

Beiträge zum lagerlosen Elektromotor

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

JÜRIG BICHSEL

Dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 31. März 1959

von Eggiwil BE

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. J. Hugel, Referent

Prof. Dr. G. Schweitzer, Korreferent

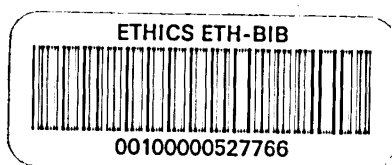
1990



Cat E

20. 12. 90

J. Hugel



Kurzfassung

Elektromagnetische Lager erlauben das berührungsfreie Lagern von Körpern. Hierbei ist zwischen zwei wichtigen Teilgebieten zu unterscheiden. Das erste Teilgebiet befasst sich mit der Lagerung von transversal bewegten Gegenständen, wie zum Beispiel die Magnetschwebbahn, das zweite mit rotatorisch bewegten, wie zum Beispiel schnelldrehende Schleifspindeln. Bei rotatorischen Anwendungen steht als Grundgesetz die Kraftwirkung eines magnetischen Kreises auf einen hochpermeablen Anker im Vordergrund, auch bekannt unter dem Namen der MAXWELL-Kraft.

Bis heute haben sich einige Grundformen herausgebildet, wie das aktive magnetische Lager oder das durch Dauermagnete unterstützte Magnetlager. Der Kostenvergleich zwischen einer konventionell gelagerten Maschine mit Kugellagern und einer magnetisch gelagerten zeigt einen erheblichen Kostenvorteil für die konventionelle Lösung. Einzig bei Anwendungen, bei denen die normale Lagertechnik versagt, sei dies, weil die Rotationsgeschwindigkeiten zu hoch sind oder weil keine Kontaminierung des Raumes durch Schmiermittel erlaubt ist, hat sich bis heute die Magnetlagertechnik durchsetzen können. Somit herrscht heute noch weitgehend der Prototypenbau und die Einzelanfertigung vor. Um ein weiteres Vordringen der Magnetlagertechnik möglich zu machen, muss der Aufwand erheblich gesenkt werden. Dies kann durch eine Standardisierung der Lagerabmessungen, der Blechschnitte, der Mess- und Regeleinrichtungen und der verwendeten Leistungselektronik-Bauglieder erfolgen.

In der folgenden Arbeit wird ein Beitrag zur Entwicklung des lagerlosen Elektromotors beschrieben, der einige der oben genannten Ziele erreicht. Im Gegensatz zu den bisher üblichen MAXWELL-Magnetlagern wird hier die Kraftwirkung auf einen, mit Strom durchflossenen Leiter im Magnetfeld

Abstract

Electromagnetic bearings allow the suspension of solids. We have to distinguish between two important branches. The first concerns bearings of transversally moved objects, like the magnetic levitation train. The second concerns bearings of rotary solids, like very high speed grinding spindles. For rotary applications the most important formula is the force of a magnetic circuit to a high-permeable armature, called the MAXWELL-force.

Until now several basic forms have been established, such as the active magnetic bearing or the magnetic bearing supported by permanent magnets. In comparison with a magnetic bearing, a conventional bearing assembly with ball bearings shows a considerable advantage in cost. Only in applications where the conventional technique for bearings fails, the magnetic levitation has been established so far. Reasons for the failure are, for instance, the very high speed of the rotor or the absolute cleanness of the surroundings, where no contamination by lubricants is allowed. Today most applications are prototypes or machines for special purposes. If the active magnetic bearing will gain ground, the cost must be reduced considerably. This can be achieved by standardizing the mechanical dimensions, the form of the laminated cores, the measure- and control-units and the elements of power electronics.

In the following thesis a contribution is described for the bearingless electrical machine, which reaches some aims mentioned above. Contrary to the commonly used MAXWELL-bearings, here we will take advantage of the reaction force of a conductor carrying a current in a magnetic field. This kind of force, called LORENTZ-force, generates the torque in direct current, asynchronous and synchronous machines. The magnetic field, which already exists in electrical machines, and helps to build up the torque, can also be utilized for the suspension of the rotor. Besides the normal winding of the stator, we have