



Zustandsbewertung von Mittelspannungsleistungsschaltern

Leistungsschalter sind in elektrischen Energiesystemen unverzichtbar. Sie sind die einzigen Betriebsmittel, die nicht nur unter Normlast, sondern auch unter Fehlerbedingungen schalten können und in der Lage sind, einen fehlerhaften Netzabschnitt so schnell wie möglich zuverlässig vom Netz zu trennen. Diese Anforderung müssen Leistungsschalter auch nach längerer Betriebszeit erfüllen können. Ihre Zuverlässigkeit ist entscheidend für die Vermeidung von Folgefehlern im Netz und die Sicherheit der elektrischen Energieversorgung. Typische Prüfungen umfassen Messungen der Schaltzeiten und des statischen Kontaktwiderstandes. Eine weitergehende Zustandsbeurteilung ist möglich, wenn weitere Messungen durchgeführt werden, wie z. B. Bewegungs-/Kontaktwegmessungen oder die Messung der Motorstromsignatur. Bei Leistungsschaltern, die mit einem Unterspannungsauslöser oder einem Überstromauslöser ausgestattet sind, erhöht die Prüfung dieser Merkmale die verfügbaren Informationen, die bei der Zustandsbewertung des Leistungsschalters herangezogen werden können.

1 Mittelspannungs-Leistungsschalter

Während bei alten Mittelspannungs-Leistungsschaltern häufig Öl als Löschmedium verwendet wurde, ist in der heutigen Zeit Vakuum das bevorzugte Medium und wird daher fast ausschließlich eingesetzt. Wesentliche Elemente eines Leistungsschalters sind die Unterbrechereinheit, das mechanische Gestänge und die Antriebsmechanik samt Energiespeicher. Die Energie, die zum Betätigen eines Leistungsschalters benötigt wird, ist hoch und muss innerhalb weniger Millisekunden, also nahezu verzögerungsfrei, zur Verfügung gestellt werden. In den meisten Fällen werden Federn verwendet, weil sie im Vergleich einfach und gleichzeitig sehr zuverlässig sind. Zwei separate Federn ermöglichen die Speicherung der

Energie für den Öffnungs- und Schließvorgang. Um die in den Federn gespeicherte Energie freizugeben, werden zwei Spulen zur Fernsteuerung der Federn benötigt. Die Öffnungsfeder wird während des Einschaltvorgangs des Schalters gespannt, die Schließfeder wird durch einen Motor gespannt.

2 Prüfung von Mittelspannungs-Leistungsschaltern

Das Folgende ist ein Übersicht über die wichtigsten Messverfahren für Mittelspannungs-Leistungsschalter.

2.1 Messungen außerhalb des Betriebs

- **Schaltzeitenmessung:** nach [1] werden Zeitmessungen zur Bestimmung der Schaltzeiten verwendet; diese Messungen gehören zu den am häufigsten durchgeführten Prüfungen. Bei der Schaltzeitenmessung wird eine Widerstands- oder Spannungsschwelle verwendet, um den Zustand der Hauptkontakte zu bestimmen.
- **Statischer Kontaktwiderstand:** Prüft, ob der Widerstand der Hauptkontakte einen verlustarmen Stromfluss zulässt.
- **Dynamischer Kontaktwiderstand:** Zeichnet den Kontaktwiderstand während des Schaltvorgangs auf und liefert Informationen über verschleißbedingte Probleme bei den Haupt- und Lichtbogenkontakten; gleichzeitig werden die Schaltzeiten gemessen.
- **Bewegungsablauf-/Kontaktwegmessung:** Überprüft den Bewegungsmechanismus und die mechanische Verbindung um möglichen mechanischen Verschleiß anzuzeigen.
- **Spulenstrommessung:** Die Stromsignaturkurve der Kommandospulen wird während eines Schaltvorganges bzw. während einer Schaltzeitenmessung aufgezeichnet. Abweichungen zeigen mögliche elektrische oder mechanische Defekte der Auslöse- oder Einschaltkontroll-

Komponenten an. Nach IEC muss die Auslösespule zwischen 70 % und 110 % Nennspannung und die Einschaltspule zwischen 85 % und 110 % Nennspannung funktionieren.

- **Motorstrommessung:** Die Motorstromanalyse erfasst die Einschalt- und Dauerströme sowie die Federladezeit. Nach IEC muss der Motor zwischen 85 % und 110 % Nennspannung funktionieren.
- **Messung der minimalen Anregung:** Bei dieser Prüfung wird die Mindestspannung ermittelt, die nötig ist, um einen Schaltvorgang auszulösen. Außerdem wird das zuverlässige Funktionieren des Leistungsschalters bei geringer Versorgungsspannung geprüft.
- **Unterspannungsauslösungs-Messung:** Ermittelt die Auslösespannung der Unterspannungsspule.
- **Wandlerstromauslösungs-Messung:** Bei der Wandlerstromauslösungs-Prüfung wird der von einem eigenversorgten Überstromschutzrelais stammende Auslösestrom gemessen. Wandlerstromauslöser werden üblicherweise zusammen mit eigengespeisten Überstromschutzrelais verwendet.

2.2 Messungen während des Betriebs

- **First-Trip-Messung:** Die First-Trip-Messung wird durchgeführt, während der Schalter noch in Betrieb ist nachdem dieser längere Zeit in Betrieb war. Es werden Anschlüsse an der Auslösespule und an der Sekundärseite des Stromwandlers vorgenommen. Die Ausschaltzeiten werden durch Überwachung des Sekundärstroms der Stromwandler gemessen.
- **Spannungsbasierte Zeitmessung (Voltage-based timing measurement – VTM):** VTM ist die einzige verfügbare Messmethode, um die Zeit einer Mittelspannungs-GIS zu messen, da deren Hauptkontakte versiegelt sind und nicht erreicht werden können. VTM kann bei allen Leistungsschaltern mit einem Spannungserkennungssystem (Voltage Detection System / VDS) angewendet werden, welches die Hauptspannungen zugänglich macht.

3 Unterspannungsauslöser

3.1 Zweck des Unterspannungsauslösers

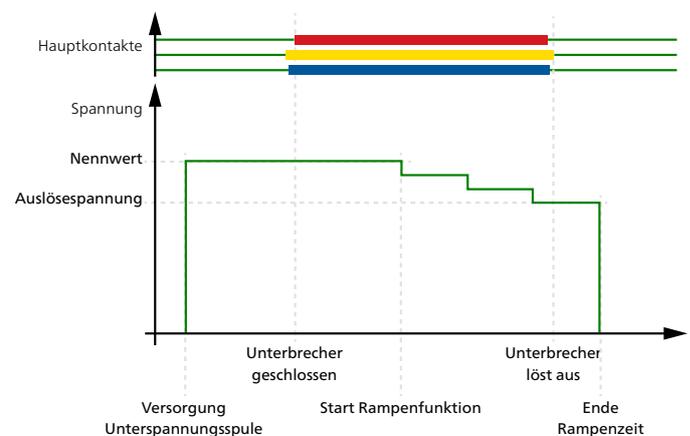
Leistungsschalter sind mit einem Unterspannungsauslöser ausgestattet, wenn das zugehörige Schutzsystem keine Reserveversorgungsspannung hat, d.h. ein Schutzrelais wird z. B. von einer Batterie gespeist, aber die Batteriespannung wird nicht überwacht. Fällt die Batteriespannung unter 70 % ihrer Nennspannung (Details siehe [2]), so dass sie nicht mehr in der Lage ist, das Schutzrelais zu betreiben, würde ein Fehler (z. B. ein Überstrom) nicht mehr entdeckt werden. Unterspannungsauslöser sind häufig in Industrienetzen zu finden, da es eine relativ kostengünstige Lösung ist, um sicherzustellen, dass der Schalter bei einem Batterieausfall geöffnet wird.

Ein Unterspannungsauslöser darf auslösen, wenn die Versorgungsspannung zwischen 35 % und 70 % der Nennspannung beträgt und muss auslösen, wenn die Versorgungsspannung unter 35 % fällt. Außerdem verhindert der Unterspannungsauslöser das Einschalten, wenn der Auslöser ausgelöst hat, d. h. nach dem Öffnen des Leistungsschalters.

3.2 Unterspannungsauslöser-Prüfung

Die Unterspannungsspule wird mit Spannung beaufschlagt, woraufhin der Schalter geschlossen wird. Dann wird die Spannung schrittweise von Nennspannung beginnend heruntergefahren, bis jene Spannungshöhe erreicht ist, bei der der Unterspannungsauslöser auslöst. Dies ist die Auslösespannung. Danach endet die Spannungsrampe.

Abbildung 1



Signal zum Prüfen des Unterspannungsauslösers

4 Wandlerstromauslöser

4.1 Zweck der Wandlerstromauslösung

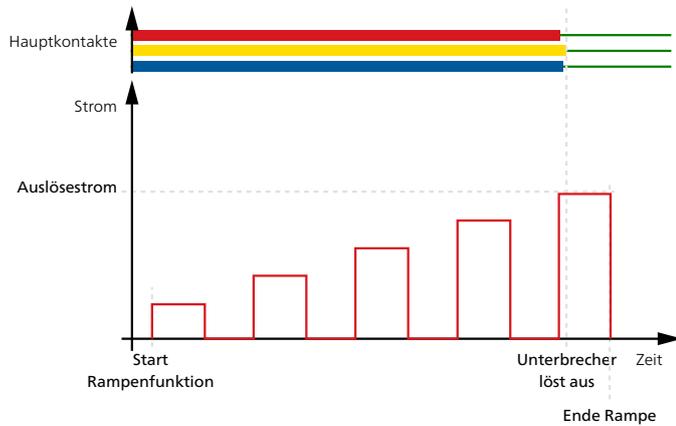
Wandlerstromauslöser werden an Leistungsschaltern in Schaltanlagen eingesetzt, in denen keine netzunabhängige Versorgungsspannung vorhanden ist. Es handelt sich dabei um kostengünstige Anlagen mit einfacher Funktionalität. Oft haben diese keine Fernsteuerungsfunktion und die Schalter haben keine Schließspule. Solche Schaltanlagen sind in Verteilungsnetzen üblich, in denen die nachgelagerte Infrastruktur nicht kritisch ist, wie etwa in Wohngebieten.

Wandlerstromauslöser werden durch einen Strom aktiviert. Der Strom kommt aus dem Auslösetransformator, der normalerweise einen Nennwert von 0,5, 1,0 oder 5 A AC hat. Ein Überstromrelais leitet den Stromfluss vom Auslösetransformator zum Leistungsschalter weiter. Der Auslösetransformator und das Überstromrelais (selbstgespeistes Überstromrelais) werden normalerweise von der Sekundärseite der Stromwandlers gespeist. Im Falle eines Überstroms schaltet das Relais den Strom des Auslösetransformators auf den Leistungsschalter und veranlasst ihn so, die Hauptkontakte zu öffnen und den fehlerhaften Netzteil zu isolieren.

4.2 Prüfen der Wandlerstromauslösung

Bei geschlossenem Schalter wird ein Strom stufenweise hochgefahren, bis der Schalter auslöst. Dies ist der Auslösestrom. Dann endet die Rampe.

Abbildung 2



Signal zum Prüfen des Wandlerstromauslösers

4.3 Andere Bezeichnungen

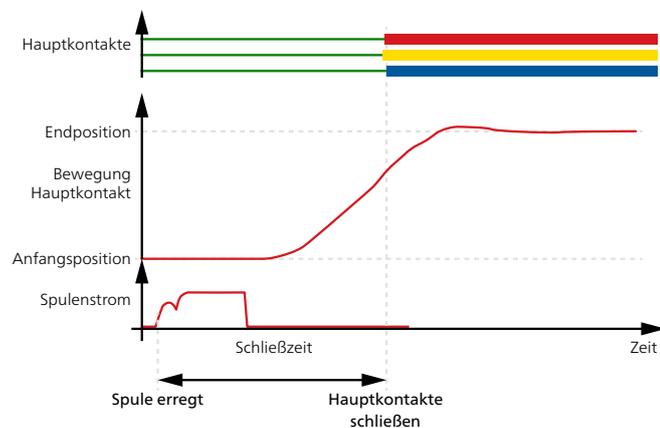
- IEC 62271-100: Sekundärstromauslöser
- ABB, Siemens: Wandlerstromauslöser
- Auch in Verwendung: Indirekter Überstromauslöser

5 Schließzeitberechnung bei Leistungsschaltern ohne Schließspule

Alle Leistungsschalter sollten mindestens eine Öffnungsschaltspule haben, damit Fehler isoliert werden können. Einige alte Leistungsschalter oder Leistungsschalter mit Wandlerstromauslöser haben keine Schließspule. Diese Schalter werden manuell geschlossen.

Nach [1] ist die Schließzeit die Zeit vom Zeitpunkt der Erregung der Schließspule bis zur allpoligen Berührung der Kontakte.

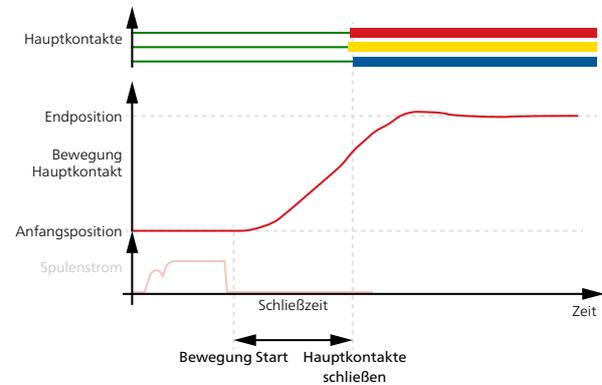
Abbildung 3



Schließzeitberechnung nach [1]; außerhalb des Betriebs

Bei Leistungsschaltern ohne Schließspule kann die Schließzeitberechnung nach IEC-Norm nicht angewendet werden, weshalb ein alternativer Ansatz verwendet werden muss. Die Schließzeit kann gemessen werden, indem die Zeit gemessen wird, welche vom Beginnzeitpunkt der Bewegung der Hauptkontakte des Leistungsschalters bis zur Berührung der Kontakte aller Polen vergeht.

Abbildung 4



Schließzeit mit der Bewegung/Kontaktfahrt als Startreferenz

6 Mehr Informationen

Ausführlichere Informationen zur Prüfung von Mittelspannungs-Leistungsschaltern finden Sie in der Videoserie:

(Nur auf englisch verfügbar)

[Testing MV Breakers with a WEGA interface for In-Service Timing Measurements](#)

[Testing MV Breakers with an Overcurrent Release](#)

[Testing MV Breakers with a SF6 control, Under-voltage Release and Blocking Mechanism](#)

Verweise

1. IEC 62271-100
2. IEC 62271-1:2017

Die Autoren

Siegfried Bernhauser studierte TV- und Filmproduktion an der Donau-Universität Krems, Österreich. Er ist seit mehr als 25 Jahren bei OMICRON electronics in Klaus, Österreich, tätig. Angefangen als technischer Redakteur, setzte er seine Tätigkeit als Marketing-Kommunikationsingenieur mit dem Schwerpunkt Business-to-Business-Kommunikation für Energieversorgungs-Prüfprodukte wie das CMC 356, das CPC 100, den CT Analyzer, das TESTRANO 600, das MPD 800 und den CIBANO 500 fort. Zuletzt konzentrierte er sich auf die Produktion von Videos zur Prüfung von Leistungsschaltern und GIS.

Siegfried.Bernhauser@omicronenergy.com



Ari Tirroniemi studierte angewandte Physik und Elektrotechnik an der Linköping University of Technology, Schweden. Er arbeitet seit mehr als 15 Jahren für OMICRON electronics in Klaus, Österreich, als Firmware-Entwickler und später auch als Projektleiter für Produkte wie DIRANA und CIBANO 500. Derzeit arbeitet er als Anwendungsingenieur mit dem Schwerpunkt Leistungsschalterprüfung.

Ari.Tirroniemi@omicronenergy.com



OMICRON ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Prüf- und Diagnoselösungen für die elektrische Energieversorgung entwickelt und vertreibt. Der Einsatz von OMICRON-Produkten bietet höchste Zuverlässigkeit bei der Zustandsbeurteilung von primär- und sekundärtechnischen Betriebsmitteln. Umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Inbetriebnahme, Prüfung, Diagnose und Schulung runden das Leistungsangebot ab.

Kunden in mehr als 160 Ländern profitieren von der Fähigkeit des Unternehmens, neueste Technologien in Produkte mit überragender Qualität umzusetzen. Servicezentren auf allen Kontinenten bieten zudem ein breites Anwendungswissen und erstklassigen Kundensupport. All dies, zusammen mit einem starken Netz von Vertriebspartnern, ließ OMICRON zu einem Marktführer der elektrischen Energiewirtschaft werden.

Mehr Informationen, eine Übersicht der verfügbaren Literatur und detaillierte Kontaktinformationen unserer weltweiten Niederlassungen finden Sie auf unserer Website.

www.omicronenergy.com