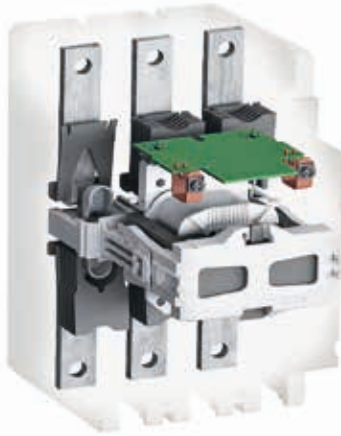




# Sauberer Kontakt

Schütztechnik zum Schalten hoher Leistungen und zur Steuerung von Motoren

GUNNAR JOHANSSON – Elektrische Schütze sind fast so alt wie die Elektrotechnik selbst. Niemand weiß dies besser als ABB, denn schließlich ist das Unternehmen seit über 100 Jahren als Hersteller von Niederspannungsgeräten bekannt. Innovationen und neue Technologien sorgen für frischen Wind in diesem Bereich und beseitigen viele der Probleme, mit denen diese „Arbeitspferde“ der elektrischen Schalttechnik traditionell zu kämpfen hatten. Einer der Wegbereiter ist die neue Generation der AF-Schütze von ABB.



Die neuen Schütze von ABB nutzen Software und Elektronik in Kombination mit einem speziellen Magneten, um schnell eine hohe Kontaktkraft aufzubauen.

**E**in Schütz ist ein elektrisch gesteuertes Schaltgerät, das ähnlich wie ein Relais funktioniert – nur für höhere Ströme. Anders als ein Leistungsschalter kann ein Schütz zwar keine Kurzschlussströme abschalten, aber dafür viele andere Aufgaben übernehmen. Traditionell werden Schütze zum Ein- und Ausschalten elektrischer Maschinen verwendet. Die gebräuchlichste Art ist das dreipolige Schütz, das zum Einschalten, Leiten und Ausschalten von Strömen in einem Drehstromnetz eingesetzt wird.

Das Herzstück eines Schützes ist ein Kontaktsystem, das mit dem Hauptstromkreis verbunden ist. Neben diesem Kontaktsystem befindet sich eine Schaltkammer, die verschiedene Einrichtungen zur Optimierung der Abschaltleistung enthält. Die beweglichen Kontakte werden über eine Kontaktbrücke mit Federn betätigt, die in geschlossener Stellung für die entsprechende Kontaktkraft sorgen. Die Bewegung erfolgt durch einen von einer Spule umschlossenen Elektromagneten → 1.

### Titelbild

Seit Einführung der Elektrotechnik in der Industrie spielen Schütze eine wichtige Rolle. Dank neuer Ideen können nun traditionelle Nachteile überwunden und der Weg für eine neue Generation von Schützen geebnet werden.

### Einfaches Produktkonzept

Im Gegensatz zu Produkten anderer Hersteller ist bei großen Schützen von ABB der Hauptstromkreis hinten angeordnet. Diese vor etwa 10 Jahren eingeführte Konfiguration hat sich in der Praxis bewährt, da sie die Kombination mit anderen Schaltgeräten (vorrangig Leistungsschaltern) erleichtert und der Zugang zum Gerät nicht durch die dicken und recht steifen Kabel des Hauptstromkreises versperrt wird → 2.

Mittlerweile sind die Kosten für elektronische Bauteile so weit gesunken, dass elektronisch gesteuerte Schütze preislich mit herkömmlichen Schützen vergleichbar sind. Auch sind die Montagekosten gering, da das Elektronikmodul einfach in das Schütz eingerastet wird.

### Weniger Rohstoffe

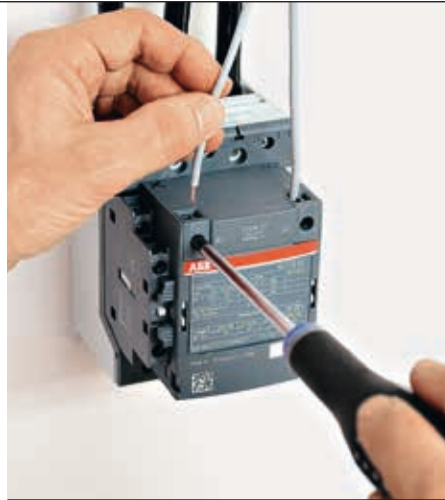
Beim Ein- oder Ausschalten von hohen Strömen entstehen in Schützen Lichtbögen, die zur Abtragung des Kontaktmaterials führen. Dieser Abbrand (Erosion) bestimmt die Lebensdauer des Geräts. Normalerweise bestehen die Kontakte zum größten Teil aus einer hochwertigen Silberlegierung. Da Silber recht teuer ist, können die Kontakte zur Verlängerung ihrer Lebensdauer nicht beliebig vergrößert werden. Aus diesem Grund hat ABB viel Forschungsarbeit investiert, um andere Möglichkeiten zur Verlängerung der Kontaktlebensdauer zu finden.

Dabei haben sich mehrere Ansätze herauskristallisiert:

- Verbesserung der Kontaktbewegungen durch Einsatz eines elektronischen Steuerkreises



2a Älteres Schütz mit Hauptstromkreis vorn



2b Neues Schütz mit Hauptstromkreis hinten

Die Kosten für diese elektronisch gesteuerten Schütze sind mit denen für herkömmliche Geräte vergleichbar.

- Einsatz von Softwarelösungen zur Reduzierung des Kontaktverschleißes
- Entwicklung neuer Magneten für höhere Kontaktkräfte
- Einführung neuer Schaltkammern zur besseren Beseitigung und Löschung von Lichtbögen
- Abstimmung der Herstellung und Zusammensetzung des Kontaktmaterials auf eine hohe Langlebigkeit

Hierzu nutzen die neuen Schütze von ABB eine Software und eine elektronische Schaltung in Kombination mit einem speziellen Magneten, um schnell eine hohe Kontaktkraft aufzubauen. Die Schaltung sorgt außerdem für eine kontrollierte Bewegung, die Schwingungen minimiert. Dadurch wird das Kontaktabheben verringert und der Abbrand beim Schließen entsprechend minimiert.

### Schließende Kontakte

Beim Schließen von Schaltern kommt es manchmal zu einem leichten, kurzen Prellen, bevor die Kontakte in der geschlossenen Stellung zur Ruhe kommen. Dieses sogenannte Kontaktprellen führt zur Bildung kleiner, erosiver Lichtbögen. Da die Stromstärke zu diesem Zeitpunkt niedrig ist, stellt das Kontaktprellen kein großes Problem dar. Viel bedeutender ist das Phänomen des Kontaktabhebens.

Dieses leichte Abheben der Kontakte tritt ein wenig später auf, wenn ein hoher Strom fließt → 3. Die Kontakte befinden sich dann normalerweise in der richtigen Position, können aber durch bestimmte Faktoren wie den hohen Schaltstrom wieder voneinander getrennt werden, was Lichtbögen verursacht. Da nun hohe Ströme fließen, ist der Abbrand entsprechend stark → 4. Außerdem können Schwingungen, die durch den sich schließenden Magneten verursacht werden, mit den Trennkräften in Wechselwirkung treten und zum Abheben der Kontakte führen. Daher müssen die Kontakte fest geschlossen gehalten werden, um möglichen Trennkräften entgegenzuwirken.

### Öffnende Kontakte

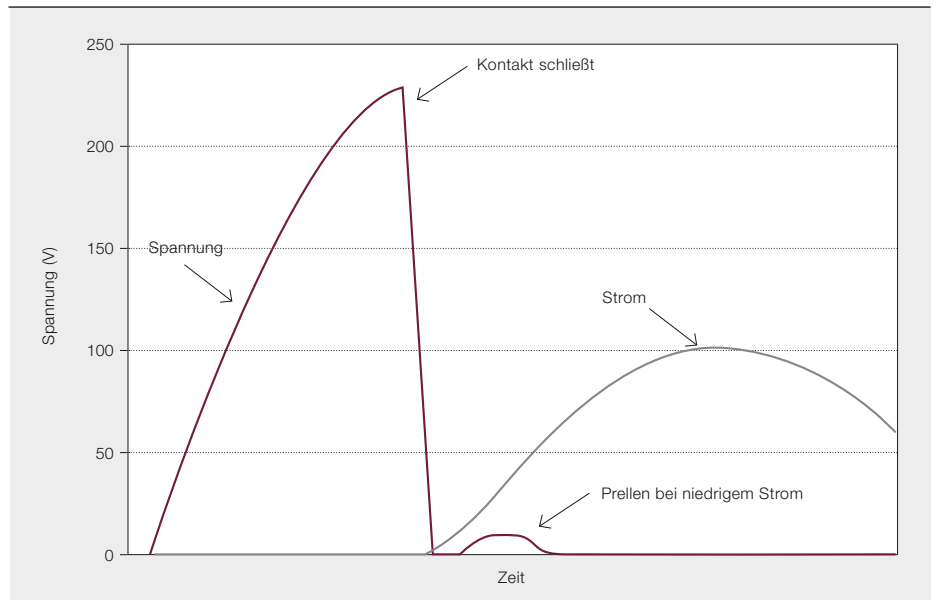
Beim Abschalten hoher Ströme (über 100 A) muss der entstehende Lichtbogen schnell vom silbernen Kontaktmaterial entfernt werden, um den Abbrand zu begrenzen. Gleichzeitig muss der Abbrand möglichst gleichmäßig auf die einzelnen Phasen verteilt werden.

Das Entfernen des Lichtbogens von den Kontakten erfolgt mithilfe herkömmlicher Technik: Der Kontakt ist von einer Stahlplatte umschlossen, die den Lichtbogen abzieht. Solche Konstruktionen werden heute sorgfältig berechnet und mithilfe von Simulationstools optimiert. Dabei wurden mittlerweile einige alte „Wahrheiten“ in Frage gestellt und widerlegt, während andere erst jetzt in vollem Umfang genutzt werden.

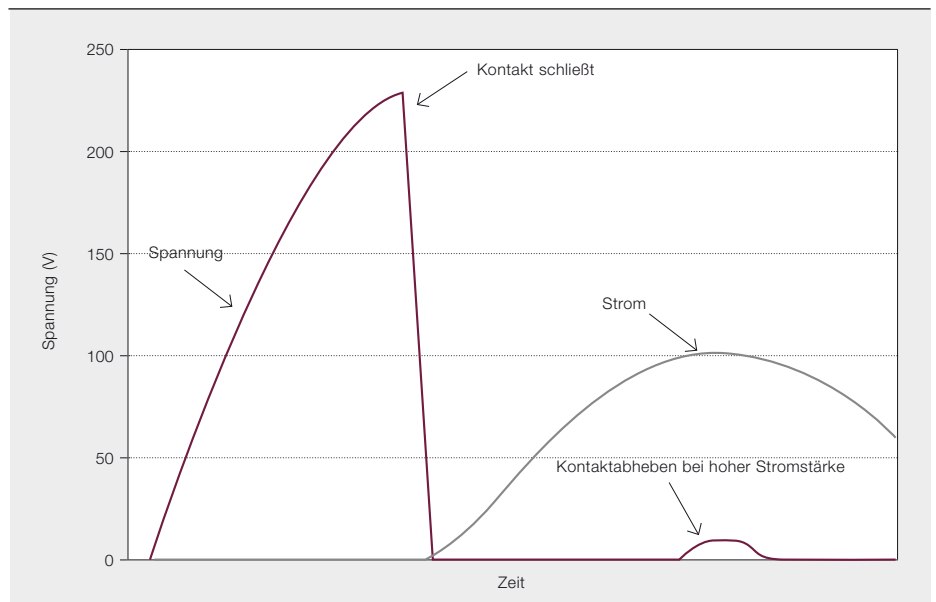
Leider kann es durch den Steuerkreis in Verbindung mit der Spule und dem Magneten zu einer ungleichmäßigen Belastung der einzelnen Phasen im Schütz kommen. Der Grund dafür ist, dass die Spannung am Steuerkreis häufig in Relation zum Hauptstromkreis steht und so ein gewisses Maß an Synchronisation zwischen dem Schaltmoment und der

Ein gutes Kontaktmaterial stellt ein Gemisch aus Silber und Zinnoxid mit Dotierungsstoffen dar.

### 3 Kontaktprellen und Kontaktabheben



3a Kontaktprellen tritt typischerweise bei niedrigen Strömen auf und ist unproblematisch.



3b Kontaktabheben tritt bei hohen Strömen auf und kann zu starker Erosion führen.

Spannungsphase auftreten kann. Durch diese ungleichmäßige Verteilung der Last an den Phasen verschleißt die am meisten belastete Phase am schnellsten und bestimmt so die Lebensdauer des gesamten Geräts. Folglich ist es besser, die Last gleichmäßig zwischen den Phasen zu verteilen und den Kontaktabbrand auszugleichen. Genau dies machen die Software und die Elektronik von ABB, indem sie eine Synchronisation ausschließen. Dieses zum Patent angemeldete Verfahren führt zu einer erheblichen Verbesserung der Langlebigkeit.

#### Kontaktmaterial

Das verwendete Kontaktmaterial und dessen Herstellungsverfahren haben einen großen Einfluss auf den Abbrand. Früher leisteten Legierungen aus Silber und Kadmium sehr gute Dienste, doch die Verwendung von Kadmium ist schon lange nicht mehr zulässig. Kontakte aus reinem Silber wären hervorragend geeignet, wenn sie sich nicht miteinander verschweißen und schnell erodieren würden. Ein gutes Kontaktmaterial stellt hingegen ein Gemisch aus Silber und Zinnoxid mit Dotierungsstoffen dar. Aufgrund der entscheidenden Bedeutung dieses Materials verwendet ABB zur Herstellung eine äußerst sorgfältig formulierte Mischung und die fortschrittlichsten Prozesse.

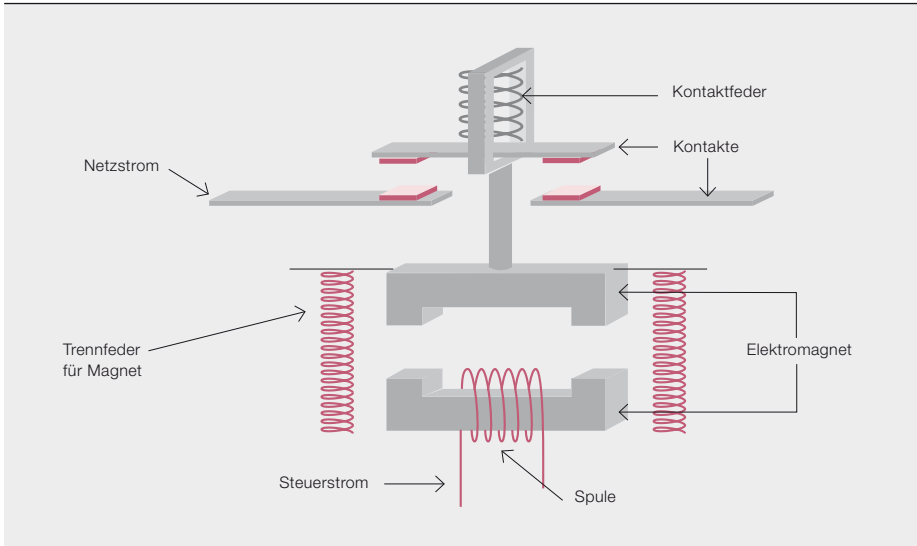


#### 4 Kontaktabheben beim Einschalten (Standbild aus einem Film). Der Lichtbogen trägt Kontaktmaterial ab.



Die Schaltung sorgt für eine kontrollierte Bewegung, die Schwingungen minimiert.

#### 5 Herkömmlicher und bewährter Steuerkreis



#### Zuverlässigkeit

Die wichtigste Eigenschaft eines Schützes ist für Kunden die Zuverlässigkeit. Aus diesem Grund betreibt ABB einen hohen Entwicklungs- und Testaufwand zur Realisierung von Schützen, die den höchsten Anforderungen an die Zuverlässigkeit entsprechen. Hierbei ist die Qualität des Steuerkreises von entscheidender Bedeutung.

#### Der Steuerkreis

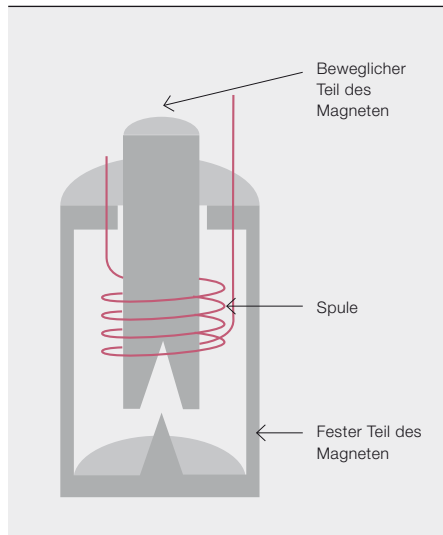
Der Steuerkreis eines Schützes basiert auf einem geteilten Elektromagneten mit einem Federsystem. Fließt ein Strom durch die Magnetspule, ziehen sich die beiden Magnethälften an. Dadurch werden die mit dem Magneten verbundenen Kontakte geschlossen und die Kontaktkraft aufgebracht. Fließt kein Strom, werden die Magnethälften durch die Kraft der Federn getrennt und die Kontakte geöffnet, sodass der Hauptstrom unterbrochen wird → 5. Dieses Grundprinzip wird seit über 100 Jahren verwendet, und bislang wurde keine bessere Alternative gefunden. ABB und ihre Mitbewerber nutzen diese einfache, bewährte und zuverlässige Lösung zum Einschalten, Leiten und Ausschalten starker Ströme.

Allerdings hat dieses Verfahren auch Schwächen:

- Anfälligkeit für Spannungsschwankungen: Schwankungen in der Versorgungsspannung verursachen Veränderungen im Spulenstrom, die sich exponentiell auf die Magnetkraft auswirken. In ungünstigen Fällen kann dies zum plötzlichen Öffnen und Schließen des Kontakts und damit zum Ausfall des Geräts führen.
- Die meisten Benutzer bevorzugen eine Wechselspannung als Steuerspannung, z. B. 230 V bei 50 Hz. Dies erfordert einen großen und komplizierten Magneten, um die Kraft beim Nulldurchgang der Steuerspannung aufrechtzuerhalten.
- Der Steuerkreis besitzt eine hohe Leistungsaufnahme, besonders wenn eine Wechselspannung verwendet wird.
- Die Toleranzanforderungen an die Oberfläche der Magnethälften sind extrem hoch. Bei intensiver Nutzung können sich die Abmessungen verändern, was zu einer Abnahme der Magnetkraft führt.

Die Software und Elektronik von ABB sorgen für eine gleichmäßige Verteilung der Last zwischen den Phasen und einen ausgeglichenen Kontaktabbbrand.

#### 6 Zylindrischer Magnet



Diesen Problemen wird nun mit moderner Technik und innovativen Designs begegnet.

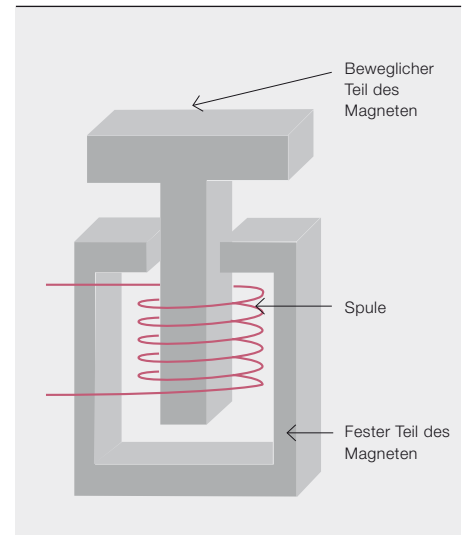
#### Neu im Steuerkreis

Die neuen AF-Schütze von ABB verfügen über eine mikroprozessorgesteuerte Schaltung mit patentierten Algorithmen, die unabhängig von Spannungsschwankungen stets für einen korrekten Spulenstrom sorgen. So werden sowohl der magnetische Fluss als auch die Kontaktkräfte optimiert. Außerdem wandelt die Schaltung Wechselspannung in Gleichspannung um. Dies senkt die Leistungsanforderungen, bewirkt eine gleichmäßigere Magnetkraft und beseitigt das Problem des Nulldurchgangs. Außerdem kann so ein kleinerer, einfacherer und zuverlässigerer Magnet verwendet werden, und mechanischer und elektrischer Verschleiß werden minimiert.

Da es keine Nulldurchgänge mehr gibt und der Spulenstrom geregelt wird, können alte und bewährte Magnetbauweisen, die sonst mit erheblichen Einschränkungen verbunden wären, zu neuem Leben erweckt und in vollem Umfang genutzt werden.

In den kleinsten AF-Schützen kommt ein zylindrischer Magnet mit einem beweglichen Kolben in Verbindung mit konischen Polen zum Einsatz → 6. Diese Anordnung ist sehr kompakt und energiesparend. Dank ihrer hohen Effizienz und geringen Leistungsaufnahme können die Schütze mit einer schwachen Stromversorgung, z.B. von einem Transistorausgang, betrieben werden. Die größeren AF-Schütze

#### 7 Magnet mit T-förmigem beweglichem Teil



sind mit einem Magneten mit T-förmigen beweglichen bzw. U-förmigen festen Teilen → 7 ausgestattet. Auch diese Lösung ist äußerst platz- und energiesparend. Bei beiden Magnettypen wird die Spule nur mit Gleichstrom betrieben.

Die Konstruktion von Schützen hat sich trotz ihrer 100-jährigen Geschichte dank neuer Technik und innovativem Denken zu einem neuen, lebhaften Feld der Produktentwicklung gemauert. Weitere Verbesserungen zur Vereinfachung des Designs, Erhöhung der Zuverlässigkeit, Verbesserung der Logistik und Optimierung der Wartung von Schützen – dem Urgestein der elektrischen Schalttechnik – sind in vollem Gange.

#### Gunnar Johansson

ABB Low Voltage Products  
Västerås, Schweden  
gunnar.c.johansson@se.abb.com