefunktionen.

Ausblick

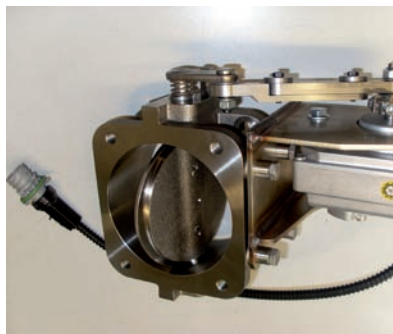
Die verschärften gesetzlichen Abgasvorschriften Tier4- und Euro-6-Norm werden 2014 gültig. Die zeitlich sehr eng gestaffelte Einführung stellt eine große Herausforderung dar. Nahezu zeitgleich gilt es, Muster, Testberichte, Softwareanpassungen für unterschiedliche Kunden vorzubereiten und umzusetzen. Als positiver Effekt kann gewertet werden, dass damit auch die Möglichkeit gegeben ist, EC-Motoren in verschiedensten Konfigurationen und Konstruktionen unter realen Bedingungen umfassend zu testen. Sobald an Euro 5 und Euro 6 angelehnte Emissionsgesetze auch in anderen Ländern der Welt zur Norm werden, erwarten wir einen weiteren Entwicklungsschub.

Zusammenfassung

Der Trend zur Aggregate-Elektrifizierung ist bei Pkw-Motoren schon weit fortgeschritten. Nun folgt der Bereich On- und Off-Highway-Motoren. Der „Smart BLDC Motor“ von Sonceboz ist dabei ein wichtiger Baustein. Es werden weitere Anwendungen folgen, die neue, andere, aber ähnliche Elektrosteller benötigen.



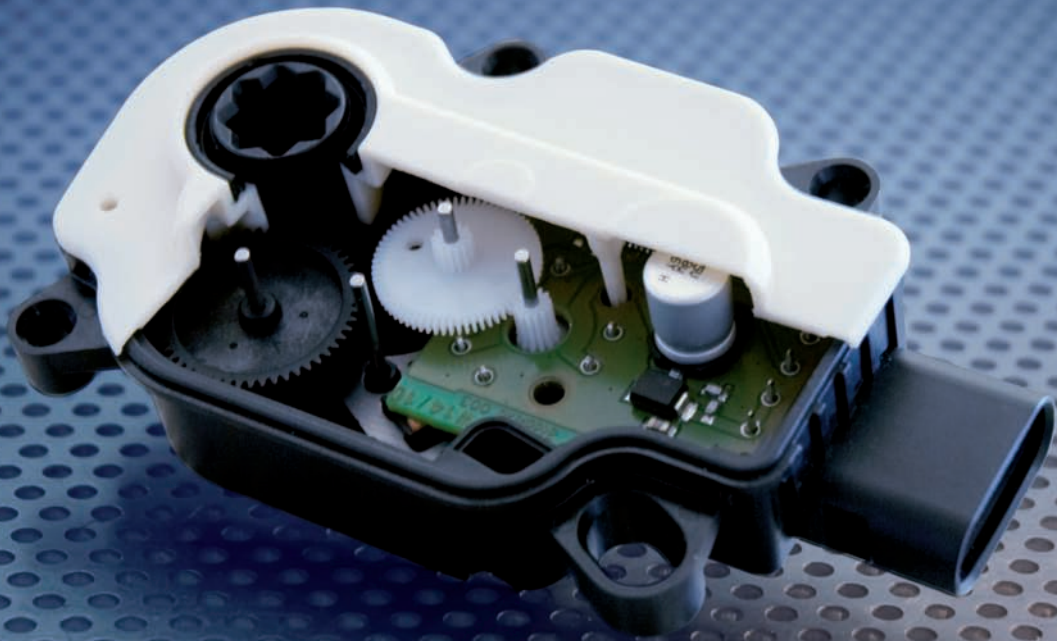
5 Anbau des BLDC-Motors am AGR-Ventil



6 Anbau des BLDC-Motors an einer Drosselklappe



7 Anbau des BLDC-Motors an einer Bremsklappe



Gezügelte Frischluft

Die Zufuhr von Kühlluft zum Verbrennungsmotor bedarfsgerecht zu steuern und dadurch signifikante Kraftstoffeinsparungen zu generieren, dies ermöglicht der Stellmotor 6466 mit integrierter Elektronik von Sonceboz. Er arbeitet in Serie in einem aktiven Kühlluftklappensystem.



Julien Von Kaenel
Business Unit Manager
Smart Stepper MM41



Stéphane Cremer
Key Account Manager
Smart Stepper MM41



Jacques Wicht
R&D Manager Electronics



Tobias Tauffer
Entwicklungsleiter
Smart Stepper MM41

Herausforderung Aerodynamik

Künftige, international gültige Gesetzesvorgaben zum CO₂-Ausstoß (Euro 6, CARB etc.) zwingen die Automobilhersteller zu Innovationen und zur Förderung neuer Technologien schwerpunktmäßig in diesen Bereichen:

- Hybridisierung des Antriebs
- Optimierung von Kraftstoffeffizienz und Emissionen
- Verbesserung der Aerodynamik des Fahrzeugs

Eine Innovation im Bereich Aerodynamik stellt das neu eingeführte Kühlluftklappensystem zur Optimierung des Fahrzeugluftwiderstandes dar. Die Frischluftzufuhr zum Verbrennungsmotor wird mit Hilfe aktiver Kühlluftklappen möglichst günstig – im Sinne einer optimalen Abstimmung des Kühlluftbedarfs und eines möglichst geringen Luftwiderstandes des Fahrzeugs – reguliert. Abhängig von Fahrzeugdesign und Fahrzeugfront sind dadurch Einsparungen bis zu 4 g CO₂ pro km und 0,2 Liter Kraftstoff pro 100 km zu erreichen.

Das einer Jalousie ähnliche System ist in der Kühlerverkleidung montiert. Es besteht aus einem Kunststoffrahmen mit mehreren, frei verstellbaren Lamellen ¹. Ein Aktuator positioniert die Lamellen und steuert so bedarfsgerecht den Einlass von Frischluft in den Motorraum. In geschlossener Position reduziert das System aufgrund geringerer Strömung den Reibungskoeffizienten und somit den Luftwiderstand des Fahrzeuges. Zur Kühlung des Motors wird das Klappensystem geöffnet. Der Lufteintritt kann bedarfsgerecht gesteuert werden – exakt abgestimmt auf den Kühlungsbedarf des Motors.

Leicht und robust

Die größte Herausforderung für die Klappenhersteller besteht darin, ein leichtes und zugleich robustes System zu konstruieren, kombiniert mit einem Aktuator, der alle Anforderungen in Bezug auf Leistung, Auflösung, Temperaturbeständigkeit sowie Kommunikation mit dem Steuergerät erfüllt.

Sonceboz erzielt mit seinem Smart Aktuator 6466 auf Basis eines innovativen Schrittmotors im Markt deutliche Vorteile, insbesondere aufgrund des niedrigen Gewichtes, der vielfältigen Positioniermöglichkeiten und des geringen Stromverbrauchs.



¹ Der Aktuator positioniert die Lamellen des Kühlluftklappensystems montiert in der Kühlerverkleidung

Curbing fresh air

The intake of cooling air into internal combustion engines compartments requires an appropriate flow control to generate significant fuel savings. The Sonceboz 6466 stepper motor with integrated electronics, which is fitted on an air vent module, offers the ability to control the air supply to the internal combustion engine as needed.

Aerodynamics challenge

New global legal requirements on CO₂ emissions (EUR6, CARB, etc.) are forcing automakers to look at new innovations and to develop technologies in the following three areas:

- drive hybridization
- optimized fuel efficiency and emissions
- improved vehicle aerodynamics

An innovation in aerodynamics area is the newly introduced additional air grille shutter to improve vehicle air resistance. Mounted directly in the front end, this system consists of a plastic frame with multiple rotating flaps ❶. The flaps are driven by an actuator and set in the desired positions to control the intake of fresh air into the engine compartment as needed. Depending on the vehicle design and the front-end shape, savings of up to 4 g CO₂ per km and 0.2 liters of fuel per 100 km are achievable in this way. The system is at its most efficient in the closed position, where the coefficient of friction or air resistance is reduced by the low flow rate. In the half open to fully open position the system opens the air intake in response to the engine cooling requirements while taking into account the need for low vehicle air resistance.

Lightweight and robust

The biggest challenge facing the air grille shutter manufacturers is how to build a lightweight yet rugged system combined with an actuator which is able to satisfy all requirements in terms of performance, temperature range, diagnostics and communication with the control unit.

Sonceboz is achieving a clear market advantage with its 6466 smart actuator based on an innovative stepper motor, in particular because of its light weight, versatile positioning options and low energy consumption. Working closely with a well-known OEM, Sonceboz began developing a new stepper motor for this application and within the space of two years had taken the concept to the series production stage. Extremely high expectations in terms of robustness and quality were always the guiding principle in achieving an optimum definition of product and processes.

With the power of magnets

Actuators consist essentially of four main components: motor, gear train, electronics and housings.

The job of stepper motors is to convert a supply of electrical energy into

mechanical energy, by transforming electrical pulses directly into a rotary movement.

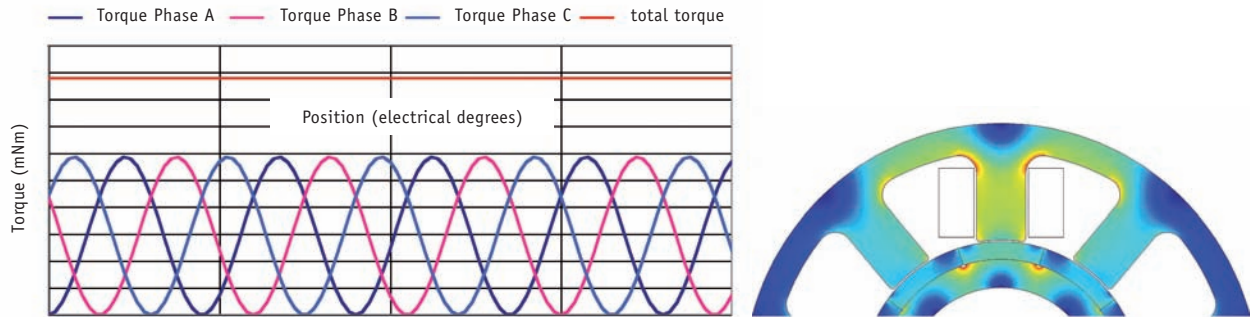
During operation two magnetic fields are generated and superimposed – a static rotor field and a dynamic alternating field, which is generated by the stator coils. The rotor movement is brought about by a north pole of the magnet being attracted by a south pole of the stator, generating a rotary movement. The rotor continues to align itself until a magnetic equilibrium is established, in other words when the north and south pole are opposite each other. On comple-

Julien Von Kaenel
Business Unit Manager
Smart Stepper MM41

Stéphane Cremer
Key Account Manager
Smart Stepper MM41

Jacques Wicht
R&D Manager Electronics

Tobias Taufer
Development Manager
Smart Stepper MM41



2 Phase Kommutierung

3 Der spezielle MM41-Aufbau erlaubt eine optimierte Verteilung der magnetischen Felder

Sonceboz startete die Entwicklung des neuen Schrittmotors für diese Anwendung in Zusammenarbeit mit einem renommierten OEM. Binnen zwei Jahren wurde das Konzept zur Serienreife weiterentwickelt. Höchste Anforderungen an Robustheit und Qualität waren hierbei stets die Richtlinie bei der Definition und Auslegung von Produkt und Prozessen.

Mit der Kraft der Magneten

Aktuatoren bestehen im Wesentlichen aus vier Hauptkomponenten: Motor, Getriebe, Elektronik und Gehäuse.

Schrittmotoren haben die Aufgabe, zugeführte elektrische Energie in mechanische Energie umzuwandeln. Dabei werden elektrische Impulse direkt in eine Drehbewegung übertragen.

Im Schrittmotor werden jeweils zwei Magnetfelder generiert und überlagert – ein statisches Rotorfeld sowie ein dynamisches Wechselfeld, das von den Statorspulen erzeugt wird. Die Bewegung des Rotors erfolgt, indem der Nordpol des Magneten vom Südpol des Stators angezogen und somit ein Drehmoment generiert wird. Der Rotor richtet sich aus, bis ein magnetisches Gleichgewicht er-

reicht ist, d.h. bis Nord- und Südpol sich gegenüber stehen. Ist diese Position erreicht, wird der Stator an einer anderen Stelle bestromt und somit die nächste Bewegungssequenz eingeleitet. So entsteht eine quasi-kontinuierliche Bewegung, wobei als Besonderheit mehrere Spulen mit angenäherten Sinuskurven bestromt werden, um den Rotor gleichförmig zu bewegen, ohne mechanisch Schritte zu verlieren 2.

Rotor-Stator-Lösung

Auf Basis des Patentes MM41 entwickelte Sonceboz einen speziellen Schrittmotor für die Anwendung bei Kühlklappensystemen und nutzte dabei gezielt sein breitgefächertes Technologieportfolio. Die gewählte MM41-Technologie ist grundsätzlich die effizienteste Rotor-Stator-Lösung für ein derartiges System.

Der Stator ist ein Stanzpaket mit drei geraden Zähnen und erlaubt durch seinen speziellen Aufbau eine optimierte Verteilung der magnetischen Felder 3.

Der Rotor wird in Zwei-Komponenten-Technologie umspritzt. Der Magnet ist aus anisotropen Stoffen gefertigt und wird in der Produktion bei Sonceboz

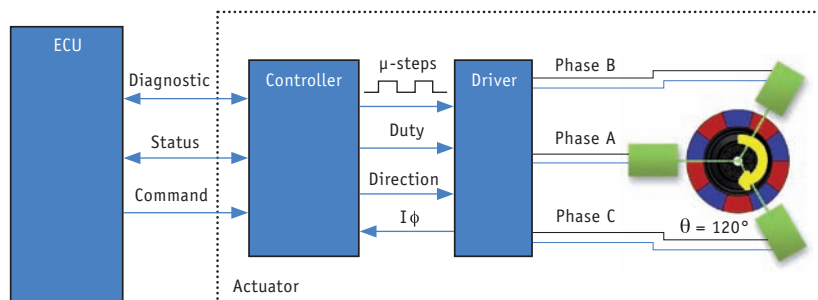
direkt vor der Montage mit mehreren Polpaaren aufmagnetisiert. Diese Magnetisierung erfolgt durch einen extrem starken Stromimpuls durch mehrere Drähte, die in einem speziellen Magnetisierkopf rund um den Magneten positioniert sind. Somit ist der Rotor dauerhaft magnetisch polarisiert.

Der Motor MM41 baut äusserst kompakt und ist einfach herzustellen, da die Spulen separat gewickelt und anschliessend montiert werden können 4. Die Statorgeometrie reduziert Schwingungen und erzielt somit Vorteile bei Leistung und Geräusch gegenüber anderen Konzepten.

Um die hohe Rotordrehzahl in eine applikationsgerechte Ausgangsgeschwindigkeit zu übertragen und dabei die notwendige Reversierbarkeit des Systems realisieren zu können, hat Sonceboz das Getriebe mit vier Stirnradstufen aus speziellen Kunststoffen umgesetzt.

„Smarte“ Elektronik

Der Motor wird durch die integrierte Elektronik angesteuert. Sonceboz hat hierfür die erforderliche „Intelligenz“ für die Applikation in eine kompakte ASIC- und Leiterplatten-Entwicklung zusammengefasst und für künftige Varianten flexibel gestaltet 5. Der Dualcore-ASIC vereint alle notwendigen Softwarefunktionen mit einem analogen (Motortreiber, AD-Wandler) und einem digitalen Teil (Controller mit zwei Mikroprozessoren, Flash Memory, LIN-Treiber). Dank des flexiblen Konzepts und der freien Programmierbarkeit kann der Smart Aktuator 6466 verschiedenste Endkunden-Anwendungen realisieren und in alle gängigen Kommunikationsprotokolle integriert werden.



4 Zusammenbau Stator und Rotor

tion of this step the stator is energized at another point, initiating the next sequence until equilibrium is again established. This results in a quasi-continuous movement, a special feature of which is that each coil is energized with an approximately sinusoidal start-up curve, to allow the necessary regular acceleration of the rotor without losing steps ②.

Rotor-stator solution

Based on its MM41 patent, Sonceboz has developed a special stepper motor for this application, drawing on elements of its exceptional technology portfolio. The chosen MM41 technology is the most efficient rotor-stator solution for this type of solution.

The stator is a laminated core with three straight teeth. Its special design allows optimum distribution of the magnetic fields without saturation in the core ③.

The rotor is produced by overmolding using two-component technology. The magnet is built from anisotropic materials, and in production at Sonceboz it is magnetized with multiple pole pairs immediately before assembly. This magnetization is brought about by an extremely strong current pulse from multiple wires which are positioned around the magnet in a special magnetizing head. In this way the rotor is permanently magnetically polarized.

The MM41 motor is extremely compact and easy to produce, as the coils are separately wound and adjacently assembled. The geometry of the stator reduces vibration and yields advantages in terms of power and noise compared to alternative concepts. Because of an increased rated rotor speed and the necessary reversibility of the system, Sonceboz has designed the gear train with four plastic gears.

“Smart” electronics

The motor is controlled by the integrated electronics. Sonceboz has brought together the necessary „intelligence“ for the application in a compact ASIC and PCB development with a flexible design to allow for future variants ⑤. The dual-core ASIC combines all necessary software functions, with an analog part (motor driver, A/D converter) and a digital part (controller with two microprocessors, flash memory, LIN driver). Thanks to its programmability and its flexible concept, the smart actuator can fit to several end-user strategies and diagnostics, and be implemented in present communication protocols.

Another patent was filed in connection with this development for a stall detection method. This innovative software algorithm allows for continuous output load monitoring and thus detecting end stops reliably. The power consumption can be reduced and the torque output limited in this way, allowing the size and weight of the flaps to be minimized.

Optimal test results

The IP6k7k housing withstands to harsh operating conditions at temperatures between $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. The product is resistant to the media used in the vicinity of the radiator. The performance and service life of the product have been successfully tested in the laboratory, climate-testing laboratory, EMC hall, on various test benches and vehicles tests, and they have been validated for series production. The complete actuator solution offers excellent results in terms of weight, torque and application flexibility ⑥.

Production: 0 ppm philosophy

Series production at Sonceboz is based on a process designed on the zero-defect principle, comprising standardized modular stations.

Connections to the PCB for the stator contacts and the connector contact pins are carried out with press-fit technology, replacing complex and error-prone solder connections. To ensure the necessary seal integrity, the cover is laser-welded onto the housing and then undergoes 100% inspection within the process.

The lean and efficient assembly concept enables each process step to be verified individually and allows production on semi- or fully-automated assembly lines if required. With this combination of product and process the 0 ppm target has become a reality.

Summary and Perspective

The latest development from Sonceboz described in this article has resulted in a very successful and versatile actuator which stands out because of its lightweight, high torque and low energy consumption ⑦. As the 6466 stepper motor has already been approved for series production, Sonceboz can offer its customers a very attractive and fast time-to-market solution, providing a technological advantage which can rapidly be implemented in other applications. The outstanding features described above make this actuator exceptionally versatile. Sonceboz has no doubt that this product will prove very successful in future, particularly for a wide variety of air vent systems.

- | ① The flaps of the air vent system are driven by an actuator
- | ② Commutation phase
- | ③ The MM41 design allows an optimum distribution of the magnetic fields
- | ④ Stator/rotor assembly

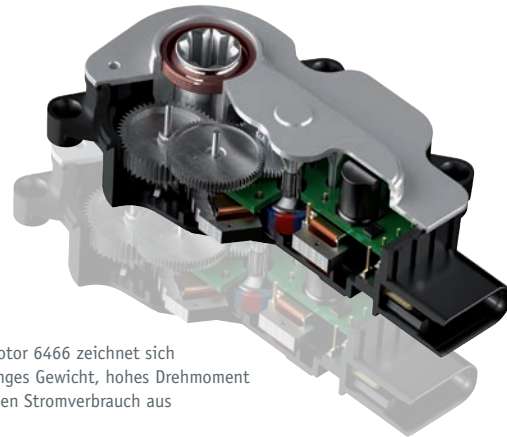
- | ⑤ Smart actuator principle
- | ⑥ Actuator output
- | ⑦ The actuator 6466 stands out because of its lightweight, high torque and low energy consumption

References

- [1] Didier Angleviel: 2006 11 596 “Development of a Contactless Brushless DC actuator for Engine Management”, Detroit, April 2006
- [2] MM41 patent, EP 0 949 747 B1
- [3] MM98 patent, US 7 432 682 B2



5 Prinzip des Smart Aktuators



7 Der Stellmotor 6466 zeichnet sich durch geringes Gewicht, hohes Drehmoment und geringen Stromverbrauch aus

Ein weiteres Patent wurde im Rahmen dieser Entwicklung für die Anschlagerkennung angemeldet. Ein innovativer Softwarealgorithmus erlaubt es, während der Bewegung kontinuierlich die Belastung am Abtrieb zu erfassen und somit Anschläge sicher zu erkennen. So ist es auch möglich, die Leistungsaufnahme zu reduzieren und gleichzeitig das abgegebene Drehmoment zu begrenzen. Dies ermöglicht bei der Auslegung der Jalousielamellen Bauraum und Gewicht zu reduzieren.

Optimale Testergebnisse

Das Gehäuse widersteht rauen Umweltbedingungen mit der Schutzklasse IP-6K7K in einem Temperaturbereich von minus 40 °C bis plus 120 °C. Das Gehäuse ist zudem gegen die im Kühlerumfeld geforderten Medien beständig. Die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer des Produktes wurden im Labor, in der Klimakammer, in der EMV-Halle sowie in diver-

sen Prüfstand- und Fahrzeugtests positiv erprobt und für die Serie validiert. Die Aktuatorlösung zeigt optimale Ergebnisse bezüglich Gewicht, Drehmoment und Flexibilität für die Anwendung 6.

Fertigung: Null-Fehler-Prinzip

Die Serienfertigung bei Sonceboz erfolgt in einem nach dem Null-Fehler-Prinzip ausgelegten Prozess, bestehend aus im Baukastenprinzip standardisierten Stationen.

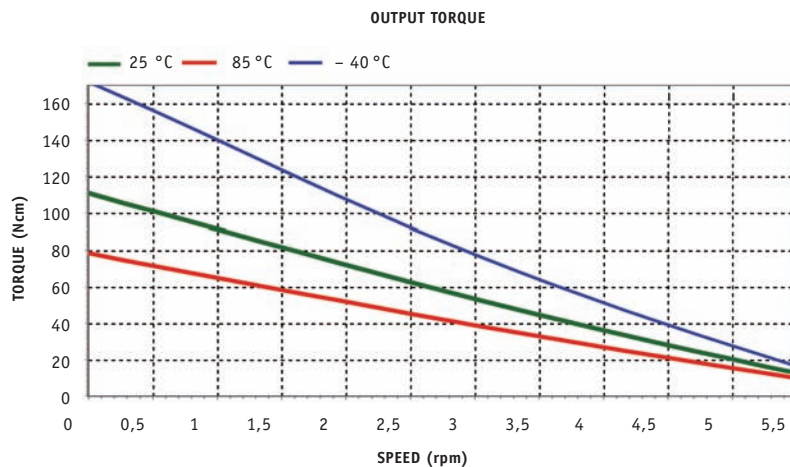
Die Verbindung der Kontakte des Stators sowie der Kontaktpins des Steckers mit der Leiterplatte sind in Pressfit-Technologie ausgeführt – anstelle aufwändiger und fehleranfälliger Lötverbindungen. Um die Dichtheit des Deckels zu gewährleisten, wird dieser mit dem Gehäuse laserverschweißt und im Prozess zu 100 Prozent geprüft.

Das schlanke und effiziente Montagekonzept erlaubt es, jeden Prozessschritt individuell abzusichern und wahlweise

auf halb- oder vollautomatischen Fertigungslinien zu produzieren. Das Nullppm-Ziel wird in dieser Kombination aus fertigungsgerechtem Produktdesign und effizienten Prozessen zur Realität.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der beschriebenen Neuentwicklung stellt Sonceboz einen wirtschaftlich wie technologisch sehr attraktiven Aktuator vor 7. Er zeichnet sich durch geringes Gewicht, hohes Drehmoment und geringen Stromverbrauch aus. Der vielseitig einsetzbare Stellmotor 6466 ist bereits in Serie freigegeben. Sonceboz bietet damit seinen Kunden eine hochattraktive und schnelle Time-to-Market-Lösung an, deren technologische Vorteile problemlos und in kürzester Zeit für weitere Applikationen adaptiert werden können. Sonceboz geht davon aus, dass der Stellmotor 6466 künftig insbesondere bei Luftklappensystemen zum Einsatz kommen wird.



6 Leistung des Aktuators

Literatur
 [1] Didier Angleviel: 2006 11 596 „Development of a Contactless Brushless DC actuator for Engine Management“, Detroit, April 2006
 [2] Patent MM41 EP 0 949 747 B1
 [3] Patent MM98 US 7 432 682 B2



Herbert Trummer
Mechatronics
Division Director



Christophe Habegger
R&D Manager
Linear Actuators



Hervé Baour
Key Account Manager
Linear Actuators

Die Kunden von Sonceboz entwickeln und produzieren Scheinwerfer, die sich durch anspruchsvolles Design und modernste Technologie auszeichnen. Das Design der Scheinwerfer prägt maßgeblich das „Gesicht“ eines Fahrzeugs und damit auch seine Attraktivität; die Lichttechnologie trägt entscheidend zum Fahrkomfort und zur Fahrsicherheit bei.

Zusätzlich zu den unterschiedlichen Lichtquellen – Halogen, Xenon und LED – bieten die Automobilhersteller auch verschiedene „Advanced Frontlighting Systeme“ (AFS) an ❶. Das Technologiespektrum der AFS reicht vom einfachen automatischen „Levelling“ (vertikale Bewegung des Lichtes, um sich der variablen Lage des Fahrzeugs auf der Straße anzupassen), über das dynamische Kurvenlicht bis hin zu hochkomplexen AFS-Systemen, die mittels Sensor-, Kamera- oder GPS-Informationen gesteuert werden. Die AFS-Funktionen bieten eine optimale Fahrbahnausleuchtung, zum Beispiel blendfreies Fernlicht, das automatisch den Blendeffekt für andere Verkehrsteilnehmer eliminiert und so zusätzlich das Unfallrisiko senkt.

Schlecht beleuchtete, kurvenreiche Strecken sind besonders gefahrenträchtig. Der Einsatz eines dynamischen Kurvenlichts in der Frontbeleuchtung erhöht nachweislich die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort auf solchen Straßenabschnitten. Das dynamische Kurvenlicht bewirkt, dass die Scheinwerfer den Lenkbewegungen des Fahrers folgen. Die so erzeugte horizontale Nachführung der Lichtquellen ermöglicht eine deutlich bessere Ausleuchtung der Fahrbahn als bei starren Scheinwerfersystemen.

Kompakter Linearantrieb

Als „Motoren“ für die dynamische Lichtquellenbewegung werden sehr kompakte Positionierantriebe eingesetzt ❷, die in den limitierten Bauraum der Scheinwerfer eingepasst werden. Das schwenkbare Lichtmodul eines dynamischen Kurvenlichts wird mit einer Geschwindigkeit von 25°/sec um +/- 17° bewegt ❸. Zur Ansteuerung und Einbindung in ein LIN-Bussystem ist die Ansteuerelektronik in den Positionierantrieb integriert. Für die Referenzierung des mechanischen Null-

Bewegtes Licht

Dunkle, unbeleuchtete Straßen, der Gegenverkehr blendet, in Kurven verringert sich die Sicht noch zusätzlich – Nachtfahrten bergen zusätzliche Risiken. Das muss nicht sein: Moderne Assistenzsysteme unterstützen den Fahrer in solchen Situationen. Durch mechanisch adaptive Optiken wird eine bessere Ausleuchtung der Straße erzielt. Dafür arbeiten in den Scheinwerfern integrierte Aktuatoren zuverlässig über die gesamte Lebensdauer.

punktes wird zudem ein Hall-Sensor eingesetzt.

Zur Bewegung des Kurvenlichts sind verschiedene Antriebstechnologien denkbar: Drehbewegung durch Zwei- oder Drei-Phasen-Schrittmotoren oder einen BLDC-Motor. Die bei den Kunden existierenden Ansteuer-Architekturen bedingen jedoch zweiphasige Schrittmotoren. Sonceboz entwickelte einen Linearaktor basierend auf einem Klauenpol-Schrittmotor und einer Spindel-Mutter-Kombination, die einen Schlitten linear bewegt.

Spindel-Mutter-System im Rotor

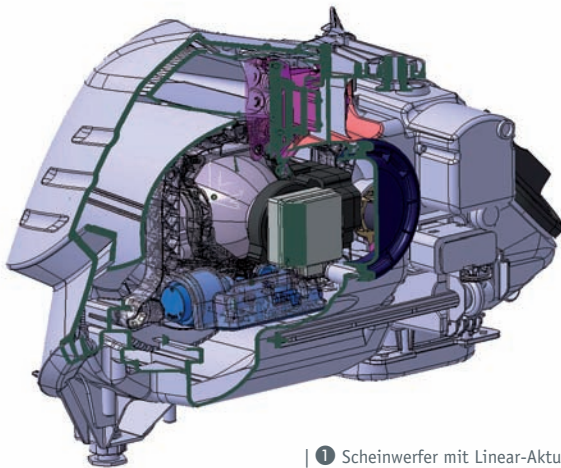
Das Grundprinzip des Schrittmotors ist ein „inkrementell“ rotierendes Magnetfeld, das durch den wechselnden Stromfluss in den Spulen erzeugt wird und so die Drehung des Rotors (Permanentmagnet mit radialen Polen) bewirkt. Da die durch jeden Impuls erzeugte Grundbewegung präzise und wiederholbar ist, sind Schrittmotoren ideal für Positionieraufgaben geeignet. Die lineare Bewegung wird über ein Spindel-Mutter-System im Rotor erzeugt. Die Spindel

verläuft durch den Rotor und ermöglicht damit einen sehr kompakten Antrieb. Rotorgeschwindigkeit und Rotorposition sind proportional zur Frequenz und Anzahl der Impulse, welche an den Motor übertragen werden. Die lineare Geschwindigkeit ist somit eine Funktion der Ansteuerfrequenz und der Steigung der Spindel ④.

Die Zuverlässigkeit und Leistung dieser Technologie hat sich bereits in einer Vielzahl von Anwendungen, auch unter extremen Einsatzbedingungen, bewährt. Linearaktuatoren sind beispielsweise in Motor-Management-Anwendungen seit vielen Jahren im Einsatz.

Beim Kurvenlicht-Aktuator wurde speziell auf eine hohe Integration geachtet – mit spezifischen Schnittstellen zur Aufnahme von Ansteuer Elektronik sowie einer optimalen Anbindung der Scheinwerfertrag- beziehungsweise Schwenkrahmen. Zur einfacheren Montage und zugunsten einer möglichst kompakten Bauform wurde ein in Schienen geführter beweglicher Schlitten entwickelt. Dieser treibt direkt den Verstellrahmen im Schwenkmodul an.

Die Lösung von Sonceboz ermöglicht das unmittelbare Kontaktieren der Ansteuer-Elektronik unterhalb der Motorspulen ⑤. Diese Lösung erlaubt dem



1 Scheinwerfer mit Linear-Aktuatoren für Kurvenlicht

Light in motion

Dark, unlit, curvy roads, the glare of oncoming headlights, reducing visibility even further – it's no wonder that many people find driving at night so stressful. But that shouldn't be the case. Modern driver assistance systems in cars now help to reduce the danger and to improve driving comfort significantly. These functions are achieved through mechanical movements of the light beam, controlled by actuators built into the more and more compact headlights. These actuators operate reliably throughout the long service life of the headlight units.

Challenges in lighting

In headlights developed and manufactured by Sonceboz customers, design and technology are paramount. Design, because this influences the style of the vehicle, and technology, because this contributes to comfort and driving safety. In addition to the various light sources – halogen, xenon and LED, tier one suppliers also offer a range of Advanced Front-Lighting Systems (AFS) ❶. These include simple automatic headlight leveling (vertical movement of the light to adjust to the horizontal position of the vehicle), bending lights, and more complex systems, which use sensors, cameras or GPS to project the beam onto the road. The AFS functions provide an optimum illumination of the road, such as the glare-free high beam, which automatically eliminates the glare effect to other road users, and so in addition reduces the risk of accidents. Poorly lit and winding roads are indeed particularly dangerous. The use of adaptive headlights in front-lighting systems improves driving safety and comfort. Bending lights follow the di-

rection in which the driver is steering, swiveling horizontally to provide a much better illumination of the road ahead.

Compact linear drive

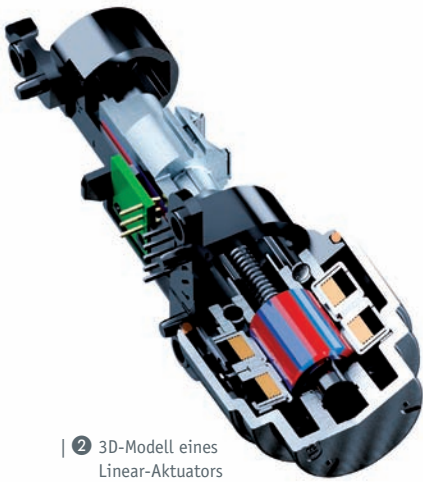
Precise and accurate light distribution requires compact positioning drives, which can fit into the confined space inside the headlight unit ❷. To satisfy the dynamic requirements for swiveling headlights, the light module should move in a range of $\pm 17^\circ$ at a speed of $25^\circ/\text{second}$ ❸. For control and integration into a LIN bus system, the control electronics, including a Hall-effect sensor for referencing, also have to be incorporated into the unit.

Various drive technologies could be used to generate the movement: a two- or three-phase stepper motor, or a BLDC motor. However, customers' existing control architectures require the use of two-phase stepper motors. Sonceboz has designed a linear actuator based on a tin can stepper motor with rotary to linear motion transformation through a lead screw-nut technology.

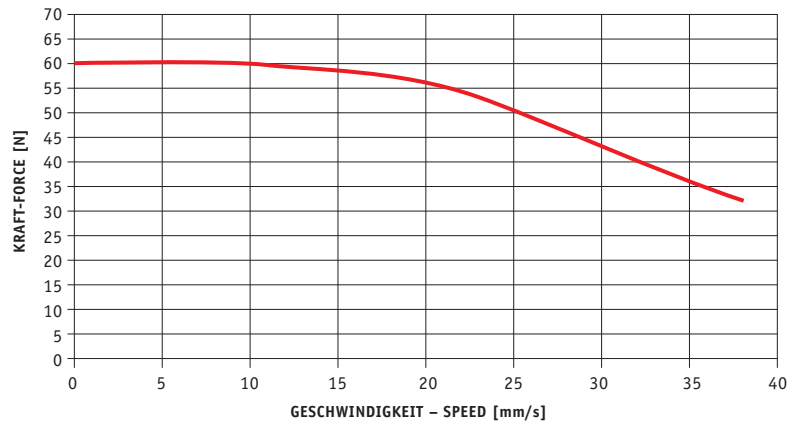
Herbert Trummer
Mechatronics Division Director

Christophe Habegger
R&D Manager
„Linear Actuators“

Hervé Baour
Key Account Manager
„Linear Actuators“



2 3D-Modell eines Linear-Aktuators



4 Kraft als Funktion der Geschwindigkeit

Kunden mehr Spielraum für die Integration weiterer Funktionen. Das Auflöten der Leiterplatte macht Kabel und Stecker überflüssig und reduziert die Anzahl der zu verbauenden Teile sowie den Montageaufwand.

Der integrierte Hall-Effekt-Sensor dient dazu, dass beim Fahrzeugstart das System nicht jedes Mal gegen den mechanischen Anschlag referenziert werden muss. Der Sensor besteht aus einem Permanentmagneten und einer auf der Leiterplatte integrierten Hall-Sonde. Die Hall-Sonde dient zur Bestimmung der genauen Mittellage der Lichtbündel und meldet jeweils das Überfahren dieser Winkelposition zurück, wenn sie überfahren wird. Durch die Verwendung eines Schrittmotors als inkrementeller Aktuator benötigt die Antriebseinheit in ihrer Basisfunktion keinen Absolut-Sensor.

Blendfreies Fernlicht

Um die neuen Anforderungen des blendfreien Fernlichts zu erfüllen, hat Sonceboz den Antrieb weiterentwickelt. Dazu gehören höhere Extremwerte wie eine

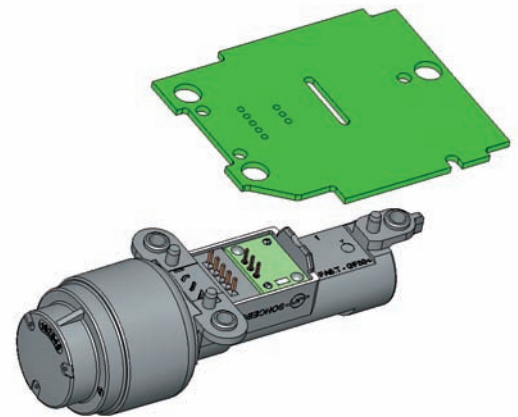
3 Aktuator-Kenndaten

KENNDATEN	WERT
HUB	25 mm
KRAFT	45 N
GESCHWINDIGKEIT	13 mm/sec
GEWICHT	70 g
VOLUMEN	29 cm ³
DUTY CYCLE	60 %
TEMPERATUR	-40 ... +125 °C
DAUERHALTBARKEIT	30'000'000 Deg

Einschaltdauer von bis zu 60 Prozent bei einem Temperaturbereich von -40 bis +125 °C, reduziertes Axialspiel von kleiner 0,1 mm und eine Lebensdauer von mehr als einer Million Zyklen (30 Millionen Winkelgrade). Beim blendfreien Fernlicht wird der Lichtkegel mit Hilfe einer Kamera so geführt, dass entgegenkommende oder voranfahrende Fahrzeuge nicht geblendet werden. Dadurch ergibt sich eine wesentlich höhere Einschaltdauer der Aktuatoren, da die Lichtmodule auch auf geraden Strecken bewegt werden, und gleichzeitig wird eine höhere Präzision verlangt. Die Erfahrung von Sonceboz mit Spindel-Mutter-Systemen mit hohen Wirkungsgraden und niedrigem Verschleiß ermöglichten Lösungen, welche diese hohen Lebensdauernanforderungen erfüllen.

Zusammenfassung und Ausblick

Heute arbeiten bis zu drei Schrittmotoren in einem Scheinwerfer, um eine optimale Straßenausleuchtung zu realisieren. Das Beispiel des Linearaktuators für dynamische Kurvenlichtsysteme zeigt, wie wertvoll eine innovative, kompakte und integrierte Lösung in engen Bauräumen wie bei Scheinwerfern ist. Die Bauraumproblematik wird auch in Zukunft ein wichtiger Innovationstreiber für neue, noch kompaktere Lösungen für Scheinwerferantriebe sein. Sonceboz arbeitet bereits an zukunftsweisenden, mechatronischen Lösungen, die auch bei LED-Scheinwerfern eingesetzt werden können. Die Zielsetzungen sind: Kompaktheit und Integrationsfähigkeit, hohe Präzision, geringer Verschleiß, Langlebigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit.



5 Optimierte elektrische Schnittstellen

Literatur

- [1] Christophe Habegger: „A way to address future AFS challenges: integrated mechatronic solutions“, VISION, Paris, France, 2010.
- [2] H. Trummer: „Performant Mechatronic Drives for AFS“, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
- [3] Christian Schmidt, Franz-Josef Kalze, Tobias Irmischer, Hella KGaA Hueck & Co, „Illumination Strategies for Dynamic Headlamp Functions like Adaptive and Vertical Cut-Off-Line“, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
- [4] Dr. Martin Grimm, Valeo Lighting Systems: „Trends in Automotive Lighting, new technology and its benefits for end-users“, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
- [5] Dr. Michael Hamm, Automotive Lighting, „Was ist der Preis für gutes Licht?“, Automobil Industrie Insight (special edition), Vogel Business Media.

Lead screw-nut system in the rotor

The basic principle of the stepper motor is a rotary “incremental” magnetic field, which is generated by the alternating current flow in the coils and which causes the rotor (permanent magnet with radial poles) to rotate. As the basic movement generated by each pulse is precise and repeatable, stepper motors are ideal for positioning tasks. The linear movement is generated by a lead screw-nut system in the rotor. The lead screw passes through the rotor, resulting in a very compact drive. The rotor speed and position are proportional to the frequency and number of pulses transmitted to the motor. The linear speed depends on the driving frequency and the pitch of the lead screw ❶.

The reliability and performance of this technology has long been proven in various applications under extreme operating conditions. Linear actuators have been in use in engine control applications for many years. Integration is a key factor for the adaptive lighting actuator, with specific interfaces for integration of the control electronics and an optimal connection to the headlight bending module.

To simplify assembly and to make the unit as compact as possible, a moving slide on rails was developed. This drives the moving part of the swivel module.

The Sonceboz solution allows the control electronics to be soldered directly to the base of the motor ❷. This solution gives the customer more freedom for integrating other functions. Soldering the PCB eliminates the need for cables and plugs, reducing the number of components as well as simplifying assembly.

The purpose of the integrated Hall-effect sensor is to avoid the need to reference the system against a mechanical stop each time the vehicle is started. The sensor consists of a permanent magnet and a Hall sensor integrated into the PCB. The Hall sensor determines the center position of the light beam and reports the transition of position. The use of a stepper motor as an incremental actuator means that in its basic function the drive unit does not require an absolute sensor.

Glare free high beam

To meet the new requirements of glare free high beam systems, Sonceboz has optimized its actuator. Extreme values have been increased to include a duty cycle of up to 60 percent in a temperature range from - 40 to +125°C, reduced axial play of less than 0.1 mm, and a service life of more than one million cycles representing more than 30 million of degrees. With glare free high beam, the light beam is directed by means of a camera to prevent glaring of oncoming or preceding traffic. This results in a much higher displacement’s duty cycle and calls for greater precision. Thanks to its experience with highly efficient, low-wear lead screw-nut systems, Sonceboz has been able to develop solutions which satisfy the long service life requirements.

Summary and outlook

Modern headlights have up to three stepper motors to accurately and optimally illuminate the road. The example of the linear actuator for adaptive headlights illustrates how important it is to find an innovative, compact and integrated solution for the limited space

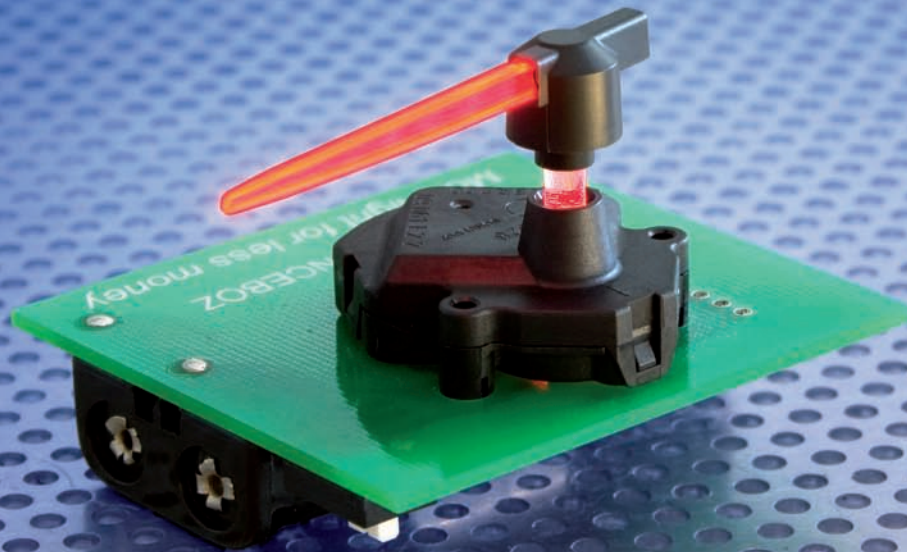
available inside the headlamp unit. The confined installation space will remain an innovation driver in future headlight motion systems. Sonceboz is already working on new mechatronic solutions that can be implemented into LED headlights. The challenging specifications are: compact design, integration, precision, low wear, high duty cycles and broad temperature range.

References

[1] Christophe Habegger: “ A way to address future AFS challenges: integrated mechatronics solutions “, VISION, Paris, France, 2010.
 [2] H. Trummer: “Performant Mechatronic Drives for AFS”, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
 [3] Christian Schmidt, Franz-Josef Kalze, Tobias Irmscher, Hella KGaA Hueck & Co, “Illumination Strategies for Dynamic Headlamp Functions like Adaptive and Vertical Cut-Off-Line”, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
 [4] Dr. Martin Grimm, Valeo Lighting Systems: “Trends in Automotive Lighting, new technology and its benefits for end-users”, ISAL, Darmstadt, Germany, 2009.
 [5] Dr. Michael Hamm, Automotive Lighting, “Was ist der Preis für gutes Licht?”, Automobil Industrie Insight (special edition), Vogel Business Media.

❶ Headlamp with linear actuators for Dynamic Bending Light
 ❷ 3D model of the DBL linear actuator

❸ Actuator characteristics
 ❹ Force against speed
 ❺ Electrical interfaces are optimized



Helligkeit mit Stil

Sonceboz entwickelte und produziert eine Familie innovativer „Slimline“ Schrittmotoren auf Basis der patentierten MM39-Technologie. Sie werden unter anderem für die Bewegung der Zeiger in Kombiinstrumenten verschiedenster Fahrzeuge eingesetzt. Ein Beispiel ist der „Shaftless“ Motor mit Hohlwelle am Antriebsrad, der einen direkten Lichtfluss und damit eine sehr hohe Lichtausbeute ermöglicht. Die einfache Montage führt zu Kosteneinsparungen.



Martin Strahm
Business Unit Manager
Instrumentation



Oliver Aubry
Key Account Manager
Instrumentation



Stanley Roth
Key Account Manager
Instrumentation



Sébastien Heinrich
R&D Project Manager
Slimline Stepper Motors

Brightness with style

Sonceboz has developed and has been mass-producing a family of innovative slimline stepper motors for instrument clusters, all based on the MM39 patented technology. They are moving pointers of instrument clusters in any kind of vehicles. One example is the “shaftless” actuator designed with a hollow output gear that enables a direct illumination for an optimised light output. The simplified assembly process leads to cost savings.

MM39 technology, a worldwide standard

Instrument cluster design has outstanding significance and is one of the key factors for success of vehicles ❶. Shape, personality, look & feel, colours and readability are master words. To achieve a highly satisfactory function and aspect, concept and design of each concealed component have to be continuously optimised.

Sonceboz has been setting a worldwide standard in the actuators for instrument clusters with its patented MM39 motor concept. This electromagnetic motor technology has been developed and patented by MMT, the Sonceboz advanced research subsidiary in France. It consists of a two-phase motor with 90° shift and a rotor with five-pole pairs ❷. The stator, composed of eight poles located 45° from each other, comprises one single stack of laminations. Two of those poles are radially extended and support one coil each. All of this results in outstanding magnetic performances at low rotor speeds which

leads to the lowest noise geared stepper motor for instrument clusters in the market. Based on the solid attributes of this technology, Sonceboz has designed its slimline stepper actuator range ❸.

Shaftless stepper motor

The shaftless stepper motor is designed with a hollow output gear to maximize pointer illumination ❹. The light of a single LED is directly emitted through the stem of the pointer. There are therefore no losses in light intensity nor unwanted diffusion, thus reducing the halo-effect under the cap of the pointer. In comparison with a shafted motor, the resulting light intensity is four to six times as high ❺ for the shaftless motor. Furthermore, due to the fact that the LED is aligned with the stem of the pointer, the light homogeneity does not vary with the angular position of the pointer.

A significant advantage of the shaftless stepper motor is a greater freedom in the pointer design. As light is directly

Martin Strahm

Business Unit Manager
Instrumentation

Oliver Aubry

Key Account Manager
Instrumentation

Stanley Roth

Key Account Manager
Instrumentation

Sébastien Heinrich

R&D Project Manager
Slimline stepper motors

Die MM39-Technologie – ein weltweiter Standard

Die Gestaltung der Instrumententafeln ist von herausragender Bedeutung und einer der Schlüsselfaktoren für den Erfolg eines Fahrzeugmodells. Form, Individualisierbarkeit, Optik und Haptik, Farben und Ablesbarkeit sind Schlüsselwörter bei der Gestaltung von Instrumententafeln ①. Um die wachsenden Ansprüche zu erfüllen, müssen auch verborgene Komponenten kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert werden.

Für die Aktuatoren in Instrumententafeln setzte Sonceboz mit seinem patentierten MM39-Motorenkonzept einen weltweiten Standard. Die elektromagnetische Motorentechnologie wurde von der französischen Forschungszentrum MMT entwickelt. Basis sind ein Zweiphasenmotor mit 90 Grad-Anordnung und ein Rotor mit fünf Polpaaren ②. Der Stator besteht aus einem Lamellenpaket und acht Polen, die jeweils in 45 Grad zueinander angeordnet sind. Zwei der Pole sind sternförmig erweitert und stützen jeweils eine Wicklung. Daraus resultiert eine hohe magnetische Leistung selbst bei niedrigen Rotorgeschwindigkeiten und mithin der leiseste Schrittmotor mit Getriebe für Instrumententafeln auf dem Markt. Die soliden Eigenschaften der Technologie sind die Grundlage für eine ganze Reihe schmal bauen der Schrittmotoren von Sonceboz ③.

„Shaftless“ Schrittmotoren

Der „Shaftless“ Schrittmotor ist mit einem hohlen Antriebsrad ausgestattet, um die Zeigerbeleuchtung zu verbessern ④.

Das Licht einer einzigen Leuchtdiode wird direkt durch die Zeigerachse geleitet. Dies vermeidet Lichtverluste und unerwünschtes Streulicht und reduziert den Halo- oder Hofeffekt, ein Umleuchten der Zeigerkappe. Im Vergleich zum konventionellen Aufbau mit Abtriebswelle, ist die Lichtausbeute beim neuen „Shaftless“ Schrittmotor vier bis sechsmal höher ⑤. Da die Leuchtdiode mit der Zeigerachse ausgerichtet ist, kann darüber hinaus eine homogene Beleuchtung in jeder Zeigerstellung sichergestellt werden.

Ein bedeutender Vorteil der „Shaftless“ Schrittmotoren ist die größere Freiheit bei der Gestaltung des Zeigers. Da das Licht ohne Verluste direkt von der Quelle kommt, kann die Zeigerkappe deutlich verkleinert werden, wodurch sich ebenfalls neue Designmöglichkeiten ergeben ⑥. Der „Shaftless“ Schrittmotor wird mit Spreiznieten und Arretierstiften montiert. Dadurch besteht eine Kompatibilität mit SMD-Kontakten zum lötfreien Montieren.

Die Produktpalette

Doppel-Schrittmotoren ermöglichen, zwei Zeiger von einem einzigen, kompakten Gehäuse aus zu bewegen ⑦. Sie kommen in Anwendungen zum Einsatz, bei denen eine hohe Informationsdichte besteht oder das spezifische Design die Anzeige zusammengehörender Informationen vorsieht. Ein Beispiel ist die gleichzeitige Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit sowie der am Tempomaten eingestellten Geschwindigkeit. Der Doppel-Schrittmotor eröffnet neue Möglichkeiten, sich durch die Gestaltung der Kombiinstrumente zu differenzieren. Die

beiden konzentrischen Achsen können sich gleichzeitig bewegen, sind jedoch voneinander völlig unabhängig. Eine hohe Laufruhe stellt die präzise Anzeige und Verlässlichkeit bei der Fahrerinformation sicher. Die geringe Masse (11 g) und ein schmales Profil (13,1 mm) kommen auch anspruchsvollen Anforderungen an Bauraum und Gewicht entgegen.

Der Schrittmotor mit Metallwelle ist eine Referenz und weltweiter Standard für Anwendungen in Kombiinstrumenten. Er wird seit 1999 produziert und ist in einer Standardausführung (1 mm Wellendurchmesser) sowie einer verstärkten Variante mit 1,5 mm Wellendurchmesser für Anwendungen mit größeren Robustheitsanforderungen erhältlich. Letztere Variante ist mit Spreiznieten ausgestattet und kompatibel mit SMD-Kontakten zum lötfreien Montieren.

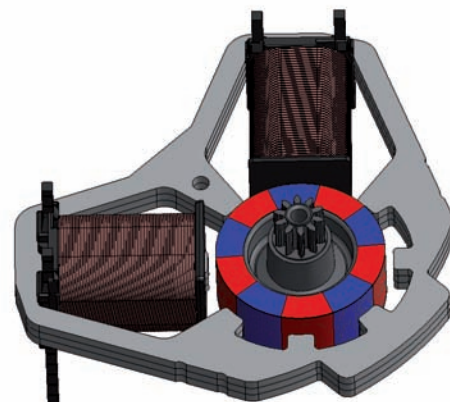
Schnittstellenoptimierung

Die wettbewerbsfähigen Lösungen von Sonceboz rund um optische, elektrische und mechanische Schnittstellen erlauben den Kunden, ihre Fertigungs- und Montageprozesse zu vereinfachen. Die optische Schnittstelle wurde durch den „Shaftless“ Schrittmotor optimiert, der eine maximale Beleuchtungseffizienz mit einer einzigen Leuchtdiode ermöglicht.

Die Lösung von Sonceboz zur Optimierung der mechanischen Schnittstellen besteht in spreizbaren Nieten und Arretierstiften, die in die Gehäuse integriert sind. Dies vermeidet Schrauboperationen und führt zu einer präzisen, robusten Positionierung, während gleichzeitig die Motorenmontage auf



① Kombiinstrument mit vier „Slimline“ Schrittmotoren



② MM39-Technologie für optimierte Gestaltung und robuste Prozesse

captured to its source with no loss, the cap size of the pointer can be downsized to its extreme, thus enabling new possibilities in design gauges ⑥. The innovative shaftless stepper motor is fitted with expandable rivets and locking pins. It is therefore compatible with the Sonceboz SMD contacts allowing for solderless assembly.

The product range

The dual stepper motor allows moving two pointers in one single and compact housing ⑦. It is used in applications where information density prevails or where specific design for two related indications is required, e.g. to combine indication of speed and cruise control simultaneously. The dual stepper motor opens new possibilities for cluster differentiation, such as innovative concepts of gauges over TFT-LCD displays. The two concentric shafts can move at the same time but remain absolutely independent. The smoothness attribute guarantees a great precision of indication and reliability in driver's information. Its low mass (11 grams) and slim section (13.1 mm) allow meeting ever demanding requirements in compactness and load.

The stepper motor with a metal shaft is a benchmark and a worldwide standard in instrument cluster applications. It is mass-produced since 1999 and is available in a standard version (1 mm shaft diameter) and in a more robust 1.5 mm shaft diameter for applications requiring more robustness. The latter is equipped with expandable rivets compatible with the Sonceboz SMD contacts allowing for solderless assembly.

Interface optimisation

Sonceboz competitive solutions in optical, electrical and mechanical interfaces enable the customers to simplify their manufacturing and assembly processes. The optical interface has been optimised via the shaftless stepper motor design that maximizes illumination efficiency with a single LED. Sonceboz solution to optimise the mechanical interface consists of expandable rivets with locking pins fully integrated in the housing. It avoids screw attachments and provides accurate, robust positioning while simplifying motor assembly process onto the PCB. The innovative SMD contacts on tape and reel allowing for solderless assembly permits substan-

tial customer process cost savings via the elimination of the selective soldering of the actuator.

Awarded for 0 ppm performance

Since 2000, the quality of Sonceboz stepper motor has been awarded several times by Tier 1 customers. This quality is the result of continuous investments in state-of-the-art fully automated assembly lines that are sustained by an in-depth industrialization and manufacturing expertise.

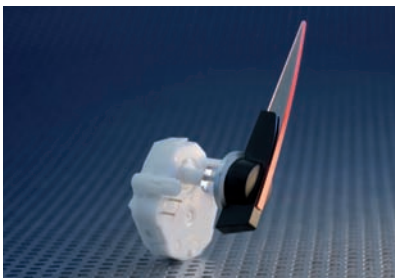
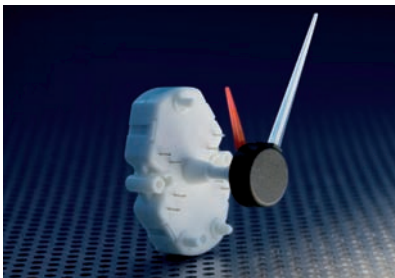
Outlook

Instrument clusters are required to provide to the driver a continuously increasing amount of information as well as to offer ever more aesthetics, ergonomics and safety attributes. Sonceboz has excelled in optimising these customer requirements, setting a world standard with the MM39 technology and establishing itself as the world leader for pointer actuators. Sonceboz commits to further develop innovative solutions leading to product excellence and customer satisfaction.

- | ① Instrument clusters with four „slimline“ stepper motors
- | ② MM39 technology for optimized designs and robust processes
- | ③ Large product range exhibiting smoothness, low noise and robustness

- | ④ Exploded view of a shaftless stepper motor: improved pointer illumination
- | ⑤ In comparison with a shafted motor, the resulting light intensity is four to six times as high with a shaftless stepper motor

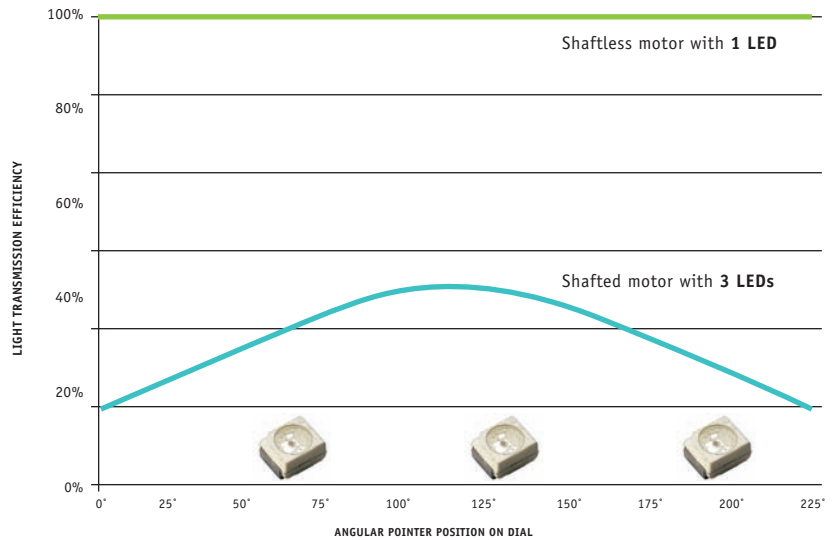
- | ⑥ Caps size comparison between shaftless and shafted stepper motor
- | ⑦ Dual slimline stepper motor can move two concentric pointers independently



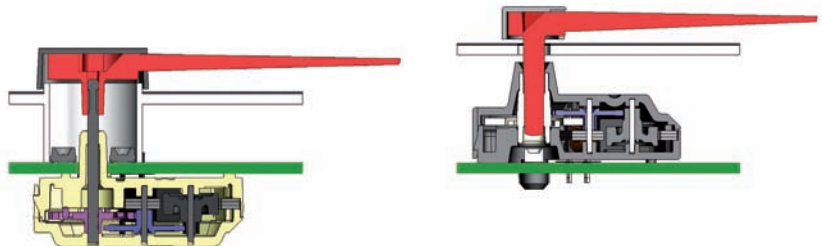
3 Produktbeispiele für kompakte Schrittmotoren, die sich durch Anzeigenauigkeit, Geräuscharmut und Robustheit auszeichnen



4 Explosionsdarstellung eines „Shaftless“ Schrittmotors: verbesserte Zeigerbeleuchtung

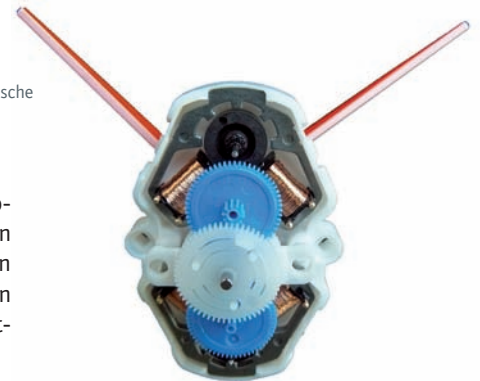


5 Bei einem „Shaftless“ Motor ist die mögliche Lichtintensität im Vergleich zu einem Schrittmotor mit Metallwelle um vier- bis sechsmal höher



6 Vergleich der Kappengröße bei einem „Shaftless“ Schrittmotor (rechts) sowie einem Schrittmotor mit Metallwelle

7 Doppel-Schrittmotoren können zwei konzentrische Zeiger unabhängig voneinander bewegen



die Leiterplatte vereinfacht wird. Innovative SMD-Kontakte zum lötfreien Kontaktieren der Motoren erlauben deutliche Kostensenkungen bei den Kundenprozessen, da auf selektive Lötprozesse verzichtet werden kann.

Auszeichnungen für Null ppm-Leistung

Seit dem Jahr 2000 wurde die Qualität der Schrittmotoren von Sonceboz mehrfach von Tier-1-Zulieferern ausgezeichnet. Diese Qualität ist das Resultat kontinuierlicher Investitionen in vollautomatisierte Montagelinien nach dem Stand der Technik sowie der einhergehenden Expertise rund um die Industrialisierungs- und Fertigungsprozesse.

Ausblick

Instrumententafeln müssen dem Fahrer immer mehr Informationen vermitteln und gleichzeitig hohen Anforderungen an Ästhetik, Ergonomie und Sicherheit genügen. Sonceboz stellt bei der Optimierung dieser Kundenanforderungen seine Leistungsfähigkeit permanent unter Beweis. Mit der MM39-Technik hat das Unternehmen einen weltweiten Standard geschaffen und sich als Weltmarktführer bei Zeiger-Stellantrieben etabliert.



Der Dreh mit der Luft

Die Luftregelung im Leerlaufbetrieb leistet einen wichtigen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen – nicht nur bei Automobilen, sondern auch bei Motorrädern oder Bootsmotoren. Der Linear-Stellantrieb von Sonceboz für Leerlauf-Luftregelventile stellt eine wirtschaftliche und zuverlässige Lösung für Motoren ab 125 cm³ Hubraum dar. Aufgrund ihrer spezifischen elektromagnetischen Eigenschaften kommen sie auch bei weiteren Anwendungen in zwei-, drei- und vierrädrigen Fahrzeugen zum Einsatz.



Patrick Thalmann
Business Unit Manager
Linear Aktuatoren



Hubert Poinceau
Motoren F&E Leiter



Benjamin Thierry
Serienproduktleiter
Linear Aktuatoren

Leerlauf-Regelung

Bei Verbrennungskraftmaschinen erfolgt über die Motorsteuerung (ECU: Engine Control Unit) die Regelung der Leerlaufluft durch Regelung der Luftzufuhr entsprechend den verschiedenen Leistungsanforderungen an den Motor. Die Leerlaufdrehzahl muss dazu kontinuierlich an die Motorlast angepasst werden. Auch Motortemperatur und Getriebezustand sowie die Ventilsteuerung beeinflussen die Motorlast und/oder die gewünschte Leerlaufdrehzahl. Bei einem Kaltstart trägt die Leerlaufregelung zudem erheblich zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes bei.

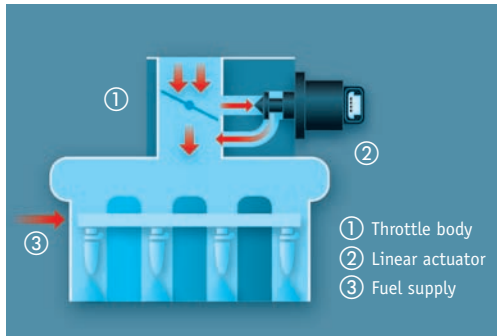
Bypass-Stellantriebe bei Einspritzmotoren

Der Stellantrieb des Leerlauf-Luftregelventils (IACV: Idle Air Control Valve), auch Bypass-Stellantrieb genannt, wurde Ende der 1970er-Jahre in den USA eingeführt. Als die europäische Fahrzeugindustrie Ende der 1980er-Jahre beschloss, auf Vergaser zu verzichten, wurde der Bypass-Stellantrieb zum Standard in vielen Motoren – zuerst in einem Einpunkt-System (TBI) und später in Mehrpunkt-Einspritzsystemen (MPI). Millionen von Fahrzeugmotoren werden seither mit diesem einfachen und sehr zuverlässigen Prinzip geregelt.

Ein TBI-System ähnelt einem Vergaser insofern, als sich ein oder zwei Einspritzventile in einem zentralen Drosselklappengehäuse befinden, das den Motor über das Saugrohr mit Kraftstoff versorgt. Statt jedoch den Unterdruck im Motor zum Ansaugen von Kraftstoff über Dosierkreise zu nutzen, wie dies beim Vergaser geschieht, wird beim TBI-System der Kraftstoff über Einspritzventile in das Saugrohr einge-



1 IACV-Integrationslösung für das Motorrad



2 Diagramm des Ansaugsystems

spritzt. Bei MPI-Systemen wird jeder Zylinder von einem eigenen Einspritzventil versorgt. Die Einspritzventile sind an den Ansaugöffnungen montiert, so dass der Kraftstoff direkt eingespritzt werden kann.

Von 125 cm³ bis 1600 cm³

Immer stärker limitierter Bauraum sowie höhere Anforderungen hinsichtlich Temperatur, Vibrationen und Lebensdauerzyklen haben Sonceboz dazu bewegt, einen Stellantrieb speziell für kleine Motoren von 125 cm³ bis 1.600 cm³ zu entwickeln, der eine kundenspezifische Formgebung des Ventilzapfens ermöglicht. Diese Antriebe kommen beispielsweise mit einer spezifischen elektrischen Schnittstelle auch in Motorrädern zum Einsatz 1.

Die Montageprozesse bei Sonceboz für diese verschiedenen Varianten wurden so gestaltet, dass sie in die bestehenden Fertigungseinrichtungen integriert werden konnten.

Prinzip der mechanischen Drosselklappe

Im Lufteinlass-System eines Einspritzmotors regelt die Drosselklappe die Luftmenge, die entsprechend der Gaspedalbetätigung des Fahrers in den Motor geleitet wird 2.

Das Drosselklappengehäuse ist in der Regel zwischen Luftfiltergehäuse und Saugrohr angeordnet und am oder in der Nähe des Luftmassensensors montiert. In Fahrzeugen mit mechanischem Drosselklappengehäuse wird die Bewegung des Gaspedals über einen Seilzug auf die Drosselklappe übertragen. Betätigung der Fahrer das Gaspedal, gibt die

Drosselklappe den Drosselkanal frei: Es strömt Luft in das Saugrohr. Der Luftmassenmesser erfasst die durchfließende Luftmenge und leitet diese Informationen an die ECU weiter. Diese erhöht daraufhin die Kraftstoffmenge, die den Einspritzventilen zugeführt wird. Das Ergebnis dieses hochpräzisen Zusammenspiels: ein optimales Luft-Kraftstoff-Verhältnis.

Mit der Drosselklappen-Welle verbunden ist zudem meist ein elektrischer Winkelgeber, der die ECU mit Informationen über die exakte Position der Drosselklappe versorgt. Mechanische Drosselklappengehäuse enthalten darüber hinaus Luftregelventile und Steuerungsmöglichkeiten, um den Mindest-Luftstrom im Leerlaufbetrieb zu regeln. Hier kommt der Sonceboz-Linearantrieb am Leerlauf-Luftregelventil ins Spiel. Gesteuert über die ECU regelt er die Luftmenge, die im Leerlaufbetrieb an der Hauptdrosselklappe vorbeigeführt wird (Bypass-Funktion).

Reduktion der CO₂-Emissionen

Die weltweit geltenden Emissionsvorgaben haben dazu geführt, dass Systeme zur Leerlauf-Luftregelung heute einen wichtigen Beitrag zur Senkung von CO₂-Emissionen von zwei-, drei- und vier-rädrigen Fahrzeugen leisten. Der IACV-Stellantrieb stellt die wirtschaftlichste und zuverlässigste Leerlauf-Luftregelung für Motoren ab 125 cm³ Hubraum dar. Nicht nur Motorräder und Motorroller, sondern auch Geländefahrzeuge, Boote und Jet-Skis müssen Umweltauflagen erfüllen. Auch im Kleinwagen „Nano“ von Tata Motors kommt diese Technik in dessen 624 cm³-Zweizylinder-motor zum Einsatz 3.

The trick with the air

The idle air control makes an important contribution to the reduction of CO₂ emissions – not only in automobiles but also in motorcycles or boat engines. The Sonceboz linear actuators for idle air control valves represent an economical and reliable motion solution for engines from 125 cm³ cylinder capacity. Based on their intrinsic electromagnetic attributes, linear actuators are also implemented in many different applications in 2, 3 and 4 wheelers.

Idle Air Control Valve actuation

On internal combustion engines, idle air control is achieved by regulating the air intake from the ECU according to the engines charge variations. Effective idle speed control must anticipate the engine load at idle. Engine temperature and transmission status as well as lift and duration of camshaft may also change the engine load and/or desired idle speed value. Furthermore during a cold start, idle air control substantially reduces fuel consumption and CO₂ emissions.

By-pass actuator

The Idle Air Control Valve (IACV) actuator also called By-Pass actuator was first introduced in the USA by the end of the 70's. When Europe decided in the late 80's to stop the use of the carburetor, the by-pass actuator started to be a standard for many engines, first in a mono-point system (TBI) and later, in multi points injection systems (MPI). Since then, millions of car engines have been regulated through this simple and very reliable principle. A TBI system is simi-

lar to a carburetor in that one or two injectors are located in a central throttle body that supplies fuel to the engine through the intake manifold. Instead of using engine vacuum to siphon fuel through metering circuits as a carburetor does, fuel is sprayed into the manifold through the injectors. In MPI systems, each cylinder has its own individual injector. The injectors are mounted at each of the intake ports so fuel can be sprayed directly into the ports. A single throttle body meters the amount of air entering the intake manifold so the amount of fuel delivered can be matched to the engine's needs.

Integrated "clean" solution

An always limited space as well as higher requirements in terms of temperature, vibration and high number of cycles drove us to develop a new form factor's actuator for engines from 125 cc to 1600 cc that exhibits customized pintle shapes ❶. It is mounted on motorbikes engines with a dedicated electric interface. Assembly line was adapted in order to take advantage of the existing production process facility.

Patrick Thalmann
Business Unit Manager
Linear Actuators

Hubert Poinceau
Motors R&D Manager

Benjamin Thierry
Product Manager
Linear Actuators



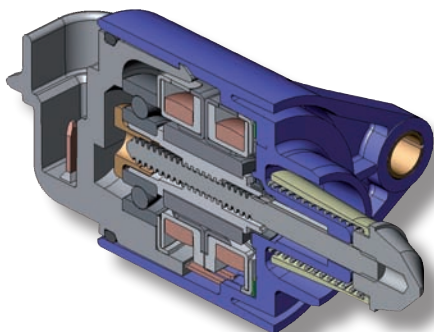
| 3 Steuerung von Leerlauf-Luftregelventilen

Funktionsprinzip des linearen Stellantriebs

Der lineare Stellantrieb besteht aus einem Rotor mit einem Permanentmagneten, einem zweisepuligen Stator und einer Verdrehsicherung. Neben diesem Schrittmotor 4, besteht der Stellantrieb aus einem Schraube-Mutter-System und bei manchen Anwendungen zusätzlich einem Getriebe. In der einfachsten Ausführung ist das Innengewinde, das als Mutter dient, direkt in den Rotor eingespritzt. Die Schraube sitzt damit innerhalb des Rotors und ermöglicht so eine sehr kompakte Bauweise.

Ein „inkrementelles“ Magnetfeld, das durch Anlegen eines Stroms abwechselnd an den Spulen erzeugt wird, generiert die Rotordrehung. Die Drehung der Schraube wird durch das Zusammenspiel von Gewinde und Verdrehsicherung in eine lineare Bewegung umgesetzt. Daraus resultiert für die Applikation eine inkrementelle „Step-by-Step“-Linearbewegung.

Die Umwandlung von Drehbewegungen in eine lineare Bewegung zählt zu den



| 4 Funktionsprinzip des digitalen Linear-Stellantriebs

Schlüsselkompetenzen von Sonceboz. Die hier vorgestellte TinCan-Schrittmortechnologie kommt auch bei komplexeren Anwendungen – beispielsweise BLDC-Motoren, Hybrid-Schrittmotoren oder Dreiphasenmotoren – zur Anwendung.

Funktionserweiterung mittels integrierter Elektronik

Die Integration einer Steuerelektronik oder eines Sensors in den Stellantrieb ermöglicht Funktionserweiterungen, während die kompakte Bauweise als Schlüsselmerkmal erhalten bleibt 5. Linear-Stellantriebe werden digital gesteuert. Die Leistungsmerkmale hängen somit auch vom elektronischen Treiber ab. Das Treibersignal überträgt die Zahl der Schritte und die Geschwindigkeit, die der Rotor realisieren soll. Die lineare Geschwindigkeit ist eine Funktion der Steuerfrequenz, ausgedrückt in Schritten pro Sekunde, und der Ganghöhe des Schraube-Mutter-Elements.

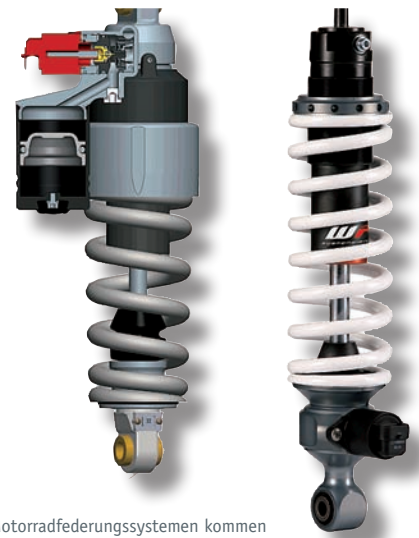
Dieser lineare Stellantrieb ist für hohe Leistung ausgelegt und geeignet für den Einsatz in einer rauen Umgebung wie zum Beispiel Vibrationen bis zu 40 g (von 20 bis 2.000 Hz) und bei Betriebstemperaturen von – 40 °C bis + 130 °C einschließlich thermischer Schocks. Die Dichtheitsklasse ist IP 67.

Dank der hohen Leistung der eingesetzten Seltenerd-Magneten (z. B. NdFeB) konnten die linearen Kräfte auf mehr als das Doppelte, verglichen mit herkömmlichen Magneten, gesteigert werden. Bei einigen neuen Anwendungen wurden Getriebe integriert, um die linearen Kräfte noch weiter zu erhöhen. Dadurch wurde das Leistungsspektrum bezüglich Kraft (N) und Drehzahl (mm/s) gesteigert.

Der Stellantrieb kann auf Wunsch kundenspezifisch ausgelegt und somit



| 5 Linearer Stellantrieb mit integrierter Elektronik



| 6 Bei Motorradfederungssystemen kommen Schrittmotoren in integrierter Bauweise oder als separate Baugruppe zum Einsatz

auch für neue Anwendungen eingesetzt werden. So können beispielsweise eine Nulllage-Rückstellfeder und/oder einfache oder komplexe elektronische Steuerungen mit eigenen Schnittstellen integriert werden.

Weitere Anwendungen

Im Rahmen kundenspezifischer Entwicklungen entstanden neue serienreife Anwendungen, beispielsweise variable Federungssysteme und geschwindigkeitsabhängige Geräuschreduktionsysteme für Motorräder sowie eine innovative Flüssiggas-Durchsatzregelung für automobiler Anwendungen. Bei adaptiven Federungssystemen für Zweiräder kommen Schrittmotoren in integrierter Bauweise oder als separate Baugruppe zum Einsatz 6. Solche Regelsysteme, die Einfluss auf die Federsteifigkeit nehmen, erhöhen die Stabilität des Motorrads, zum Beispiel bei einer Notbremsung.

Ausblick

Jede Anwendung stellt spezifische Anforderungen an die eingesetzte Technik. Sonceboz hat eine breite Palette von Varianten linearer Schrittmotoren entwickelt und ermöglicht somit individuelle Lösungen für viele verschiedene Applikationen. Stellantriebe punkten aufgrund ihrer Robustheit und Zuverlässigkeit, aber auch hinsichtlich der Kosten. Die Linear-Stellantriebstechnik von Sonceboz eignet sich für vielfältige Feinpositionierungs- oder Präzisions-Regelungsfunktionen, insbesondere durch Integration eines adaptierten Getriebes oder einer integrierten, kundenspezifischen Elektronik.

Mechanical throttle body principle

In fuel injected engines, the throttle body is the part of the air intake system that controls the amount of air flowing into the engine in response to driver accelerator pedal input ❷. The throttle body is usually located between the air filter box and the intake manifold, and it is attached to, or near, the mass air-flow sensor. On cars fitted with mechanical throttle body, the accelerator pedal motion is connected to the plate via the cable to activate the linkages. When the driver presses on the accelerator pedal, the plate rotates within the body, opening the throttle channel to allow more air into the intake manifold. Usually an airflow sensor measures this change and communicates with the ECU. This increases the amount of fuel being sent to the fuel injectors. The result of this high-precision interaction: an optimised air-fuel ratio.

A throttle position sensor is often connected to the shaft of the throttle plate to provide the ECU with the exact throttle position. Mechanical throttle bodies also contain valves and adjustments to control the minimum airflow during idle. This is where takes place the IACV, which is controlled by the ECU to regulate the amount of air that can bypass the main throttle opening.

CO₂ emission reduction

Nowadays, emission standard applied worldwide has meant that idle air control has become an essential element of car engine control systems to reduce CO₂ emission for two, three and four-wheeled vehicles. The IACV actuator represents the most economical and reliable idle air control solution for engines capacity from 125 cc. Not only motorbikes and scooters but ATV's, boats and jet skis must also comply with pollution standards. As an example, the new Nano from Tata is using this technology on its two-cylinder 624 cc engine ❸.

Linear actuator technical principle

Composed of a rotor with a permanent magnet, a two-coil stator and an anti-rotation device, the linear actuator has a stepper motor and a mechanical module for converting movement ❹. It is made up of a screw-nut system and sometimes a gear train. In the basic version, the female thread, which serves as a nut, is directly integrated in the rotor. The screw therefore goes through the rotor and allows small size actuator.

An "incremental" magnetic field, generated by applying current alternately to each coil, causes the rotor to turn. This drives the screw linearly by the combined action of the thread and the anti-rotation mechanism. The output movement is a forward "step by step" linear incremental feed.

This rotary to linear movement's transformation is one of the key competences of Sonceboz. Although this article handles tin can technology, other technologies could also be fitted, e.g. BLDC, hybrid stepper or tri-phase motor.

Enhancement by means of integrated electronics

The integration of control electronics or a sensor in the actuator enables advanced functions while keeping compactness as a key attribute ❺. Linear actuators are digitally controlled, and their performances depend on the electronic driver. The signal of the driver transmits the number of steps and the speed to be performed by the rotor. The linear speed is a function of the control frequency, expressed in steps per second, and of the pitch of the screw-nut element.

This stepper linear actuator can achieve high performances and withstand harsh environments such as vibration up to 40G (from 20 to 2'000Hz), operating temperatures range from -40 °C to +130 °C including thermal shocks, IP67 tightness. Thanks to the high performance of rare earth type of magnet (e.g.

NdFeB), the linear forces has been increased to reach higher than the double of the above mentioned values. In some new applications, gear train is integrated in order to reach additional linear force. It has therefore widened the performances spectrum in term of force (N) versus speed (mm/s).

This design can be customized upon request and answer customer's demand in new application in integrating several high demanding devices such as the integration of a zero position return spring and/or complex or simple electronic control with dedicated interfaces.

Further applications

New applications have been launched into series production, such as precise motorbike suspension setting, speed controlled motorbike noise limitation or LPG flow regulation, within the framework of customer-specific developments. In the adjustable shock absorbers, stepper motors are either used in complete integrated design or as a separate module ❻. Such regulation systems, which influence the rigidity level, allow having a better stability of the motorbike in case of e.g. an emergency braking.

Outlook

Even though every application has specific needs, Sonceboz has developed a linear stepper actuator range that can be used in many different applications. Thanks to its reliable and cost-effective attributes, most of fine positioning or precise regulation functions can be fulfilled with this technology, especially by integrating an adapted gear train device or customized embedded electronic.

| ❶ Dedicated IACV actuator solution for motorcycles

| ❷ Diagram of air intake system

| ❸ Linear actuator fitted to an idle air control valve

| ❹ Technical principle of the digital linear stepper actuator

| ❺ Linear actuator with embedded control electronic

| ❻ Two integration designs of linear actuators into a motorbike suspension

Impressum / Imprint



75th

Herausgeber:

Sonceboz SA,
Rue Rosselet-Challandes 5,
CH-2605 Sonceboz
www.sonceboz.com

Chefredaktion:

Fabien Noir, Sonceboz

Autoren:

Dr. Edouard Pfister
Pierre Gandel
Stéphane Biwersi
Daniel Sigg
Gaël Andrieux
Benoît Füg
Pascal Thibault
Sebastien Duboz
Dr.-Phys. Marc-Olivier André
Paolo Reghenzi
Thomas Basset
Christophe Gassmann
Antoine Foucaut
Daniel Sigg
Paolo Reghenzi
Philip Graf
Romain Anguila
Christophe Adler
Julien Von Kaenel
Stéphane Cremer
Jacques Wicht
Tobias Taufer
Herbert Trummer
Christophe Habegger
Hervé Baour
Martin Strahm
Oliver Aubry
Stanley Roth
Sébastien Heinrich
Patrick Thalmann
Hubert Poinceau
Benjamin Thierry

Projektleitung: Fabien Noir, Sonceboz

Projektkoordination: BestCom Media,
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH,
Abraham-Lincoln-Straße 46,
65189 Wiesbaden

Druck und Weiterverarbeitung:

Druckerei Kliemo, Eupen/Belgien,
Printed in Europe.

Editor in charge:

Sonceboz SA,
Rue Rosselet-Challandes 5,
CH-2605 Sonceboz
www.sonceboz.com

Editor in chief:

Fabien Noir, Sonceboz

Authors:

Dr. Edouard Pfister
Pierre Gandel
Stéphane Biwersi
Daniel Sigg
Gaël Andrieux
Benoît Füg
Pascal Thibault
Sebastien Duboz
Dr.-Phys. Marc-Olivier André
Paolo Reghenzi
Thomas Basset
Christophe Gassmann
Antoine Foucaut
Daniel Sigg
Paolo Reghenzi
Philip Graf
Romain Anguila
Christophe Adler
Julien Von Kaenel
Stéphane Cremer
Jacques Wicht
Tobias Taufer
Herbert Trummer
Christophe Habegger
Hervé Baour
Martin Strahm
Oliver Aubry
Stanley Roth
Sébastien Heinrich
Patrick Thalmann
Hubert Poinceau
Benjamin Thierry

Project manager: Fabien Noir, Sonceboz

Project coordination: BestCom Media,
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH,
Abraham-Lincoln-Straße 46,
65189 Wiesbaden

Print and processing:

Druckerei Kliemo, Eupen/Belgien,
Printed in Europe.