

# **Fachpraktikum**

## **Hochdynamische Antriebssysteme**

### **Theoretische Grundlagen**

### **Brake Chopper / Trajektorien**

Thomas Reichert

## Brake Chopper

Hochdynamische Prozesse erfordern unter anderem ein schnelles Beschleunigen und Abbremsen des Motors. Beim Beschleunigen wird dabei Energie vom Netz an die Maschine abgegeben, welche als Rotationsenergie

$$E_{rot} = \frac{1}{2} J \omega^2$$

gespeichert wird. Dabei bezeichnet  $J$  das Trägheitsmoment des Rotors und  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit.

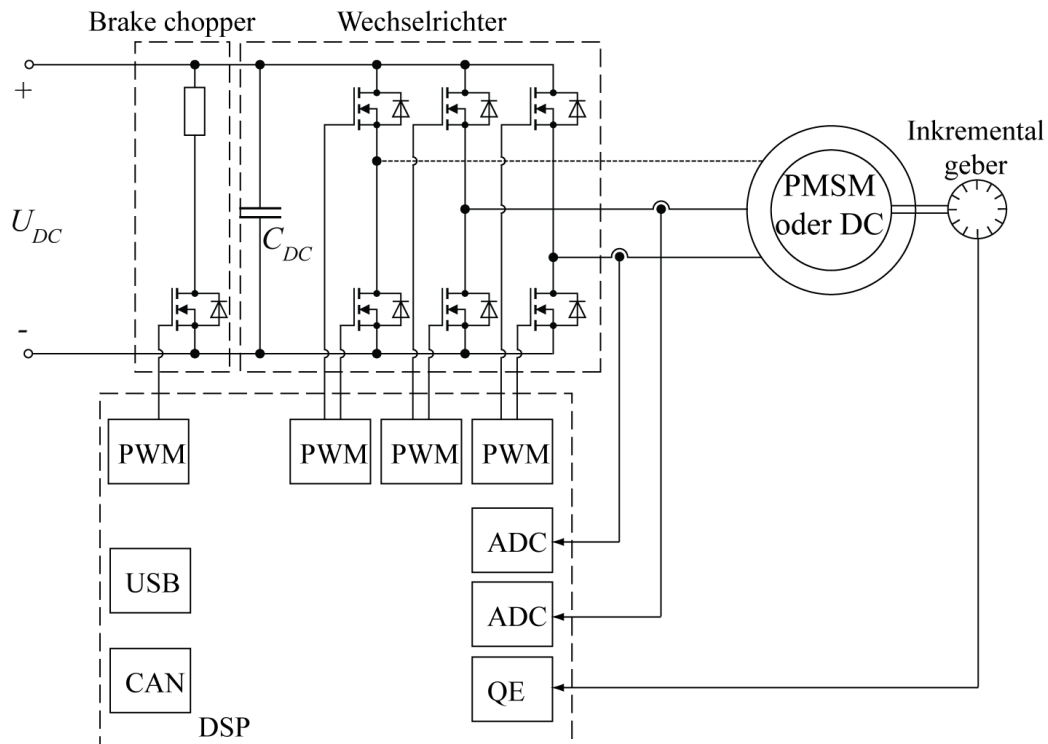
Beim Abbremsen wird diese Rotationsenergie wieder in elektrische Energie umgewandelt und an den Zwischenkreis zurückgegeben. Da der Abbremsvorgang bei hochdynamischen Anwendungen sehr kurz dauern muss, wird der Zwischenkreis mit hoher Leistung

$$P_{br} = \frac{E_{rot}}{t_{dec}}$$

belastet, was zu einem rasanten Anstieg der Zwischenkreisspannung führen würde. Dabei ist  $P_{br}$  die Leistung beim Abbremsen mit der Bremszeit  $t_{dec}$ . Um eine Zerstörung der Bauteile zu verhindern, muss diese Energie gleich weitergegeben werden. Mittels einer bipolaren Leistungselektronik wäre es möglich, die Abbremsenergie wieder ins Netz einzuspeisen. Wenn sich dies wirtschaftlich nicht lohnt, dann kann die Energie einfach in einem externen Widerstand in Wärme umgewandelt werden. Man spricht in diesem Fall von einem Brake Chopper (engl. Chopper → Zerhacker, die Bremsenergie wird also quasi „zerhackt“), so wie er auch in diesem Praktikum zum Einsatz kommt.

Beim Brake Chopper handelt es sich also um einen Widerstand, der in kurzer Zeit eine grössere Leistung in Wärme umwandeln kann. Der Brake Chopper wird parallel an die Zwischenkreisspannung angeschlossen. Da er jedoch im normalen Betrieb keine Verluste verursachen soll, wird er mittels Transistor nur bei Bedarf dazu geschaltet (siehe Abb. 1). Dabei wird jeweils die Zwischenkreisspannung gemessen und bei bestimmten Grenzwerten wird der Brake Chopper entweder aktiviert oder wieder deaktiviert. Beim Abbremsvorgang wird der Brake Chopper somit mehrere Male ein- und ausgeschaltet und es kommt zum bereits erwähnten Zerhacken. Der obere Grenzwert (zur Aktivierung des Brake Choppers) sollte deutlich über der Betriebs-Zwischenkreisspannung liegen, aber natürlich unter der maximalen Belastungsspannung der Bauteile. Der untere Grenzwert (um den Brake Chopper wieder zu deaktivieren) sollte leicht über der Zwischenkreisspannung liegen, so dass er im Normalbetrieb sicher wieder ausgeschaltet ist.

Beim Versuchsaufbau liegt die Zwischenkreisspannung bei 50 V. Die Spannungsfestigkeit der Kondensatoren liegt bei 63 V. Der Brake Chopper schaltet bei 53 V (untere und obere Grenze gleich).



**Abb. 1: Schema des Versuchsaufbau mit Brake Chopper**

## Trajektorien

In hochdynamischen Anwendungen ist oft eine rasche Positionierung eines Objekts gefordert, wobei normalerweise mehrere Rotations- und Linearmotoren zum Einsatz kommen. Dabei können verschiedene Rahmenbedingungen gesetzt werden, wie etwa eine bestimmte Wegabfolge, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofile sowie deren Maximalwerte, Anfangs- und Endwerte, usw.

Um einen Systemablauf zu optimieren, werden diese Bewegungen geplant und aufeinander angepasst. Man spricht in diesem Fall vom sog. „Trajectory Planning“. Dabei muss insbesondere auch den Limitierungen der einzelnen Maschinen Rechnung getragen werden.

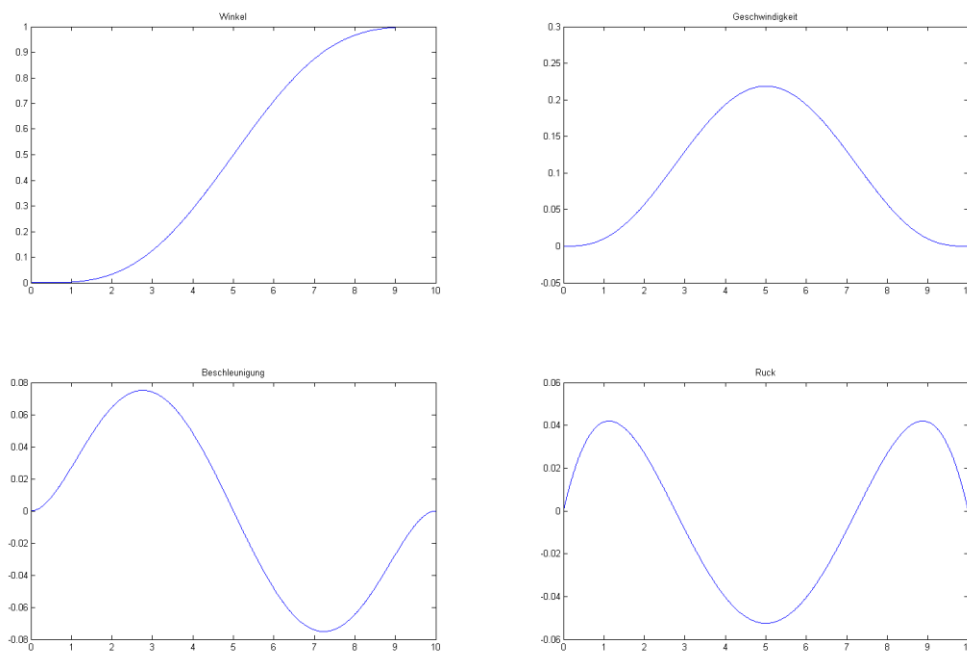
Im Fall einer einzelnen Rotationsmaschine betrachtet man den zurückgelegten Rotationswinkel  $\varphi$ . Ziel des Praktikums wird es sein, eine bestimmte Strecke, resp. eine gewisse Anzahl Umdrehungen zurückzulegen und diesen Ablauf zu untersuchen. Neben dem Winkel spielen nämlich auch noch die zeitlichen Ableitungen eine Rolle. Die wichtigsten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Beim Planen einer Bewegung muss jeder dieser Parameter berücksichtigt werden. Treten nämlich bei einem der Parameter unetstetige Sprünge während dem Bewegungsablauf auf, so kann dies zu einer übermässigen Belastung der Maschine führen, was deren Lebensdauer in beachtlichem Masse senken kann.

In der Abb. 2 sind ein möglicher Bewegungsablauf und dessen zeitliche Ableitungen gezeigt.

Grad der Ableitung	Name	Symbol
0.	Rotationswinkel	$\varphi$
1.	Winkelgeschwindigkeit	$\frac{d\varphi}{dt} = \Omega$
2.	Winkelbeschleunigung	$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \alpha$
3.	Winkelruck	$\frac{d^3\varphi}{dt^3} = \sigma$

**Tabelle 1. Rotationswinkel  $\phi$  und dessen zeitliche Ableitungen.**



**Abb. 1: Beispiel eines Bewegungsablaufs ohne un stetige Sprünge.**

## Literatur

[1] L. Biagiotti und C. Melchiorri, *Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008