

Dynamisches Verhalten von Kupplungen

(Anlaufverhalten und Phasen des Kupplungsvorganges)

Zur Verbindung von Motor und Arbeitsmaschine werden Kupplungen benötigt. Soll die Verbindung während des Betriebes hergestellt werden, so muß eine reibschlüssige Kupplung zum Einsatz kommen. Während die Auslegung i.A. den statischen Betriebsfall des Gleichlaufs zugrundelegt (maximal übertragbares Kupplungsmoment...), sind auch die Vorgänge vor dem Erreichen der Synchrondrehzahl von Bedeutung. Um etwa die Rutschzeit und damit die Reibarbeit, also Wärmeentwicklung und Verschleiß, zu minimieren, kann man ein sog. Reduziergetriebe zwischen Kupplung und Arbeitsmaschine schalten. Wie der Name andeutet, hat das den Effekt, dass das Massenträgheitsmoment der Arbeitsmaschine scheinbar reduziert wird und damit die Rutschzeit kürzer ist. Abgesehen von diesem Prinzip, dessen Anwendung nur bei entsprechend aufwendigen Maschinen ökonomisch ist, tritt die Situation, eine stillstehende Arbeitsmaschine an einen laufenden Elektromotor zu kuppeln, sehr häufig auf. Dabei nimmt die Drehzahl des Motors ab (Motordrückung), bis die Kupplung vollständig greift, also Haftreibung eintritt. Dann steigt die gemeinsame Drehzahl von Arbeits- und Antriebsmaschine wieder an, bis die anfängliche Motordrehzahl erreicht ist und der Kupplungsvorgang ist abgeschlossen. Bekannte Größen sind i.A. die Massenträgheitsmomente der Komponenten („Kupplungs-J“ wird vernachlässigt), das von der Arbeitsmaschine abzugebende Moment, die Synchrondrehzahl und die Motor(-Leerlauf-)drehzahl. Zu ermittelnde Werte sind z.B. das von der Kupplung zu übertragende Moment, die Zeit bis zum Erreichen der Synchrondrehzahl, das notwendige Motorantriebsmoment oder auch die Dauer des Gesamthochlaufs. Das alles lässt sich durch einige wenige Rechenschritte bestimmen: Grundsätzlich muß man 2 unterschiedliche Phasen unterscheiden, nämlich die Rutsch- und die Gleichlaufphase. In der Rutschphase gibt der Motor sein (idealisiert als konstant angenommenes) Antriebsmoment über die Kupplung an die Arbeitsmaschine ab. Da aber die Momente am Abtrieb noch zu hoch sind, rutscht die Kupplung eben durch und kann dabei nur ihr (wiederum idealisiert als konstant angenommene) Kupplungsmoment abgeben. Daher braucht man nur das Momentengleichgewicht an der Arbeitsmaschine aufstellen: positiv wirkt das Kupplungsmoment, negativ das Abtriebsmoment und das Moment aufgrund der Massenträgheit der Arbeitsmaschine. Letzteres ist das Produkt aus Massenträgheitsmoment und Winkelbeschleunigung, die wiederum Synchrondrehzahl und Zeitpunkt des Gleichlaufs beinhaltet. In der Gleichlaufphase haben An- und Abtriebsmaschine gleiche Drehzahl, sind also quasi fest miteinander verbunden; die Kupplung ist nicht mehr relevant. Daher addieren sich die Massenträgheitsmomente in dem nun aufgestellten Momentengleichgewicht und das Kupplungsmoment der Rutschphase geht zum Antriebsmoment des Motors über. Da jetzt nur dieser Abschnitt der Gleichlaufphase betrachtet wird, wird natürlich auch mit der Drehzahländerung und der Zeitdifferenz seit dem Gleichlauf gerechnet. Für obige Berechnungen muß man lediglich den Drallsatz anwenden und jeweils das Momentengleichgewicht für die Arbeitsmaschine aufstellen. Zusätzlich lässt sich die Reibarbeit folgendermaßen bestimmen: sie ist allgemein die Hälfte des Produktes aus Leistung und Zeit (Fläche unter der P-t-Kurve...). Die Leistung bei Rotation ist Moment mal Winkelgeschwindigkeit (Translation analog: Kraft mal Geschwindigkeit). Die Arbeit, die an der Abtriebswelle während des gesamten Vorganges geleistet wird, setzt sich aus den Anteilen der Rutsch- und der Gleichlaufphase zusammen... . Die Arbeit an der Abtriebswelle ist die Summe der o.g. Anteile.