

## Überprüfung und Beurteilung von Motoren und Auslösespulen an Schaltgeräten

Dipl.-Ing. Jürgen Dreier, Produktmanager, KoCoS Messtechnik AG, Korbach

Schaltgeräte befinden sich an den Knotenpunkten der elektrischen Energieübertragung und -verteilung. Ihre Zuverlässigkeit hat einen entscheidenden Einfluss auf Verfügbarkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit elektrischer Versorgungsnetze.

Nur durch regelmäßige Prüfungen am Einbauort kann eine fehlerfreie Funktion der Schaltgeräte über ihre gesamte Einsatzdauer gewährleistet werden.



Bild 1: Umspannwerk

Die Anforderungen an die Prüfung von Schaltgeräten steigen ständig. Gleichzeitig steht für die Durchführung der Prüfaufgaben in den verschiedenen Bereichen der elektrischen Energieversorgung immer weniger Personal zur Verfügung. Hierdurch hat der einzelne Prüfer oftmals nicht die erforderliche Zeit, um die aufgenommenen Messdaten und -ergebnisse ausreichend zu beurteilen. Umso mehr ist die Prüftechnik gefordert, dem Prüfer Werkzeuge zur automatischen Durchführung und Auswertung von Prüfungen an die Hand zu geben. Mit den Prüfeinrichtungen zur Schaltgeräteprüfung ACTAS, den Widerstandsmessgeräten PROMET und den Spannungsquellen EPOS CV/EPOS MC bietet die KoCoS Messtechnik AG Lösungen zur automatischen Durchführung und Auswertung jeder denkbaren Prüfaufgabe an Schaltgeräten.

### Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Schaltgeräten

An die Betriebssicherheit von Schaltgeräten werden extrem hohe Anforderungen gestellt. Schaltgeräte sind permanent äußeren Störeinflüssen wie Schmutz, Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen ausgesetzt. Oft werden sie über Jahre nicht betätigt und müssen dann doch, z.B. während einer Gewitterstörung, innerhalb kürzester Zeit bis zu 20-mal oder mehr unter Fehlerbedingungen zuverlässig schalten.

Eine regelmäßige Erfassung und Überprüfung der relevanten Geräteparameter, auch außerhalb der im Revisionsplan vorgesehenen Wartungszyklen, ist unabdingbar, um bei Veränderungen des Schalterverhaltens frühzeitig und vorbeugend reagieren zu können. Zur vollständigen Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Schaltgerätes müssen hierbei verschiedene mechanische und elektrische Parameter bestimmt werden. Dazu gehören unter anderem die Hauptkontaktgeschwindigkeit sowie dessen Hub und die Schaltereigenzeit. Abweichungen von den Nennwerten weisen hier auf Defekte im Antrieb oder in der Schaltkammer hin. Neben mechanischen sind auch elektrische Parameter wichtige Indikatoren für sich anbahnende Fehler. So geben beispielsweise die Amplituden und zeitlichen Verläufe der Betätigungsströme von Auslösespulen wichtige Anhaltspunkte über deren Zustand: Veränderungen der Betätigungskräfte, beispielsweise durch mechanischen Verschleiß, machen sich in der Regel direkt in der Amplitude und der Kurvenform bemerkbar.

Moderne Prüfsysteme sollten daher in der Lage sein, neben dem Haupt- und Hilfskontaktstatus auch Spulenbetätigungsströme, Betriebsströme von Federaufzugs- oder Pumpenmotoren, Ventildrücke und -wege sowie die mechanische Hauptkontaktbewegung zu erfassen. Nur so können alle die Funktionsfähigkeit eines Schaltgerätes bestimmenden Parameter ermittelt und der Zustand im Inneren des Schaltgerätes beurteilt werden, ohne den Antrieb oder gar die Schaltkammern öffnen zu müssen.

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

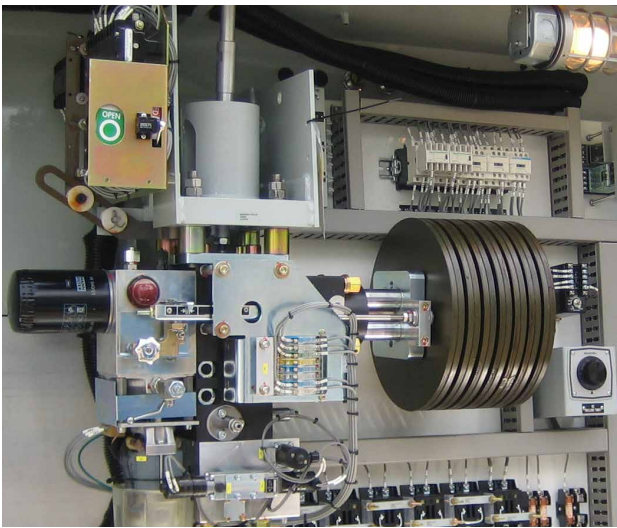


Bild 2: Steuer- und Antriebsschrank

Antriebe und Auslöser

Der Antrieb eines Schaltgerätes besteht aus dem Energiespeicher, der Steuereinheit mit Auslösern und der Kraftübertragungseinheit (Bild 2). Die erforderliche Schaltenergie zur Bewegung der Kontakte wird durch verschiedene Ausführungen von Speichereinheiten wie Druckluft-, Hydraulikantriebe oder auch Federkraftspeicher zur Verfügung gestellt (Tafel 1). Der Energiespeicher muss für eine Kurzunterbrechung (OCO) ausgelegt sein. Die Auslösung der Schalthandlung erfolgt über Auslösespulen oder Ventile. Zur Sicherheit werden die Auslösespulen des AUS-Kreises meist doppelt ausgelegt.

Federkraftspeicher	Feder als Energiespeicher. Die Feder wird über einen Elektromotor gespannt. Die Schaltung erfolgt über magnetische Auslöser.
Druckluftantrieb	Druckluftkessel als Energiespeicher. Die Auslösung erfolgt über Magnetventile. Das Nachladen erfolgt mittels Kompressor.
Hydraulikantrieb	Stickstoffspeicher als Energiespeicher. Das Nachladen erfolgt über eine motorische Hydraulikpumpe.
Hydraulischer Federspeicherantrieb	Kombination von Hydraulik- und Federspeicherantrieb. Feder als Energiespeicher, welche hydraulisch gespannt wird.

Tafel 1: Antriebe und Auslöser

Charakteristische Eigenschaften des Motors

Bild 3 zeigt den Motorstrom-Verlauf während des Aufladens eines Energiespeichers. Der Stromverlauf gibt Auskunft über die elektrischen Eigenschaften des Motors und die mechanische Belastung.

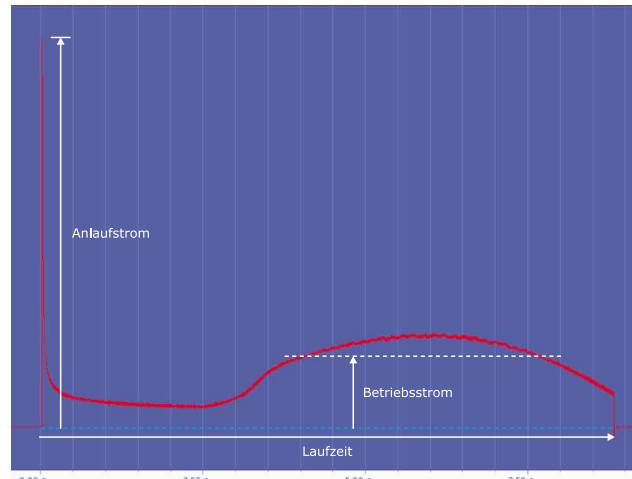


Bild 3: Motorstrom-Verlauf

Charakteristische Werte des Motorstroms sind:

- **Anlaufstrom des Motors:**  
Der Anlaufstrom ist im Allgemeinen gleich dem maximal gemessenen Strom während einer Prüfung
- **Betriebsstrom:**  
Mittelwert des Motorstroms über das Auswertintervall
- **Motorlaufzeit:**  
Laufdauer des Motors während einer Prüfung

Fehler an Antrieben können defekte Elektromotoren sein. Auch Schwergängigkeiten lassen sich über den Motorstrom erkennen, da die Höhe des Motorstroms dem Drehmoment entspricht.

Charakteristische Eigenschaften der Auslösespule

Bild 4 zeigt den Stromverlauf einer Auslösespule während der Betätigung einer Auslöseklinke. Die Auslösespule besteht aus der Erregerwicklung und einem beweglichen Spulenanker. Wird diese mit Spannung beaufschlagt, steigen der elektrische Strom und der magnetische Fluss. Eine Kraft wirkt auf den Spulenanker. Die Bewegung des Ankers induziert eine Gegenspannung.

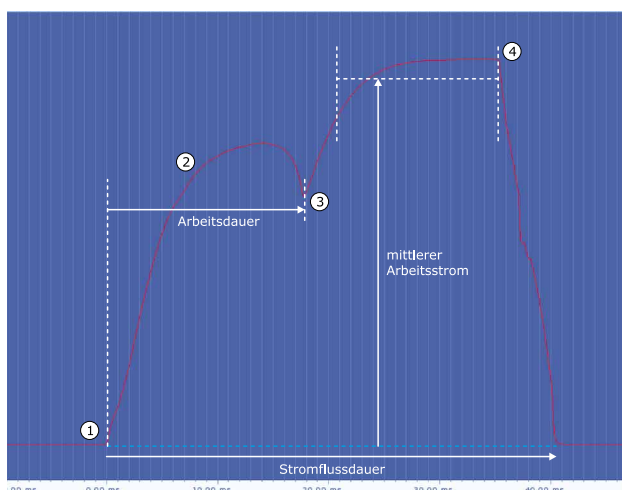


Bild 4: Spulenstrom-Verlauf

- 1) Die Spule wird mit Spannung beaufschlagt.
- 2-3) Der Spulenanker bewegt sich und löst die Klinke aus.
- 3) Der Spulenanker läuft in seine Endstellung.
- 4) Der Hilfskontakt öffnet und schaltet die Spulenspannung ab.

Charakteristische Werte des Spulenstroms sind:

- Mittlerer Arbeitsstrom:  
Mittelwert des Spulenstroms innerhalb des Auswertintervalls
- Stromflussdauer:  
Dauer des Stromflusses durch die Spule während einer Schaltoperation
- Arbeitsdauer:  
Zeitspanne zwischen Triggerzeitpunkt und Ende der Bewegung des Spulenankers

Ein Fehler an Auslösespulen kann ein schwergängiger Spulenanker sein. Die Betätigung von Ventil oder Klinke wird mit verminderter Geschwindigkeit ausgeführt. Im schlimmsten Fall kann die Auslösung des Schalters nicht mehr ausgeführt werden. Eine verlangsamte Bewegung des Spulenankers wirkt sich auf den Verlauf des Spulenstroms aus, was eine verlängerte Arbeitsdauer zur Folge hat.

Eine weitere wichtige Kenngröße von Auslösern ist der Gleichstromwiderstand der Spule, der eine Aussage über den elektrischen Zustand der Spule ermöglicht und z.B. einen Windungschluss erkennen lässt. Um die Arbeitsweise und Zuverlässigkeit von Leistungschaltern

festzustellen, ist eine Analyse der Motor- und Spulenstromsignatur erforderlich. Die Auswertung kann auf fehlerhafte Motoren und Spulen, Schwergängigkeiten oder defekte Mechaniken hinweisen.

### Motor- und Spulenprüfungen

Mit der festen Stationsspannung sind Motor- und Spulenprüfungen nur sehr eingeschränkt möglich. Um den Motoraufzug, die Funktion der Ein- und Ausspulen, den Spulenwiderstand und die Mindestauslösespannung zu prüfen, ist eine einstellbare und steuerbare Spannungsquelle erforderlich. Zur unabhängigen Versorgung der Steuerung eines Leistungsschalters ist bei manchen Schaltertypen ein separater, unabhängiger Spannungsausgang erforderlich. (Bild 5).

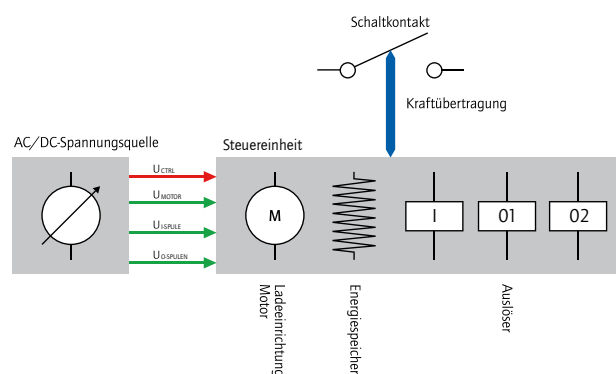


Bild 5: Prinzipschaltbild eines Schaltgerätes

Zur Analyse von Schaltgeräten sollten folgende Funktionen zur Verfügung stehen:

- Analyse von Motorlauf und Spulenauslösung
- Ermittlung des Spulenwiderstandes
- Ermittlung der Mindestauslösespannung
- Prüfung von Unterspannungsauslösern

Über die aufgeführten Messfunktionen erfolgt die Auswertung der Ergebnisse einfach und schnell, der Zustand von Spulen und Motor ist sofort erkennbar.

Bei der Aufnahme der Motorstromsignatur werden aus dem Kurvenverlauf die signifikanten Größen wie Anlaufstrom und Laufzeit errechnet (Bild 3).

## SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

Für die Prüfung der Auslösespulen gibt es mehrere Möglichkeiten, um Ergebnisse zu deren Verhalten zu ermitteln. Nach Norm wird der Schalter mit einer Prüfspannung von 70 oder 85% der Nennspannung beaufschlagt. Hierbei soll festgestellt werden, ob der Schalter bei der niedrigsten spezifizierten Stationsspannung arbeitet und die geforderten Grenzwerte einhält (Bild 4).

Unabhängig davon sollte bei Auslösespulen die Mindestauslösespannung ermittelt werden. Die Schaltzeiten des Leistungsschalters werden dabei nicht berücksichtigt. Mit den ermittelten Ergebnissen kann eine Aussage über die mechanischen Eigenschaften getroffen werden, d.h. welche Kraft aufgewendet werden muss, um den Spulenanker zu bewegen.

Bei der Ermittlung der Mindestauslösespannung wird mit einer unterhalb der Schaltschwelle der Spule liegenden Prüfspannung gestartet und schrittweise, mit entsprechenden Pausenzeiten, erhöht. Nach jeder Erhöhung wird ein Schaltimpuls auf die Auslösespule gegeben und die Reaktion des Schalters ausgewertet (Bild 6).

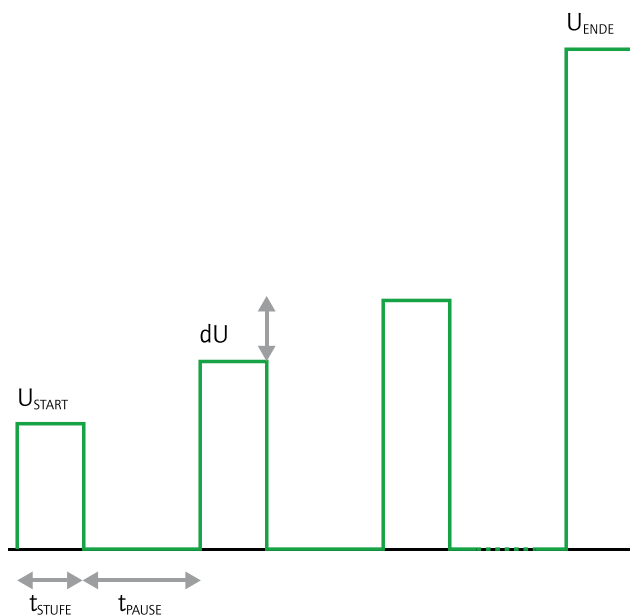


Bild 6: Rampe Mindestauslösespannung

Als Ergebnis wird der Spannungswert und Strom ermittelt, bei dem das Schaltgerät auslöst. Die Ermittlung des Spulenwiderstandes ermöglicht eine Aussage über den elektrischen Zustand der Spule, wie zum Beispiel eines Kurzschluss zwischen den Windungen. Während der Bestimmung des Gleichstromwiderstandes wird die Spule

mit einer niedrigen Spannung beaufschlagt, so dass keine Auslösung erfolgt.

### Fazit

Nur durch regelmäßige Prüfungen am Einbauort kann eine fehlerfreie Funktion von Schaltgeräten über ihre gesamte Einsatzdauer gewährleistet werden. Neben dem Haupt- und Hilfskontaktstatus, der mechanischen Hauptkontaktbewegung sowie den Ventildrücken und wegen ist die Erfassung der Betätigungsströme von Auslösespulen und der Betriebsströme von Federaufzugs- oder Pumpenmotoren von großer Relevanz.

Über die Analyse von Kurvensignaturen der Betätigungs- und Betriebsströme und der daraus resultierenden Kenngrößen lassen sich genaue Aussagen über das Verhalten treffen und somit Rückschlüsse auf den elektrischen und mechanischen Zustand von Motoren und Spulen ziehen. Für solche Analysen sollte ein Motor- und Spulenprüfsystem neben seinen leistungsstarken AC/DC-Quellen folgende Messfunktionen zur Verfügung stellen:

- Analyse von Motorlauf und Spulenauslösung
- Ermittlung des Spulenwiderstandes
- Ermittlung der Mindestauslösespannung
- Prüfung von Unterspannungsauslösern

Mit der komfortablen Einbindung in die automatisierte Schaltgeräteprüfung entsteht somit eine Zeit und Kostenersparnis beim Prüfen gegenüber konventionellen Systemen und minimiert den Wartungsaufwand von Schaltgeräten.

### Quellen

BURKHARD, GÜNTER (1985): *Schaltgeräte der Elektrotechnik*. 1. Aufl., Berlin: VEB Verlag Technik

DZIELA, MICHAEL (2002): *Verbesserte Instandhaltung von Hochspannungs-Leistungsschaltern durch Fehleranalyse und Überwachungstechnik*. Aachen: Shaker Verlag

GREMEL, HENNING / KOPATSCH, HENNING (Hrsg.) (2011): *Schaltanlagen Handbuch ABB*. 11. Aufl., Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG

RICHTER, FRANK (2003): *Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Schaltgeräteprüfungen*. In: etz, Heft 15

IEC 62271-100:2008 *High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers (IEC 62271-100:2008)*. Berlin: VDE Verlag GmbH

KoCoS MESSTECHNIK AG, Korbach: [www.kocos.com](http://www.kocos.com)