

# Klein- und Kleinstkohlebürsten

## Elektrische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

Die auf Universalmotoren oder permanenterregten Gleichstrommotoren eingesetzten Kohlebürsten sind erheblichen elektrischen Beanspruchungen unterworfen, weil fast immer aus Kostengründen auf Kommutierungshilfen verzichtet werden muss. Deshalb sollte man bei der Konstruktion eines Motors die nachstehenden Hinweise beachten.

### Neutrale Zone und Kommutierungsbedingungen

Unsymmetrien, die durch die Erregerwicklung hervorgerufen werden, gehen voll in die Kohlebürstenbeanspruchung ein. Zur Erzielung einer optimalen Kohlebürstenstandzeit ist es erforderlich, eine den Betriebsverhältnissen des Motors angepasste Kommutatorverschaltung auf dem Anker vorzusehen.

Der dabei zu wählende Verschaltungswinkel muss von Fall zu Fall ermittelt und neu festgelegt werden, da Blechschnitt und elektrische Ausnutzung variieren. Da Universalmotoren häufig bei verschiedenen Lastverhältnissen betrieben werden, ist von dieser Seite her gesehen immer nur ein Kompromiss möglich.

Eine Ausnahme bilden Motoren für reversierenden Betrieb, bei denen keine Ankerverschaltungen möglich sind. Es muss daher bei diesen Motoren

mit stärkerem Bürstenfeuer und reduzierten Bürstenstandzeiten gerechnet werden. Bei reversierenden Motoren sind die Spulenden der Ankerspulen so an den Kommutator angeschlossen, als wäre keine Feldverzerrung beim Betrieb gegeben. Trotz der dann ungünstigen Bürstenstellung - zur neutralen Zone des Betriebes - können auch hier bei optimalem Bürstenwerkstoff ausreichende Bürstenstandzeiten erreicht werden.

### Transformatorische Lamellenspannung

Die transformatorische Lamellenspannung bringt zu den elektrischen Belastungen der Kohlebürsten durch den Nutzstrom eine zusätzliche Belastung. Sie hat bei verschalteten Kommutatoren ihr Maximum, wenn die betreffende Spule kommutiert. Die transformatorische Lamellenspannung wird induktiv durch das Erregerfeld der wechselstromgespeisten Universalmotoren in die Ankerspule induziert. Es ist daher, soweit kostenmäßig vertretbar, empfehlenswert, die Lamellenzahl und damit auch Ankerspulenanzahl möglichst groß auszuführen. Die Erfahrungen der letzten Zeit zeigen, dass bei optimierter Kohlebürstenbestückung auch mit Lamellenspannungen von 10-12 Volt, in Sonderfällen auch größer, noch zufriedenstellende Kohlebürstenstandzeiten zu erreichen sind.

### Feldanzapfungen bzw. elektronische Drehzahlregelung

Die älteste Art der Drehzahlregelung ist das Anbringen von Feldanzapfungen. Diese bringen bereits bei bestimmten Schaltungen Nachteile für den Kohlebürstenlauf.

Um 2 oder 3 Drehzahlstufen zu bewirken, existieren mehrere Schaltungen, die zum Teil auf mehrstufiger Anzapfung einer Feldspulenseite beruhen.

Die Folge von nur einseitig angezapften Feldspulen ist stark unterschiedlicher Verschleiß der beiden Kohlebürsten einer Motorbestückung. Verursacht wird dies durch Feldunsymmetrien zwischen den beiden Kommutierungszonen. In Extremfällen kann dadurch der Verschleißunterschied der beiden Kohlebürsten bis zu einer Zehnerpotenz betragen.

Als Abhilfe wird eine Optimierung des Kohlebürstenwerkstoffes durch Versuche bzw. ein eventueller Einsatz von zwei verschiedenen Werkstoffen (Mischbestückung) vorgeschlagen.

Gleichartige Schwierigkeiten sind auch beim Einsatz von Dioden-, Thyristor- oder Triacbeschaltungen zu erwarten. Je nach Art der Schaltung kommt es auch hier zu stark unterschiedlichem Verschleißverhalten der beiden auf-



Group

Schunk Kohlenstofftechnik



HOFFMANN ELEKTROKOHLE AG



# Elektrische Einflüsse auf den Kohlebürstenlauf

sitzenden Kohlebürsten. Besonders kritisch sind meist sogenannte Einwegschaltungen mit Dioden und Thyristoren. Als Abhilfe versucht man in diesem Fall, möglichst Kohlebürsten mit hohem Widerstand oder aber solche mit gewissem Putzvermögen einzusetzen. Es muss aber auch hier manchmal auf Mischbestückungen zurückgegriffen werden, wobei durch Versuche ermittelt wird, wie der Motor am zweckmäßigsten zu bestücken ist.

## Elektrischer Widerstand, spezifische Belastbarkeit des Kohlematerials und Kontaktspannungsabfall

Der spezifisch elektrische Widerstand der Kohlebürsten kann von 0,01 bis zu mehr als 3000  $\mu\Omega$ m, also über 5 Zehnerpotenzen variiert werden. Mit stark metallhaltigen Werkstoffen erzielt man niedrigste Werte von z. B. 0,01  $\mu\Omega$ m, während man mit Kohlenstoff-Graphit-Werkstoffen mehr als 3000  $\mu\Omega$ m erreichen kann. Bei epoxidharzgebundenen Graphitwerkstoffen ist ein spezifisch elektrischer Widerstand bis zu 8000  $\mu\Omega$ m möglich.

Der Spannungsabfall Kohlebürste - Kommutator ist verglichen mit dem Spannungsabfall im Kohlebürstenkörper groß. Dies ist auf die meist geringe Anzahl von Kontaktpunkten zwischen Kohlebürste und Kommutator zurückzuführen. Die verringerte Anzahl von Kontaktpunkten verursacht eine Einschnürung des Kohlebürstenquerschnittes, die eine Erhöhung des Widerstandes bewirkt. (Engwiderstand) Zusätzlich erscheint noch eine weitere Verlustquelle durch das Kupferoxid, das sich auf der Kommutatoroberfläche bildet. Sowohl der Verlustanteil durch den reinen

Kohlebürstenlängswiderstand als auch an der Übergangsstelle sind durch die Wahl eines entsprechenden Kohlebürstenwerkstoffes beeinflussbar und auf den speziellen Anwendungsfall abzustimmen.

Bei Klein- und Kleinstmotoren für Niederspannung kleiner 24 Volt muss man meist metallhaltige Werkstoffe einsetzen. Bei diesen Kohlebürstenwerkstoffen sind sowohl der reine Körperwiderstand als auch die Übergangsverluste an der Kontaktstelle Kohlebürstenauflagefläche - Kommutator niedriger als bei metallfreien Kohlebürsten.

Bei Motoren für Klemmenspannungen größer 42 Volt setzt man vornehmlich Kohlebürstenwerkstoffe mit höherem Materialwiderstand ein. Dies sind im wesentlichen bei bündiger Kommutatorisolation Kohlenstoff-Kohlebürsten und zum Teil harzgebundene Graphit-Kohlebürsten, bei vertiefter Kommutatorisolation Kohlenstoff-Graphit-Kohlebürsten, harzgebundene Graphit-Kohlebürsten, gelegentlich auch Elektrographit-Kohlebürsten. Letztere werden aber wegen des geringen Widerstandes bei den heutigen Motoren mit niedrigen Leistungswerten nur wenig eingesetzt. Die Kohlenstoff-Graphit-Werkstoffe zeichnen sich durch die hiermit möglichen hohen Widerstände aus, welche die Kurzschlussströme reduzieren. Wenn Widerstand und spezifische Belastung des Kohlekörpers entsprechend aufeinander abgestimmt werden, bleiben auch die Übergangsverluste in vertretbaren Grenzen. Da diese Kohlebürsten noch ein gewisses Putzvermögen zeigen, werden Aufrauungen der Kommutatoroberfläche, hervorgerufen durch Bürstenfeuer, auf ein Normalmaß begrenzt. Dadurch wird eine höhere Kohlebürstenlebensdauer

garantiert. Die Kohlebürsten dürfen andererseits aber auch nicht zu abrasiv sein, um den Kommutatorangriff gering zu halten. Deshalb ist es erforderlich, für jede Motorkonstruktion einen entsprechenden Kohlebürstenwerkstoff durch Laufversuche zu optimieren.

Für die in Klein- und Kleinstmaschinen eingesetzten Kohlebürstenwerkstoffe gelten verschiedene Grenzen für die spezifische elektrische Belastung. Die auf einzelne Werkstoffe und Anwendungsfälle abgestimmten Grenzen für maximale elektrische Belastung sind der Druckschrift 13.21 zu entnehmen. Diese Werte sind jedoch nur als Richtwerte zu betrachten, da hier die Kontaktverhältnisse im Halter sowie Kühlungsverhältnisse stark eingehen. Bei elektronisch geregelten oder thyristor- bzw. triacgespeisten Motoren sollte eine etwas geringere elektrische Auslastung vorgesehen werden, da der zur Auslegung des Bürstenquerschnittes herangezogene Mittelwert des Stromes bei dieser Einspeisungsart alle 10 oder 20 Millisekunden kurzzeitig Stromspitzen von bis zu 500 % aufweisen kann. Dadurch wiederum werden durch die raschen Feldänderungen hohe Induktionsspannungen im Anker erzeugt, die laufend kurzzeitige Überlastungen in der Kohlebürstenkontaktfläche ergeben.

Generell wird durch zu große spezifische elektrische Kohlebürstenbelastungen die Patina auf dem Kommutator zerstört und ein größerer Kommutatorangriff erzeugt.

Eine zu niedrige spezifische elektrische Belastung ist ebenfalls schädlich, da erhöhte und schwankende Reibung entsteht. Bei Normalspannungsmotoren sollte daher eine spezifische Belastung zwischen 5 und 10 A/cm<sup>2</sup> angestrebt werden.



---

**Schunk Kohlenstofftechnik GmbH**

Rodheimer Straße 59  
35452 Heuchelheim  
Deutschland

Telefon: +49 (0)641 608-0  
Telefax: +49 (0)641 608 1494

[www.schunk-group.com](http://www.schunk-group.com)  
[infobox@schunk-group.com](mailto:infobox@schunk-group.com)

**Hoffmann & Co., Elektrokohle AG**

Au 62  
4822 Bad Goisern  
Österreich

Telefon: +43 6135 400-0  
Telefax: +43 6135 400-10

[www.hoffmann.at](http://www.hoffmann.at)  
[office@hoffmann.at](mailto:office@hoffmann.at)

**13.32/1000/2005**

