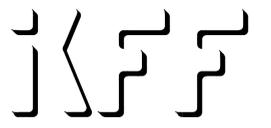


Integrierte Wegmessung durch Erfassung von Flussdichteänderungen



Feinwerktechnische Linearantriebe

Lineare Bewegungen in der Fein- und Mikrotechnik werden zunehmend durch Lineardirektantriebe realisiert. Sie bieten Voraussetzungen für eine höhere Dynamik, einen einfachen, kostengünstigen Aufbau, sie besitzen ein hohes Miniaturisierungspotenzial und benötigen keine Getriebe. Hinsichtlich ihrer konstruktiven Gestaltung können diese Antriebe rotations-symmetrisch (Tauchspulmotoren), prismatisch (Kastenspulensysteme) oder auch flach (Flachspulmotoren) ausgeführt sein.

Linearantriebe mit bewegten Spulen

Bei Systemen mit bewegten Spulen umfassen die Spulen bei Bewegung feststehende Eisenteile des Rückschlusses mit unterschiedlicher Flussbelastung und somit unterschiedlicher Permeabilität.

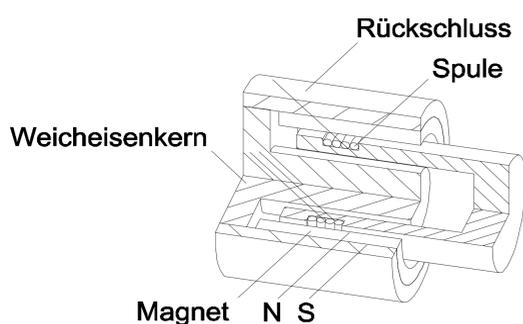


Abb. 1: Antriebe mit bewegter Spule

Detektion von Flussdichteänderungen

Die Flussdichte im Magnetkreis bzw. die sich dadurch im Weicheisen einstellende Permeabilität eignet sich als inhärente sensorische Eigenschaft. Die Messung der Flussdichte zur Läuferpositionsbestimmung über zusätzliche Bauelemente wie Hall-Sensoren oder magnetoresistive Sensoren ist bereits Stand der Technik. Diese Bauelemente sollen durch die integrierte Wegmessung vermieden werden. Die Flussdichte kann über die Permeabilität aus der Impedanz oder Induktivität einer Wicklung ausgelesen werden.

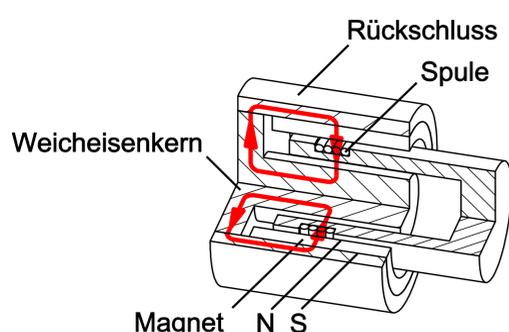


Abb. 2: Magnetkreis eines Tauchspulmotors

Die einsträngige Wicklung ist bei diesem einfachen Antrieb als Kurzspulensystem ausgeführt. Das Feld wird beispielsweise durch einen radial magnetisierten Magnetring oder Segmente erzeugt. Bedingt durch diesen Aufbau weist der weichmagnetische Kern des Antriebs keine konstante Flussdichte auf (siehe Abbildung 3). Es findet keine Relativbewegung zwischen Eisenteilen des Magnetkreises statt, vielmehr kann die Wicklung positionsabhängige Flussdichten im festen Magnetkreis erfassen. Voraussetzungen für eine geeignete und erfassbare Flussdichteänderung sind dabei eine monoton verlaufende Permeabilität im Weicheisenkern und eine den Fluss umfassende Spule.

Insbesondere die erste Voraussetzung ist dabei gezielt bei der Magnetkreisauslegung zu berücksichtigen.

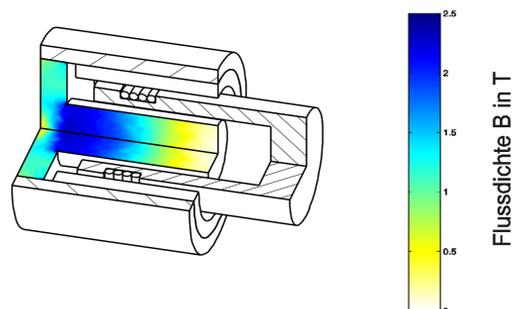


Abb. 3: Flussdichte im Kern des Tauchspulmotors

Allein mit Hilfe der Antriebsspule besteht hier jedoch keine Möglichkeit zur direkten Flussdichtemessung, es ist daher auf die abgeleitete Größe Permeabilität $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ auszuweichen.

Um sie als positionsabhängige Messgröße nutzen zu können, muss sie einen monotonen Verlauf über dem Läuferweg aufweisen. Da die Permeabilität weichmagnetischer Werkstoffe ein ausgeprägtes Maximum bei einer Flussdichte von 0,5 T bis 0,75 T aufweist, ist es zusätzlich notwendig, Zonen geringer Flussdichte zu vermeiden, da hier die maximale Permeabilität wieder unterschritten wird und kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Permeabilität und Flussdichte mehr gegeben ist.

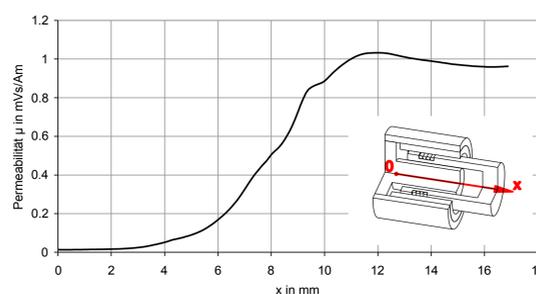


Abb. 4: Permeabilität in einem Tauchspulmotor (Simulation; Kernlänge 17 mm)

Beispielhaft ergibt sich über der Kernlänge die in Bild 4 dargestellte Per-

meabilität. Eine eindeutige Zuordnung von Läuferposition und Permeabilität ist hier nur bis zu einem Hub von 12 mm gegeben, der Bewegungsbereich ginge allerdings eigentlich bis 17 mm. Die Permeabilitätsänderung kann als Änderung des komplexen Widerstand Z der Spule bzw. der Induktivität L erfasst werden, für die allgemein gilt:

$$L = n^2 \mu_0 \mu_r \frac{A}{l}$$

Sie ist direkt von der Permeabilität des umfassten Kernmaterials abhängig. Auch in mehrsträngigen, heteropolaren Systemen kann eine integrierte Wegmessung nach dem Verfahren der Flussdichtedetektion realisiert werden.

Heteropolarer Demonstrator

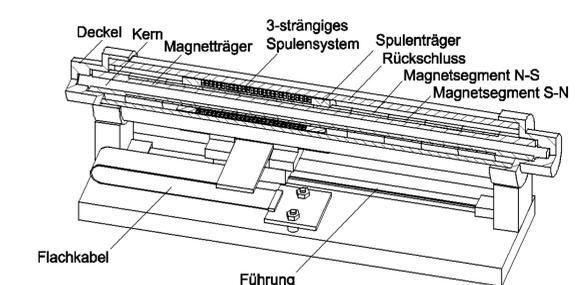


Abb. 5: Dreisträngiger, rotationsymmetrischer Linearantrieb mit integrierter Wegmessung

Kern und Magnetträger bestehen aus Automatenstahl (9SMn28k), auf dem Magnetträger sind die Magnete in Form von diametral magnetisierten Viertelsegmenten aufgeklebt. In diesem Kern ergibt sich ein periodischer Flussdichteverlauf mit lokalen Maxima an den axialen Fugestellen der Magnete. Eine Messung der Spuleneigenschaften mit einem Impedanzanalysator ergab die folgenden Ergebnisse.

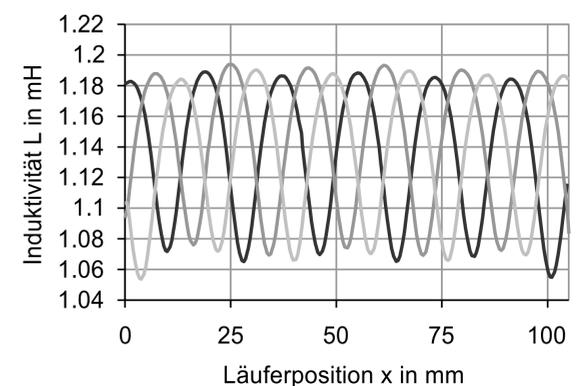


Abb. 6: Induktivitätsverlauf in den drei Strängen

Jeder Antriebsstrang zeigt einen periodischen Verlauf der Induktivität. Dabei ist die Phasenverschiebung zwischen den einzelnen Strängen so groß, dass ein inkrementelles Messsystem aufgebaut werden kann

Kontakt:
 IKFF Universität Stuttgart
 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schinköthe
 Tel.: 0711 / 685 66402
 Fax: 0711 / 685 56402
 E-Mail: linearantriebe@ikff.uni-stuttgart.de