

Bilder: Bosch, ale

Elektrische Maschinen sind elektromagnetische Energiewandler und formen als Motoren die elektrische Energie in eine mechanische Linear- oder Drehbewegung um. Da elektrische Maschinen reversibel arbeiten können, lässt sich im Energiewandler auch mechanische Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandeln (Generator).

Die elektrischen Maschinen basieren ab etwa 1 W elektrischer Leistung auf der Wirkung der magnetischen Felder. In der Mikrosystemtechnik werden die kleinsten Maschinen auf Basis des elektrischen Feldes (z.B. mit Piezoaktoren) gefertigt. Der Grund liegt darin, dass die magnetischen Felder um Zehnerpotenzen energiereicher sind als die elektrischen Felder, dafür weniger gut miniaturisiert werden können.

Grundgesetze

Mit Hilfe von magnetischen Eigenschaften wie der magnetischen Flussdichte (Einheit: Tesla), der magnetischen Leitfähigkeit (Permeabilität) des Mediums im magnetischen Luftspalt und der geometrischen Grösse der beiden Pole (Bild 2a) kann die wirksame Kraft auf einen magnetischen Körper bestimmt werden.

Wird ein elektrischer Leiter oder eine Wicklung in diesem Luftspalt bewegt, wird eine Spannung in den Leiter induziert. Diese ist wiederum abhängig von der magnetischen Flussdichte, von der Windungszahl (im Bild 2 ist es nur ein Leiter und keine Wicklung), der Bewegungsgeschwindigkeit und der Länge des Leiters, welcher sich im Einflussbereich des Magnetfeldes befindet.

Im Bild 2b ist die Situation von oben gezeichnet. Der rotgrüne Übergang ist so zu verstehen, dass über dem Leiter ein Nordpol (rot) herrscht und darunter der Südpol. v weist auf die Leitergeschwindigkeit hin. Die Einflussgrößen sind in Bild 2c hervorgehoben: Die blauen Pfeile stehen für die Feldlinien, welche vom Leiter geschnitten werden. Der schwarze Pfeil weist auf die Geschwindigkeit des Leiters im Magnetfeld hin. Damit der elektrische Leiter im Magnetfeld bewegt werden kann, muss seine Widerstandskraft (grüner Pfeil) überwunden werden.

Um die Leiterbewegung aufrecht zu erhalten, muss die Reaktionskraft ständig aufgewendet werden. Die Widerstandskraft und die Bewegungskraft stellen die Aktions- und Reaktionskräfte für die Spannungsinduktion dar.

Strom (Bild 2d) fließt nur, wenn der Stromkreis über einen Widerstand R geschlossen ist. Der Betrag des Stromes richtet sich nach der induzierten Spannung und dem Leiterwiderstand (evt. Spulenwiderstand) und dem aussenliegenden Widerstand im Stromkreis.

Einfluss der Geschwindigkeit

Bis auf die Geschwindigkeit (und damit die Gegenkraft) sind die Einflussgrößen bei einem Versuchsaufbau alle gegeben. Bleibt auch die Geschwindigkeit konstant, wird über die ganze Dauer eine gleich hohe Spannung, also eine Gleichspannung induziert. Sobald der Leiter aus dem Einflussbereich des Magnetfeldes bewegt wird, fällt die Induktion auf null, da das Magnetfeld den Leiter nicht mehr schneiden kann.

Drehbewegung

Bei dem gezeichneten Versuchsaufbau ist es nicht möglich, die gleichförmige Leitergeschwindigkeit über längere Zeit aufrecht zu erhalten. Aus diesem Grund wird aus einem Leiter häufig eine Leiterschleife gebogen, welche sich dann zwischen den beiden magnetischen Polen dreht. Wenn die Leiterschleife gedreht wird, wird sie senkrecht zwischen den Polen von vielen Feldlinien geschnitten, waagrecht zwischen den Polen wird sie dagegen kaum geschnitten. Die Spannung wird pulsieren.

Um die Pulsierung zu vermindern, werden mehrere Leiterschleifen montiert, damit immer eine Schleife in der optimalen Position zwischen den Polen steht.

4-Quadranten-Diagramm

Während Diagramme oft nur den ersten Quadranten (Bild 3: oben rechts) darstellen, machen bei elektrischen Energiewandlern alle vier Quadranten Sinn. Nur so können ihre Eigenschaften vollständig dargestellt werden. Weisen Kraft und Geschwindigkeit die gleichen



Bild 1: Der bekannte Alternator ist ein Energiewandler, der einen Teil der mechanischen Kurbelwellenenergie in elektrische Energie umwandelt, womit das Bordnetz des Fahrzeugs mit Spannung versorgt wird.

Vorzeichen auf, handelt es sich um den motorischen Betrieb entweder in Vorwärts- oder in Rückwärtsrichtung.

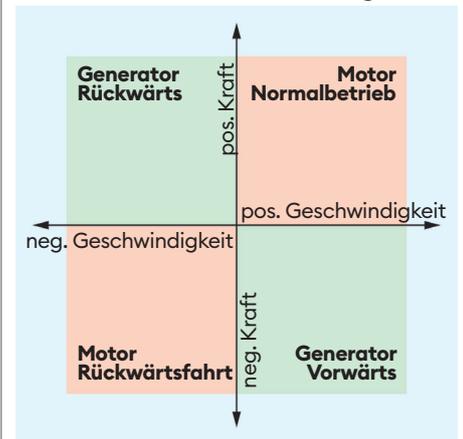


Bild 3: Das 4-Quadranten-Diagramm zeigt alle Möglichkeiten des Energiewandlers.

Weisen Kraft und Geschwindigkeit unterschiedliche Vorzeichen auf (Abschnitt Grundgesetze), handelt es sich um den generatorischen Betrieb. Dabei wird die Geschwindigkeit mit negativer Kraft oder die negative Geschwindigkeit mit positiver Kraft abgebremst und auf diese Weise kann die kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden.

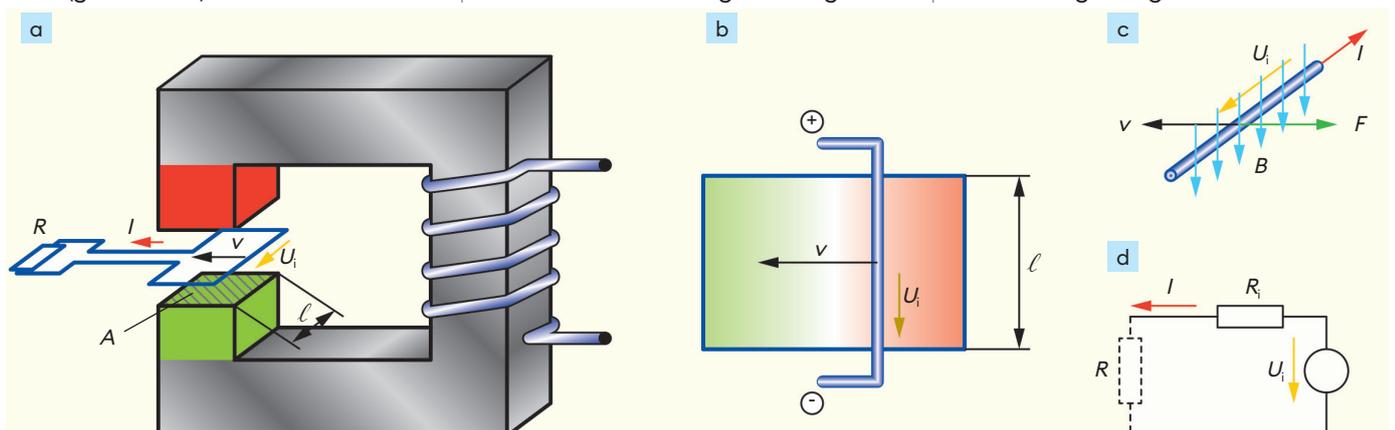


Bild 2: Verschiedene Darstellungen eines einfachen Energiewandlers: A Magnetspaltfläche - B magnetische Flussdichte - F Kraft - I Strom - ℓ Einflusslänge des Magnetfeldes auf den Leiter - U_i induzierte Spannung - R Aussenwiderstand - R_i Innenwiderstand - v Geschwindigkeit.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch