

Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Schaltgeräteprüfungen

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 das erforderliche Expertenwissen, um die aufgenommenen Messdaten und -ergebnisse ausreichend treffsicher zu beurteilen. Umso mehr ist die Prüftechnik gefordert, dem Prüfer Werkzeuge zur automatisierten Durchführung und Auswertung von Prüfungen an die Hand zu geben.

Frank Richter

stimmenden Parameter ermittelt und der Zustand im Inneren des Schaltgeräts beurteilt werden, ohne den Antrieb oder gar die Schaltkammern öffnen zu müssen.

Spezielle Anforderungen an die Hardware: Dynamic Timing

Je nach Bauart und Ausführung eines Schaltgeräts ist eine unterschiedliche An-

Hochspannungsschaltgeräte befinden sich an den Nahtstellen der elektrischen Energieversorgung. An ihre Betriebssicherheit werden daher 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 Schaltgeräts müssen hierbei verschiedene mechanische und elektrische Parameter bestimmt werden. Dazu gehören z. B. Hauptkontaktgeschwindigkeit, -hub und 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 Ampli-



Bild 1. Prüfstation für die Schalterprüfung an Hochspannungsschaltern „ACTAS C16“

tuden 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 Schaltgeräteprüfsysteme 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 synchron zu erfassen. Nur so können alle die Funktionsfähigkeit eines Schaltgeräts be-

zahl analoger und binärer Signale zu messen. So sind die Anforderungen bei der Prüfung eines Mittelspannungsschalters mit nur einer Schaltstrecke je Pol und dreipoligem Federkraftantrieb natürlich wesentlich geringer als bei der Prüfung eines Hochspannungsschalters mit vier Schaltstrecken und einzeipoligem, hydraulischen Antrieb.

Die Prüfeinrichtungen der „ACTAS“-Familie (ACTAS – Advanced Circuit Breaker Test and Analysing System) von der Firma KoCoS Messtechnik AG, Korbach [1] (Bild 1) erlauben durch ihre modulare Bauweise und flexible Prüfsoftware die Adaption an jede denkbare Prüfaufgabe.

Dipl.-Ing. Frank Richter (39), VDE, studierte elektrische Energietechnik an der Universität Kassel. Anschließend war er mehrere Jahre in der Energiewirtschaft tätig. Heute leitet er die Entwicklung bei der KoCoS Messtechnik AG und beschäftigt sich seit mehr als zehn Jahren mit der Schaltgeräteprüftechnik.
E-Mail: frichter@kocos.com



Erfordert eine Prüfung eine spezielle Hardware, so kann diese aus dem „ACTAS“-Modulbaukasten bereitgestellt werden. Als Beispiel sei an dieser Stelle die „Dynamische Zeitmessung“ (Dynamic Timing) genannt, wie sie mit der Gerätevariante „ACTAS P16DYN“ (Bild 2) möglich ist. Dieses Verfahren wird an Hochspannungsleistungsschaltern mit Grafitkontakten angewendet, bei denen übliche Komparator-Messmethoden versagen. Bei solchen Kontaktbauarten besteht das Problem, dass bei der Einschaltung, bedingt durch die verschiedenen Kontaktmaterialien, kein eindeutig digitaler Verlauf des Kontaktwiderstands für die Auswertung zur Verfügung steht. Vielmehr kommt es zufallsbedingt zum Pellen und einem deutlich analogen Verhalten des Widerstandsverlaufs. Eine einfache Ein/Aus-Unterscheidung mit festen Schaltschwellen greift hier nicht. Bei der von „ACTAS“ verwendeten Prüfmethode geschieht die analoge Messung der Kontaktwiderstände über sechs separate Kelvin-Messkreise (Vier-Leiter-Methode) simultan bei einem Mess-Gleichstrom von jeweils 10 A. Die aufgenommenen Messwerte werden anschließend von der Auswertesoftware über einen von der Fa. Siemens [2] homologierten Algorithmus mit einem idealisierten Widerstandsverlauf korreliert und daraus die signifikanten Schaltepunkte gewonnen. Damit bietet „ACTAS P16DYN“ als weltweit einziges Prüfsys-

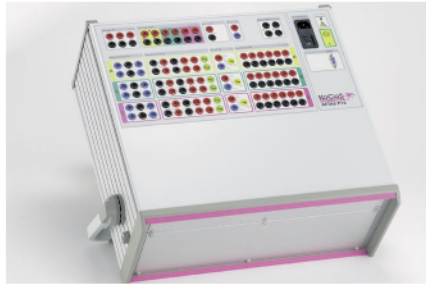


Bild 2. Die Gerätevariante „ACTAS P16DYN“ ermöglicht eine „Dynamische Zeitmessung“ (Dynamic Timing)

tem die Möglichkeit, eine dynamische Zeitmessung an bis zu sechs Schaltkammern gleichzeitig vorzunehmen. Ein unter Sicherheitsaspekten sehr wichtiger Nebeneffekt dieses Prüfverfahrens ist, dass auch während der Prüfung das Schaltgerät auf beiden Seiten geerdet bleiben kann.

Integrale Prüfung

Der Begriff der „integralen Schaltgeräteprüfung“ beinhaltet zwei wesentliche Forderungen:

- Zum einen sollte die Prüftechnik den Lebenslauf eines Schaltgeräts „von der Wiege bis zur Bahre“ lückenlos und jederzeit auf Referenzmessungen rückführbar erfassen. Sämtliche Prüfungen, beginnend von den ersten Versuchen in der Entwicklung, über Dauer-, Typen-, Stück- und Inbetriebnahmeprüfungen

bis zur letzten Revisionsprüfung müssen hierzu unter Anwendung des gleichen Verfahrens erfolgen. Dies betrifft Prüfvorschriften und -verfahren, Prüfhardware und Datenformate. Hierfür bietet KoCoS mit „ACTAS“ eine Palette von Prüfeinrichtungen an, deren Hardware optimal für den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt ist. Alle Prüfeinrichtungen werden mit derselben Software parametrisiert und bedient. Aufzeichnungen aus Prüfeinrichtungen anderer Hersteller können über verschiedene Softwareschnittstellen importiert werden. In gleicher Weise lassen sich natürlich auch die mit „ACTAS“ erfassten Daten zur Weiterbearbeitung und -analyse in unterschiedliche Formate exportieren.

- Alle zur Beurteilung der Funktionstüchtigkeit benötigten Messwerte und Parameter sollten innerhalb eines einzigen Prüfdurchlaufs zu ermitteln sein. Als Anforderung an die Prüfeinrichtung ergibt sich hieraus, dass alle Signale zugleich angeschlossen und erfasst werden müssen. Die Prüfeinrichtung muss demnach sowohl über eine entsprechende Anzahl von analogen Ein- und Ausgängen als auch über eine ausreichende Datenspeicherkapazität verfügen. Dies gewinnt besonders vor dem Hintergrund Gewicht, dass je nach Antriebskonzept ein typischer Schaltvorgang mit allen nachfolgen-

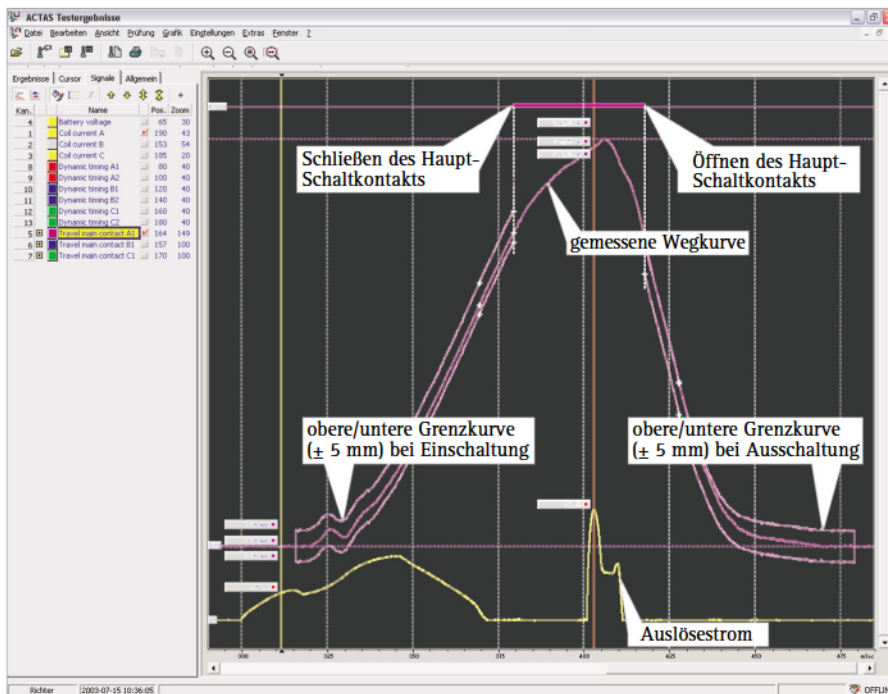


Bild 3. Gemessene Signalverläufe können durch die Software automatisch ausgewertet werden

den Vorgängen (Federaufzug, Nachpumpen des Antriebsdrucks etc.) bis zu 60 s dauern kann und mit bis zu 0,1 ms aufgelöst werden muss. In gleicher Weise ist es auch auf Seiten der Auswertung nicht ausreichend, einzelne Parameter für sich allein zu betrachten, da sich verschiedene Parameter auch gegenseitig beeinflussen. So kann z. B. ein zu klein eingestellter Kontakteingriff der Hauptkontakte eine geringere Einschaltzeit zur Folge haben. Dieser Parameter würde an sich positiv bewertet, wäre in diesem Fall aber das Resultat einer Fehljustage. Nur die simultane Messung von Schließzeit und Kontaktbewegung schützt hier vor Fehlinterpretationen.

Automatisierung der Auswertung: Bezugskennlinien

Die umfassende Auswertung der aufgezeichneten Messungen erfolgt bei „ACTAS“, wie bei modernen Prüfsystemen üblich, über eine nachgeschaltete Software mit Expertenfunktionalität. Hier stellt sich die Aufgabe, die Beurteilung der aufgenommenen Daten vollautomatisch, zuverlässig und mit hoher Aussagekraft vorzunehmen. Im Allgemeinen geschieht die Beurteilung einzelner Parameter anhand hinterlegter Grenzwerte, von denen die meisten konstruktiv bedingt sind. Da verschiedene Parameter sich aber auch gegenseitig bedingen, greift diese Methode nicht immer. Viel-

mehr muss in solchen Fällen eine Balance aller beeinflussten Parameter gefunden werden. Hierzu bietet sich der Vergleich gemessener Signalverläufe mit Bezugskennlinien an. Der Ansatz ist hierbei, dass, wenn sich alle gemessenen Signalverläufe vollständig innerhalb eines festgelegten Toleranzbandes um die Bezugskennlinie befinden, auch alle bestimmten Parameter innerhalb der definierten Grenzen liegen.

IEC 62271-100:2003-05 [3] fordert dieses Verfahren zur Beurteilung des mechanischen Verhaltens von Hochspannungs-Leistungsschaltern. Die zur Beurteilung gemessener Kurven heranzuziehenden Bezugskennlinien sollen beispielsweise im Rahmen der Typenprüfung gewonnen werden. Die Definition und Auswertung der Bezugskennlinien kann rein digital erfolgen: Die früher üblichen analogen Schnell- oder Lichtschreiber sind längst durch digitale Echtzeit-Prüfsysteme abgelöst worden, und die dynamische Aufnahme der mechanischen Bewegung über analoge oder inkrementale Potentiometer gehört heute zum Standard-Prüfumfang.

Da alle benötigten Informationen digital vorliegen, kann die Auswertung gemessener Signalverläufe automatisch durch die Software bewerkstelligt werden (Bild 3). Hierbei wird gemäß der Norm geprüft, ob die gemessenen Wegverläufe zu keinem Zeitpunkt außerhalb der durch die Bezugskennlinie und die Toleranzan-

gaben definierten Grenzkurven liegen. Die Grenzkurven sind durch einfache Toleranzvektoren bezogen auf die Bezugskennlinie, wie z. B. ± 2 mm absolut oder ± 5 % des statischen Kontakthubs, definiert. Bezugskennlinien und gemessene Signale werden im Allgemeinen über die Schaltzeitpunkte der Hauptkontakte auf der Zeitachse synchronisiert.

Die aktuelle Version der „ACTAS“-Auswertesoftware unterstützt die in der IEC 62271-100:2003-05 [3] geforderte Erzeugung und Anwendung von Bezugskennlinien vollständig. Die Vorgabe der Norm wurde noch dahingehend erweitert, dass neben den Weg-Zeit-Kurven auch beliebige andere Signale wie z. B. auch Spulenströme oder Ventildrücke (bei Leistungsschaltern mit pneumatischen Antrieben) mit Bezugskennlinie versehen werden können. Auf diese Weise ist es erstmals möglich, beliebige Signale, die durch Einzelparameter wie Amplitude oder Dauer nur unzureichend zu charakterisieren sind, einer präzisen und treffsicheren Beurteilung zu unterziehen.

Da die Bezugskennlinien auch aus Fremdsystemen stammen oder als idealisierte Kurven vorliegen können, unterstützt „ACTAS“ den Import der Kennlinien über eine universelle ASCII-Schnittstelle. Idealisierte Kennlinien lassen sich somit beispielsweise in MS-Excel mit nur wenigen Stützpunkten konstruieren und dann in „ACTAS“ importieren. Selbstverständlich können auch beliebige, zuvor mit „ACTAS“ gemessene Signale als Bezugskennlinie definiert werden. Dies ist besonders vor dem Hintergrund, dass „ACTAS“ eine umfassende Lösung zur Schaltgeräteprüfung von der Entwicklung über die Fabrikendprüfung bis zur Nachprüfung im Feld bietet, von hohem Wert: Die in der Entwicklung aufgenommenen Messungen können bereits vom Hersteller selbst in den Prüfplänen für Folgeprüfungen als Bezugskennlinien hinterlegt werden. Führende Schaltgerätehersteller wie ABB [4], Alstom [5] und Siemens setzen heute in allen genannten Bereichen auf „ACTAS“.

Literatur

- [1] KoCoS Messtechnik AG, Korbach: www.kocos.com
- [2] Siemens AG, Erlangen: www.siemens.com
- [3] IEC 62271-100:2003-05 High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers. Genf/Schweiz: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale
- [4] ABB, Ladenburg: www.abb.com
- [5] Alstom, Frankfurt/M.: www.alstom.de