

Diss. ETH Nr. 12735

***Beiträge zur Untersuchung und
Auslegung eines Polysolenoidantriebs***

*ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels*

*DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH*

*vorgelegt von:
MARCO HITZ*

*Dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 29. Juli 1967
von Untersiggenthal / AG*

*Angenommen im Auftrag von
Prof. Dr. J. Hugel, Referent
Prof. Dr. U. Meyer, Korreferent*

1998

Kurzfassung

In Produktionsmaschinen müssen häufig in rascher Folge schnelle lineare Bewegungen ausgeführt werden. Vorwiegend anzutreffen sind heute Lösungen, welche die lineare Bewegung durch Kurvenscheiben, Zahnstangen, Kurbelgetriebe, Umlaufspindeln und andere mechanische Elemente entweder direkt vom Hauptantrieb der Maschinen oder von einzelnen Servo- oder Schrittmotoren ableiten. Neben dem hohen Gewicht sowie dem Energie- und Platzbedarf dieser konventionellen Konstruktionsweise ist in zunehmendem Masse deren geringe Flexibilität ein grosser Nachteil. Bei den immer vielseitiger einsetzbaren Maschinen bedingt beispielsweise ein Produktwechsel schwierige Anpassungen oder eine völlige Änderung des Bewegungsablaufs. Dies ist bei mechanischen Lösungen nur beschränkt möglich und oft mit erheblichem Aufwand verbunden. Zudem führt die dauernde Wechselbelastung, der die mechanischen Getriebeelemente wegen der ständigen Reversierbewegungen ausgesetzt sind, zu hohem Verschleiss.

Ein neuer Ansatz lineare Bewegungen zu realisieren bietet die Mechatronik, die auf der integralen Verknüpfung neuer und bekannter Technologien aus dem Bereich der Mechanik, Elektronik und Informatik basiert. Dabei wird es möglich, die Antriebe einzelner Bewegungen räumlich und mechanisch zu entkoppeln und dezentral einzusetzen. Mit Antriebseinheiten, die als lineare Direktantriebe realisiert sind, ist es möglich, auf zwischengeschaltete Getriebe zu verzichten.

Die vorliegende Arbeit behandelt die für die Auslegung eines Polysolenoidantriebs wesentlichen Aspekte. Dabei hat eine Antriebsauslegung immer applikationsspezifisch zu erfolgen. Zuerst werden die Parameter einer linearen Bewegung und der Umgebungsbedingungen spezifiziert. Weiter wird der Einfluss der verschiedenen Auslegungsparameter auf die Verluste und auf das Betriebsverhalten untersucht. Im Zentrum der Auslegung steht der magnetische Kreis. Zudem werden die Wicklungsauslegung, der Rückschluss

unter Berücksichtigung der Ummagnetisierungsverluste und die Wachstumsgesetze näher betrachtet. Das Temperaturverhalten des Antriebs, als begrenzte Betriebsgrösse, wird mittels einer dynamischen Temperaturrechnung bestimmt.

Die Berechnungen werden anhand eines realisierten Antriebs verifiziert. Als Spezifikationen für die Auslegung lag die Kantendreherapplikation an der Webmaschine zugrunde. Der realisierte Antrieb zeichnet sich durch eine kompakte Integration von Antriebseinheit, Sensorik und Lagerung aus. Basierend auf diesem Antrieb entstand zusammen mit der Ansteuerelektronik und Software ein komplettes Servoantriebssystem, das aufwendige Konstruktionen in der Maschinenindustrie ersetzen kann.

Abstract

On production machines, fast linear motions must often be performed in rapid sequence. Today the commonest approaches derive the linear movement via cams, racks, cranks, circulating ball spindles and other mechanical devices from either the main drive of the machine or their own servo or stepper motors. Apart from the big weight and energy and space claims of these conventional designs, their poor flexibility is a growing disadvantage. With the increasing versatility of machines for example, a change of production entails difficult adaptations or a completely new sequence of motions. Mechanical solutions allow this to only a limited degree, often involving considerable expenses. Moreover the continuous alternating stresses imposed upon the mechanical drive components by the repeated motion reversals lead to serious wear.

Mechatronics offers a new approach to linear motions, based on the integral combination of new and familiar technologies from the domains of mechanics, electronics and computer technology. It enables the drives of individual movements to be decoupled spatially and mechanically and employed decentrally. Using drive units in the form of linear direct drives it is possible to dispense with intermediate gearing.

The present work deals with the essential aspects in designing a polysole-noid drive. Here the drive must always be customized for the specific application. First the parameters of the linear motion and the environmental conditions are specified. Then the influences of the various design parameters on the losses and operational behaviour are examined. At the centre of these considerations is the magnetic circuit. Examined furthermore are the winding configuration, and the consequences associated with the losses due to reversing the magnetism and the laws of growth. As a limiting factor the temperature of the drive is determined by means of a dynamic temperature calculation.

The calculations are verified with an actual drive. The design specifications were based on the leno selvedge application for a weaving machine. The drive accomplished features a compact integration of driving units, sensors and bearings. Based on this drive, and together with the control electronics and software, a complete servodrive system has been created, capable of replacing elaborate designs in mechanical engineering.