

Diss. ETH Nr. 12870

Der lagerlose Scheibenmotor

*ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels*

*DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH*

*vorgelegt von
NATALE BARLETTA*

*Dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 12. März 1965
italienischer Staatsangehöriger*

*Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J. Hugel, Referent
Prof. Dr. H. Bleuler, Korreferent*

1998

Kurzfassung

Magnetlager arbeiten vollständig berührungs-, verschleiss-, wartungs- und schmiermittelfrei. Diesen Vorteilen stehen eine hohe Systemkomplexität und erhöhte Kosten gegenüber, da zur aktiven Stabilisierung eines Freiheitsgrades zwei regelbare Elektromagnete inklusive elektronischer Ansteuerung benötigt werden. Aus diesem Grund wird der Einsatz von Magnetlagerlösungen erst in speziellen Anwendungen, wo herkömmliche Lagersysteme nicht ausreichen, in Erwägung gezogen.

In dieser Arbeit wird aufbauend auf den Arbeiten von Bichsel ([Bich/92]) und Schöb ([Schö/93]) ein neues Antriebs-Magnetlagerkonzept erarbeitet, um die sechs Freiheitsgrade eines Rotors zu stabilisieren. Ein scheibenförmiger Rotor wird mit Hilfe des *lagerlosen Motors* gleichzeitig aktiv radial gelagert und angetrieben. Die restlichen Freiheitsgrade (axiale Lage und Verkippungen) werden durch Reluktanzkräfte passiv stabilisiert. Dieser sogenannte *lagerlose Scheibenmotor* bietet gegenüber klassischen Magnetlagerlösungen eine erhebliche Reduktion der Systemkomplexität und damit der Kosten, da für die Lagerung nur zwei Freiheitsgrade aktiv geregelt werden müssen. Durch den Einsatz des lagerlosen Motors, welcher das radiale Magnetlager und den Antrieb in den gleichen Raum integriert, wird eine sehr kompakte Bauform möglich, welche neue konstruktive Freiheitsgrade eröffnet. Ein weiterer Vorteil des neuen Magnetlagerkonzept ist der grosse Luftspalt (2-5 mm), welcher durch den Einsatz eines *permanentmagnetisch erregten lagerlosen Synchronmotors* erreicht werden kann.

Neben der Erarbeitung des neuen Konzeptes befasst sich die vorliegende Arbeit unter anderem mit der Konfiguration, Modellbildung und Regelung des lagerlosen Scheibenmotors. Ein wichtiger Schwerpunkt bildet die praktische Realisierung von verschiedenen Funktionsmustern mit der zugehörigen Ansterelektronik. Sie zeigen die Realisierbarkeit, das Anwendungsspektrum und verschiedene Bauformen des neuen Konzeptes. Die *lagerlose Blutpumpe* und der *lagerlose Bioreaktor* sind zwei typische Anwendungen, welche die Einsetzbarkeit des lagerlosen Scheibenmotors auf dem Gebiet der *hermetischen Fördersysteme* aufzeigen. Vor allem im Bereich der Medizin und Biotechnologie werden an diese Systeme immer höhere Anforderungen an Reinheit und Sterilisierbarkeit gestellt. Diese können mit vernünftigem Aufwand durch den lagerlosen Scheibenmotor erfüllt werden.

Abstract

Magnetic bearings function absolutely free of contact, wear, maintenance and lubricants. These advantages are offset by high system complexity and heightened costs, because the active stabilization of one degree of freedom requires two regulable electromagnets including electronic control. This explains why the use of magnetic bearing solutions is considered only for special applications where conventional bearing systems are inadequate.

In this work a new magnetic bearing drive concept is elaborated, starting from works by Bichsel ([*Bich/92*]) and Schöb ([*Schö/93*]), intended to stabilize the six degrees of freedom of a rotor. A disk-shaped rotor is at the same time actively supported radially and driven by means of a *bearingless motor*. The other degrees of freedom (axial location and tilting) are stabilized passively by reluctance forces. This so-called *bearingless slice motor* offers significantly reduced system complexity and hence costs compared with classical magnetic bearing solutions, because only two degrees of freedom have to be controlled actively for bearing support. Using the bearingless motor, which integrates the radial magnetic bearing and the drive in the same space, a very compact configuration is made possible, opening up new degrees of design freedom. A further advantage of the new magnetic bearing concept is the large air gap (2-5 mm) attainable by employing a *bearingless synchronous motor with permanentmagnet excitation*.

In addition to elaborating the new concept this work deals with the configuration, modeling and regulation of the bearingless slice motor among other subjects. One important focus is the practical realization of various prototypes with associated control electronics. They demonstrate the practicability, the application scope and the various embodiments of the new concept. The *bearingless blood pump* and the *bearingless bioreactor* are two typical applications showing the capabilities of the bearingless slice motor in the area of *hermetic delivery systems*. Above all in the domain of medicine and biotechnology, ever higher purity and sterilizability are being demanded on this systems. They can be assured with reasonable outlay by the bearingless slice motor.