

Effektives und sicheres Prüfen von GIS-Schaltgeräten

Schaltzeitenbestimmung an Mittel- und Hochspannungs GIS-Schaltanlagen

Christian Studen M.Sc., Produkt Manager, KoCoS Messtechnik AG, Korbach, Germany

Zur vollständigen Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Mittel- und Hochspannungsschaltern müssen verschiedene mechanische und elektrische Parameter geprüft werden. Insbesondere gasisolierte Schaltgeräte stellen den Prüfer dabei vor besondere Herausforderungen, unter anderem beim Anschluss des Prüfequipments. Prüfsysteme müssen in der heutigen Zeit, in der immer mehr auf eine nicht invasive Art geprüft wird, eine gewisse Flexibilität und Breite an Prüfmöglichkeiten mit sich bringen.

Passive Schaltzeitenbestimmung bei gasisolierten Mittelspannungsschaltanlagen

In der Regel werden an Mittelspannungsschaltern die Schaltereigenzeit sowie die Kontaktwiderstände gemessen. Teilweise werden aber auch entsprechende Wegverläufe mit aufgezeichnet, um Rückschlüsse auf den Zustand des gesamten Schalters zu erhalten. Der Anschluss der Schaltzeitenmessleitungen erfolgt hier direkt an den Hauptkontakten oder an gut zugänglichen Punkten wie Sammelschienen. Bei gasisolierten Mittelspannungsanlagen gibt es jedoch kaum Möglichkeiten, die Schaltzeitenmessleitungen an den Hauptkontakten der Leistungsschalter anzubringen. Der Anschluss könnte, wenn überhaupt, über Reservefelder oder andere Komponenten erfolgen. Befindet sich die Anlage gerade im Aufbau und es sollen erste Prüfungen durchgeführt werden, gibt es meist Mittel und Wege, die Messungen auf herkömmliche Weise durchzuführen. Ist die Anlage jedoch in Betrieb und es sind Revisionsmessungen durchzuführen, stehen Aufwand und Nutzen in keinem Verhältnis. Es ist ein sehr hoher zeitlicher Aufwand für die Planung und auch für die Durchführung erforderlich, was das herkömmliche Messverfahren in gasisolierten Mittelspannungsschaltanlagen schlichtweg unwirtschaftlich macht.

KoCoS bietet mit einem Messverfahren unter Verwendung der Schaltgeräteprüfsysteme ACTAS und externen Sensoren die Möglichkeit, diese Art von Anlagen mit einem vertretbaren Aufwand zu prüfen. Da die Anlage nicht freigeschaltet werden muss, ist das Messverfahren sogar weniger zeitaufwendig als das Prüfen einer nicht gasisolierten Mittelspannungsschaltanlage mit den herkömmlichen Messverfahren. Zur Messung der Schaltzeiten wird das in den Anlagen verbaute VDS (Voltage Detection System) genutzt. Das sind kapazitive Messpunkte für Spannungsanzeiger oder integrierte kapazitive Spannungsanzeiger nach VDE 0682-415 bzw. IEC 61243-5. Sollten keine Spannungswandler verbaut sein, sind diese Messpunkte die einzige und sichere Möglichkeit, eine Verbindung zu den Hauptkontakten der Leistungsschalter herzustellen.

Die kapazitiven Messpunkte können direkt an die dafür vorgesehenen analogen Messeingänge des ACTAS-Prüfsystems angeschlossen werden, ohne weitere Messkomponenten zwischenschalten. Über die kapazitiven Messpunkte wird der dreiphasige Sinusverlauf der Spannungen gemessen. Wird der Leistungsschalter über die Leitwarte geschaltet, wird der Spannungsabrisse auf dem ACTAS-Prüfsystem angezeigt. Um jedoch auch eine Schaltzeit ermitteln zu können, werden Stromzangen verwendet und an den Ein- und Ausspulen angebracht. Über im Prüfsystem einstellbare externe Triggersignale kann die Aufzeichnung der Messwerte sowie eine entsprechende Auswertung angestoßen werden. Externe Trigger können in ACTAS auf beliebige Signale gesetzt werden, dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um einzelne, binäre oder analoge Signale oder um Signalgruppen handelt. Die Auswertung der Schaltzeit erfolgt in ACTAS vollautomatisch. Es muss kein Cursor gesetzt werden, um die Schaltzeiten manuell auszuwerten und händisch einzutragen.

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

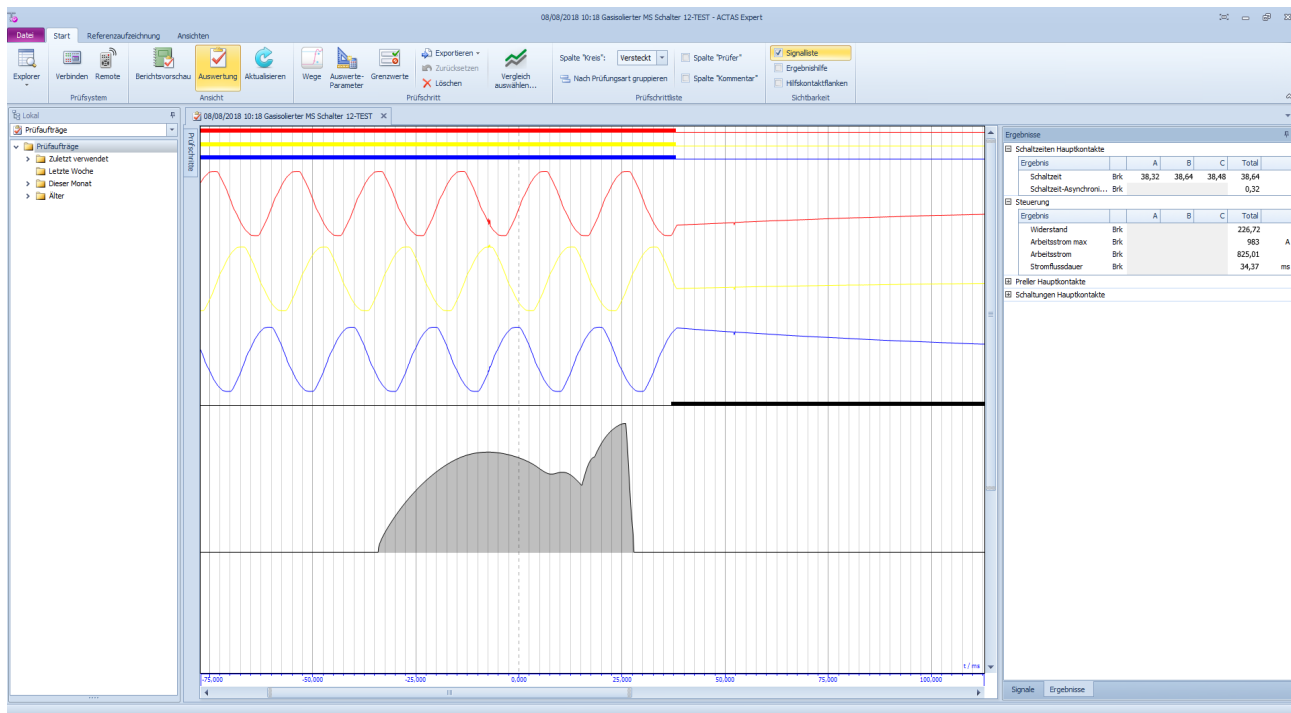


Bild 1: Auswertung einer Messung an einer gasisolierten Mittelspannungsanlage über VDS. Der Sinusverlauf zeigt die über das VDS gemessene Spannung. Darüber werden die daraus resultierenden Binärsignale der Hauptkontakte dargestellt, darunter der Spulenstrom. Die Messung wurde über ein externes Trigger-signal auf den Spulenstrom ausgelöst.

Für den Anschluss externer Sensoren bietet das Prüfsystem ACTAS P360 insgesamt neun Sensoranschlussbuchsen, an denen Stromzangen sowie Druck- und Wegsensoren angeschlossen werden können. Durch eine Doppelfunktion der Sensoranschlüsse können analoge und auch digitale bzw. inkrementale Sensoren an denselben Buchsen angeschlossen werden. Somit ist es möglich, den Spulenstrom für Ein- und Ausspule sowie die Ströme der in gasisolierten Mittelspannungsanlagen verbauten Antriebe wie Trenner und Erder gleichzeitig aufzuzeichnen und zu analysieren. Dazu werden nur das Prüfsystem und die entsprechenden Stromzangen benötigt, weitere Komponenten sind nicht erforderlich. Auch die Auswertung bzw. Ergebnisberechnung erfolgt automatisch, was ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von ACTAS gegenüber anderen Prüfsystemen darstellt.

Schaltzeitenbestimmung bei gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen unter beidseitiger Erdung

GIS-Hochspannungsschaltanlagen befinden sich an vielen Knotenpunkten in unserem Spannungsnetz, als dreiphasig oder einphasig gekapselte Schaltfelder. Hochspannungsschaltanlagen bestehen aus mehreren Komponenten und können, je nach benötigter Funktion, unterschiedlich aufgebaut sein. Sie beinhalten Bauteile wie Stromwandler, Trenner, Erder, Leistungsschalter

usw. Gegenüber AIS-Schaltanlagen bringen sie einige Vorteile wie einen geringeren Platzbedarf, eine höhere Personensicherheit, eine höhere Lebensdauer und eine höhere Verfügbarkeit mit sich. Nachteile gegenüber AIS-Schaltanlagen zeigen sich jedoch bei der Wartung, da einzelne Komponenten sehr schwer zugänglich sind. Die Messungen, wie beispielsweise die Messung der Schaltereigenzeiten und des Widerstandes der Unterbrechereinheiten des Leistungsschalters, gestalten sich eher schwierig, denn grundsätzlich gilt die Anforderung, dass in Hochspannungsanlagen alle Teile geerdet werden müssen, an denen gearbeitet wird.

Bei Freiluft-Schaltanlagen stellt die Messung mit beidseitiger Erdung in der Regel kein großes Problem dar, KoCoS setzt hier mit „Dynamic Timing“ auf die Kombination des Schaltgeräteprüfsystems ACTAS mit den Widerstandsmessgeräten PROMET. Aus der DIN VDE0105-100 bzw. EN50110-1 ist jedoch ersichtlich, dass auch eine GIS-Schaltanlage unter beidseitiger Erdung zu messen ist. Die Problematik, die besonders bei GIS-Schaltanlagen zum Tragen kommt, ist der sehr geringe Erdungswiderstand, der sich aus der Kapselung der gesamten Schaltanlage in einem Metallgehäuse ergibt. Somit ist es nur schwer möglich, eine Zustandsbewertung der Schaltanlage mit gewöhnlichen Messmitteln durchzuführen.

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

Zur Beurteilung der unterschiedlichen Messverfahren werden die folgenden Messungen verglichen:

- Konventionelle Messung unter einseitiger Erdung
- Dynamic Timing-Verfahren unter einseitiger Erdung
- GIS Timing-Verfahren unter beidseitiger Erdung bei einphasig und dreiphasig gekapselten GIS-Schaltanlagen

Konventionelle Messung

Bei der konventionellen Messung wird über die Hauptkontakteingänge des ACTAS geprüft, wann der Schalter zeitlich entsprechend in Ein- oder Ausposition ist. Dieses Verfahren wird in der Regel bei Mittelspannungsschaltern oder Leistungsschaltern ohne Abbrandkontakt angewendet. Aus der konventionellen Messung ist ersichtlich, dass der Leistungsschalter eine Eigenzeit von ca. 50 ms für die Einschaltung und ca. 25 ms für die Ausschaltung hat.

Dynamic Timing unter einseitiger Erdung

Bei Leistungsschaltern mit Abbrandkontakt wird das Dynamic Timing-Verfahren unter einseitiger Erdung angewendet. Gemessen wird dabei mit einer Kombination aus Schaltgeräteprüfsystem ACTAS und Widerstands-

messgerät PROMET. Beide Systeme können für sich allein „Stand Alone“ verwendet werden. Es ist jedoch auch möglich, die Widerstandsmessgeräte über ACTAS zu steuern. PROMET arbeitet hier quasi als Hauptkontaktmessleitung für das Dynamic Timing-Verfahren. Durch den dabei getriebenen Strom und den zurückgemessenen Spannungsfall an der Unterbrechereinheit eines Leistungsschalters kann eine sehr detaillierte Zustandsbewertung der Unterbrechereinheit erfolgen.

Beim Dynamic Timing-Verfahren (Bild 3 und 4) stimmen die Ergebnisse mit denen einer konventionellen Schaltereigenzeitmessung (Bild 2) bis auf ein paar Stellen hinter dem Komma überein. Der große Vorteil, den dieses Verfahren gegenüber der konventionellen Messung bietet, ist eine detailliertere Zustandsbewertung der Unterbrechereinheit anhand der Aufzeichnungen. Mit dem Dynamic Timing-Verfahren sind die einzelnen Bereiche der Kontaktstrecke sehr gut darstellbar. Über zusätzlich angeschlossene Wegsignale kann somit zum Beispiel die Länge des Abbrandkontaktes gemessen werden, ohne die Schaltrohre öffnen zu müssen.

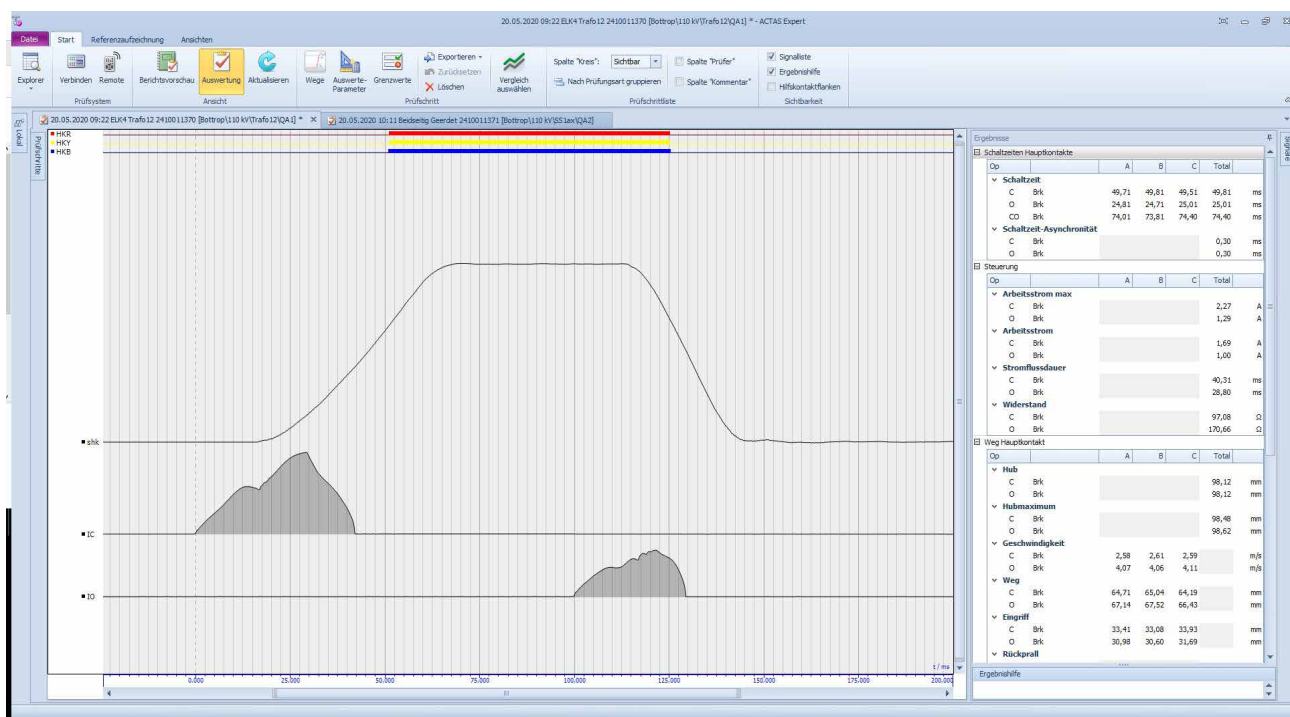


Bild 2: Konventionelle Messung einer einphasig gekapselten GIS-Schaltanlage, einseitig geerdet, mit ACTAS P360, CO-Schaltsequenz

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

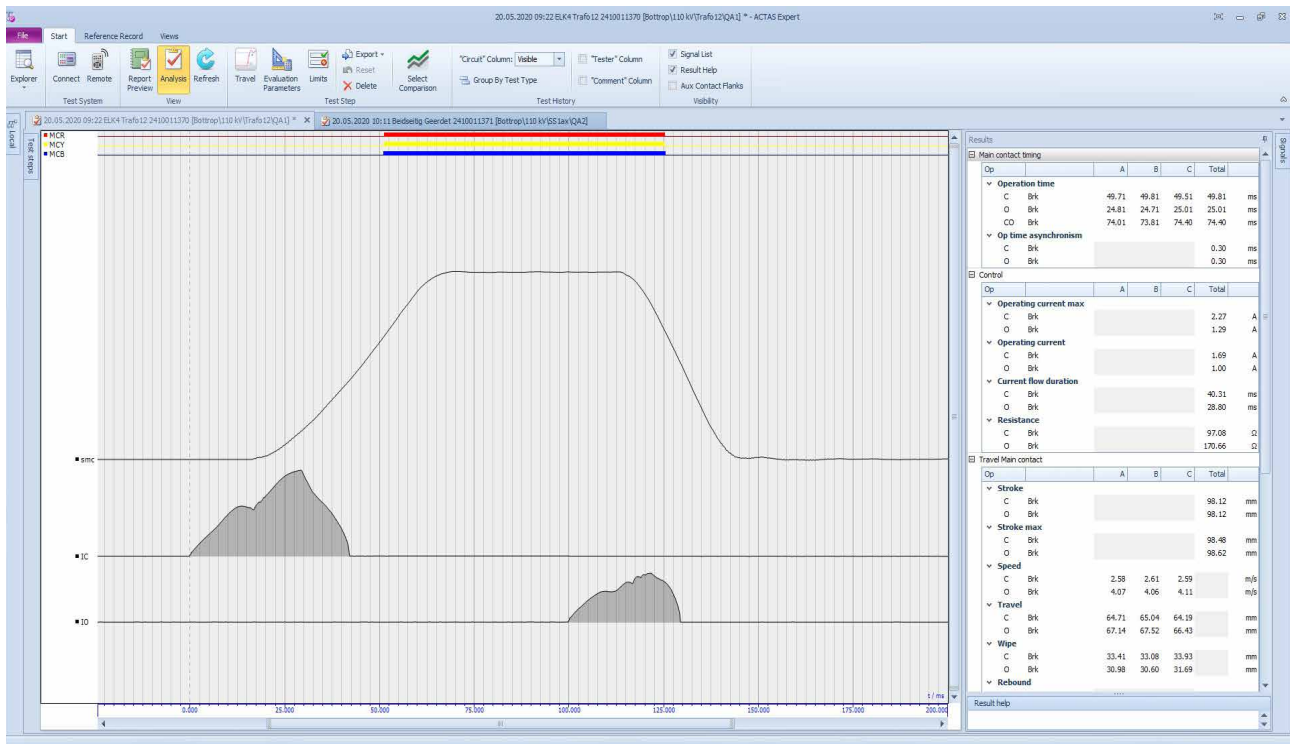


Bild 3: Dynamic Timing-Messung einer einphasig gekapselten GIS-Schaltanlage, einseitig geerdet, mit ACTAS P360 und 3 PROMET L100, O-Schaltsequenz

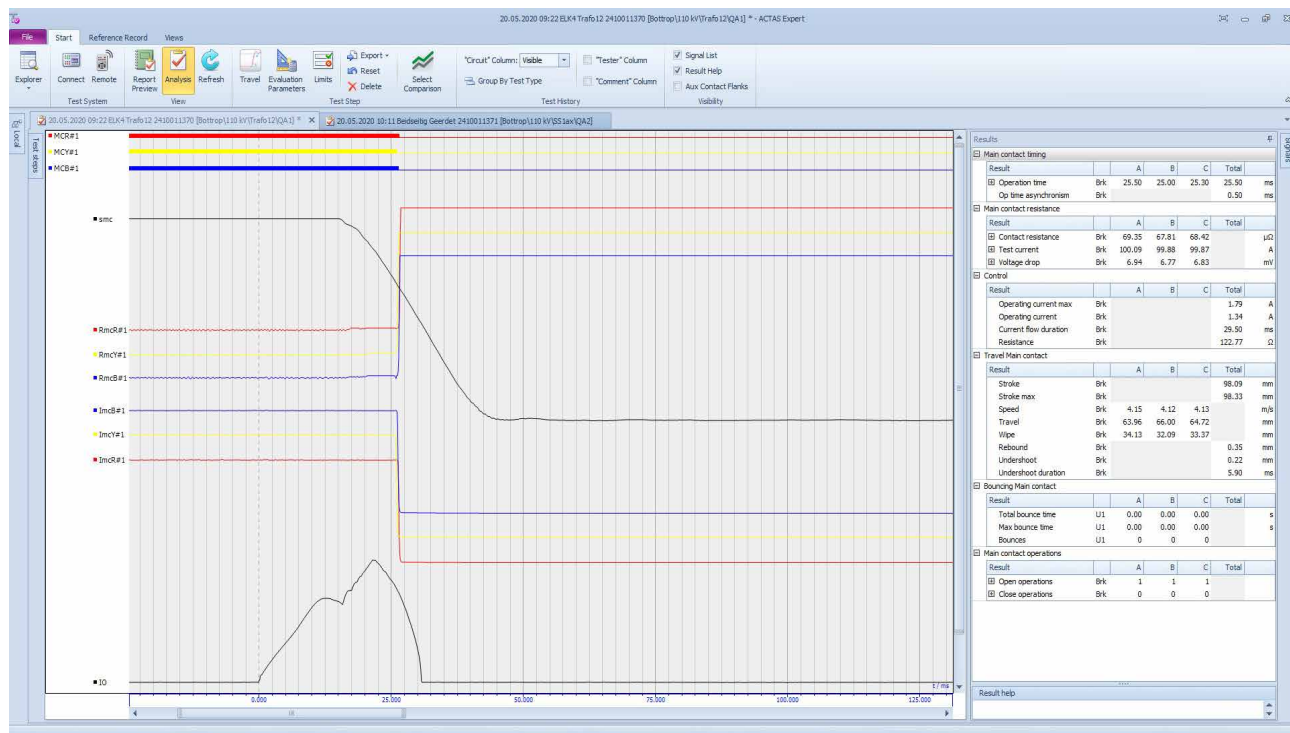


Bild 4: Dynamic Timing-Messung einer einphasig gekapselten GIS-Schaltanlage, einseitig geerdet, mit ACTAS P360 und 3 PROMET L100, C-Schaltsequenz

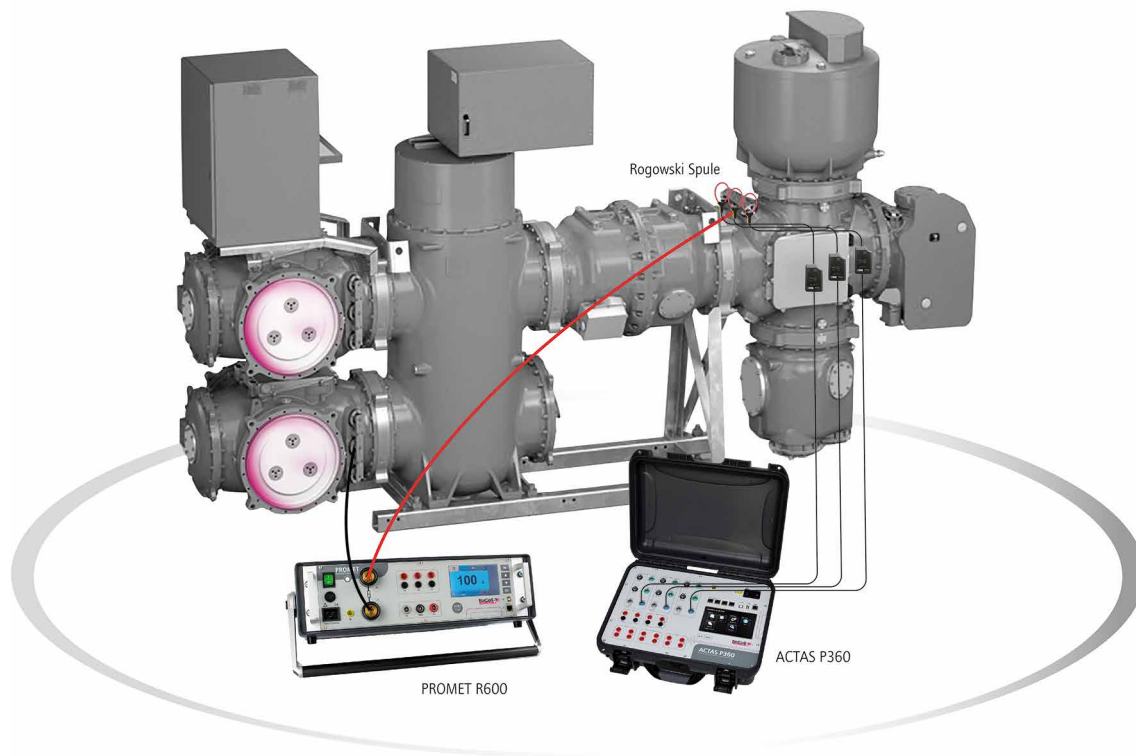


Bild 5: Messung an dreiphasig gekapselter GIS-Schaltanlage mit ACTAS P360, PROMET R600 und Rogowskispulen am isolierten Erder

GIS Timing unter beidseitiger Erdung

Zur Prüfung beidseitig geerdeter GIS-Anlagen kann das Dynamic Timing-Verfahren, wie es bei beidseitig geerdeten AIS-Schaltgeräten genutzt wird, nicht 1 zu 1 verwendet werden. Es ist nicht möglich, die richtige Schaltzeit des in der GIS-Schaltanlage integrierten Leistungsschalters zu messen. Durch die oben genannten in GIS-Schaltanlagen verbauten Komponenten, wie zum Beispiel Stromwandler, kommt es zu Messverzögerungen. Je nach Schaltsequenz enthält das Ergebnis entsprechend schnellere Schaltzeiten bei der Ausschaltung oder langsamere Schaltzeiten bei der Einschaltung. Um korrekte Schaltzeiten messen zu können, setzt KoCoS hier auf das GIS Timing-Verfahren. Die GIS-Schaltanlage muss für dieses Messverfahren über mindestens einen nach außen geführten isolierten Erder verfügen. Wieder werden PROMET-Widerstandsmessgeräte eingesetzt, die je nach Ausführung Stromausgaben bis 600 A generieren. Auch hier werden die Widerstandsmessgeräte durch ACTAS gesteuert.

Die Widerstandsmessgeräte dienen hier allerdings nur als Stromquellen und nicht als eigentliche Messinstrumente. Um Messwerte zu erhalten, werden zusätzlich zu den Widerstandsmessgeräten und ACTAS speziell für KoCoS entwickelte Stromsensoren in Form von Rogowski-Spulen eingesetzt, die flexibel am isolierten Erder angebracht werden können. Über die während des Schaltvorgangs gemessenen Stromverläufe im isolierten Erder können die Schaltzeiten beim Öffnen und Schließen der verschiedenen Schaltsequenzen des Leistungsschalters bestimmt werden. Diese Methode hat einen großen Sicherheitsvorteil und bietet trotzdem die Möglichkeit, die GIS-Anlage durch Messergebnisse und entsprechend aufgezeichnete Messsignale zu bewerten.

Einphasig gekapselte GIS-Schaltanlage unter beidseitiger Erdung

Zur Messung von einphasig gekapselten GIS-Anlagen besteht die Möglichkeit, verschiedene PROMET-Widerstandsmessgeräte und ACTAS-Prüfsysteme zu kombinieren. Die verschiedenen PROMET-Varianten unterschei-

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

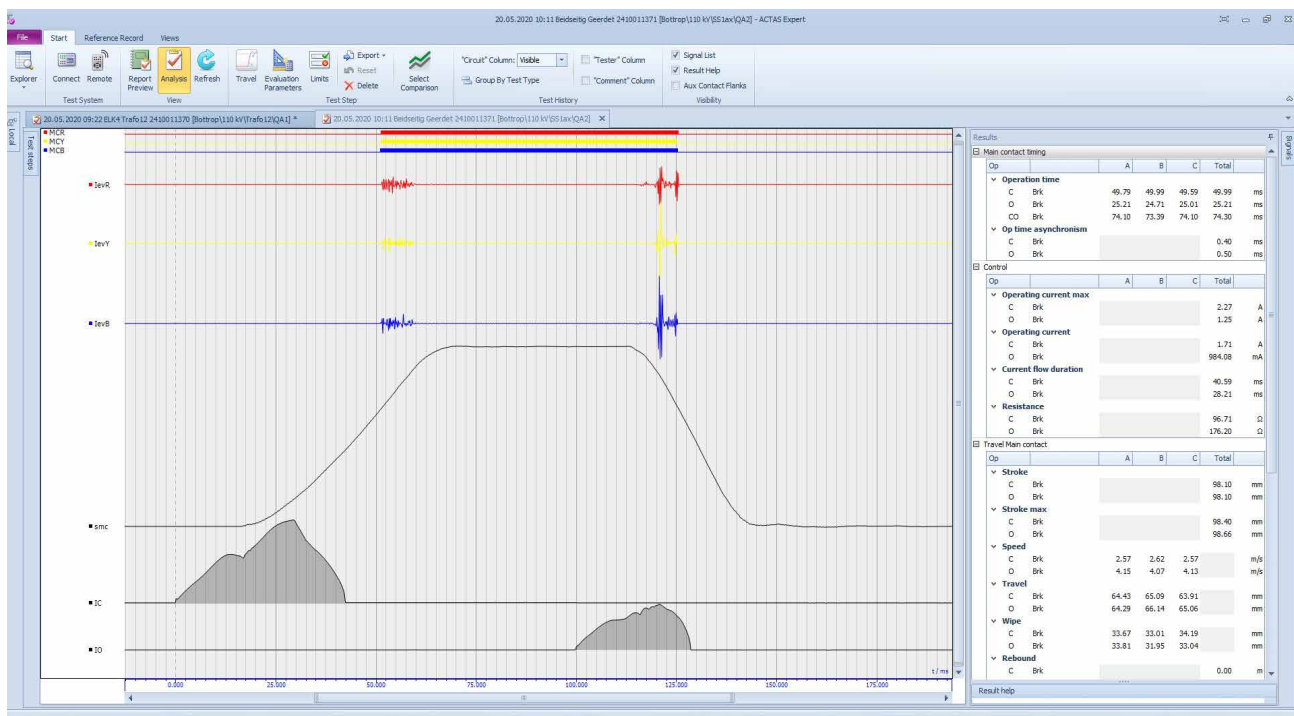


Bild 6: Einphasig gekapselte GIS-Schaltanlage, beidseitig geerdet, mit ACTAS P360 und 3 PROMET L100, CO-Schaltsequenz

den sich im Wesentlichen in ihrem Aufbau und in der Höhe der Stromausgabe. PROMET L100 sowie PROMET SE sind batteriebetriebene Geräte mit einer Stromausgabe von 100 A bzw. 200 A. Bei einer einphasig gekapselten GIS-Schaltanlage empfiehlt es sich daher, drei dieser Geräte parallel am isolierten Erder und am Gehäuse anzuschließen. Oder noch besser, falls die Schaltanlage darüber verfügt, beidseitig am isolierten Erder. Bei Verwendung von PROMET R300 oder R600 mit einer Stromausgabe von bis zu 600 A sollten auch wieder 3 Geräte parallel am isolierten Erder der GIS-Schaltanlage angeschlossen werden.

Beim Vergleich der Schaltzeiten der GIS Timing-Messung mit denen der konventionellen und der Dynamic Timing-Messung ist direkt erkennbar, dass die Schaltzeiten, bis auf ein paar Stellen hinter dem Komma, gleich sind. Stellt man die Messverfahren Dynamic Timing und GIS Timing gegenüber, wird deutlich, dass es auch beim Messen über Rogowskispulen möglich ist, beispielsweise die Länge des Abbrandkontaktes auszumessen. Das Messverfahren bringt also genauso wie das Dynamic Timing-Verfahren Vorteile gegenüber dem konventionellen Messen mit sich. Und das nicht nur in Punkto Sicherheit sondern auch bei den Möglichkeiten zur detaillierten Analyse.

Dreiphasig gekapselte GIS-Schaltanlage unter beid-

seitiger Erdung

Zur Messung von dreiphasig gekapselten GIS-Anlagen besteht ebenfalls die Möglichkeit, verschiedene Widerstandsmessgeräte mit einem ACTAS-Prüfsystem zu kombinieren. Der einzige Unterschied zur einphasig gekapselten GIS-Schaltanlage ist, dass nur ein PROMET R300 oder R600 erforderlich ist. Der Prüfstrom teilt sich parallel auf die 3 Schaltkammern und das Gehäuse der GIS-Schaltanlage auf. Durch die höhere Stromausgabe von 300 bzw. 600 A wird eine Stromhöhe in den Unterbrechereinheiten erreicht, die eine Schaltzeitenermittlung durch Rogowski-Spulen ermöglicht. Es empfiehlt sich, die Stromkabel des PROMET jeweils an Pol B anzubringen, weil so die Stromverteilung am gleichmäßigsten stattfindet. Eine gewisse Ungleichmäßigkeit bleibt allerdings, was in den aufgenommenen Messdaten durch einen größeren Ausschlag des Auswertesignals an Pol B angezeigt wird.

Messverfahren bei GIS-Schaltanlagen ohne isolierten Erder

Bei GIS-Schaltanlagen, die über keinen isolierten Erder verfügen, besteht die Möglichkeit, eine Messung über das First Trip-Messverfahren durchzuführen. Hierzu bietet KoCoS den First Trip-Prüfmonitor an, mit dem nicht nur das erste Öffnen des Schalters aufgezeichnet werden kann, sondern auch andere Schaltsequenzen zeitlich er-

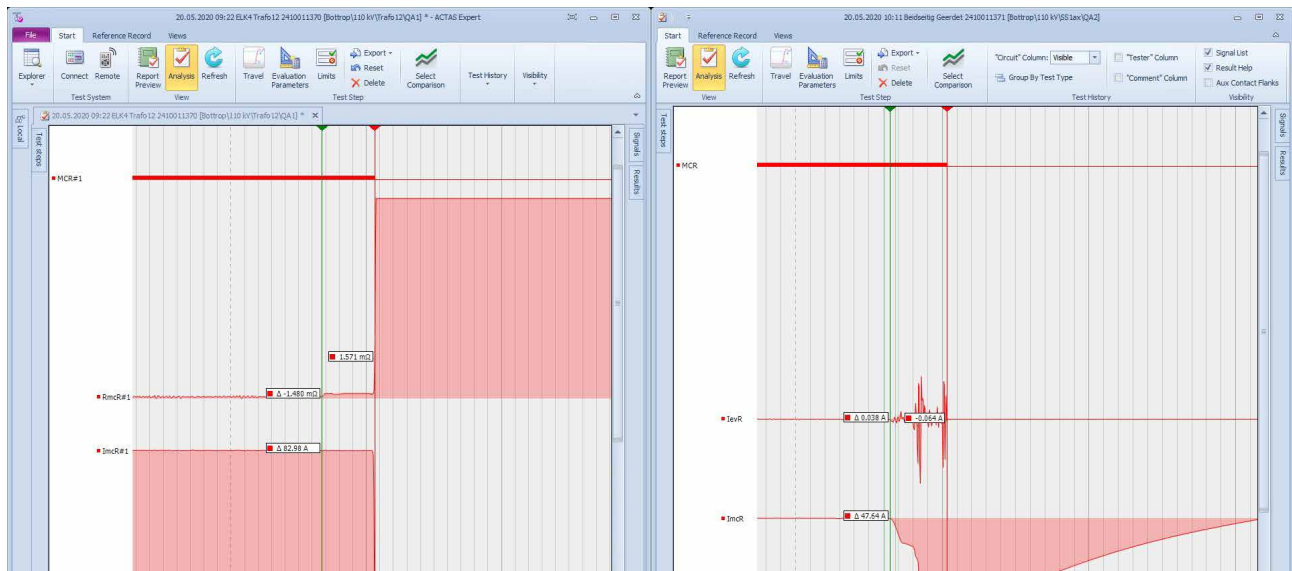


Bild 7: Einphasig gekapselte GIS-Schaltanlage beidseitig geerdet, O-Schaltsequenz mit ACTAS P360 und 3 PROMET L100, Pol A im Vergleich (links Dynamic Timing / rechts GIS Timing)

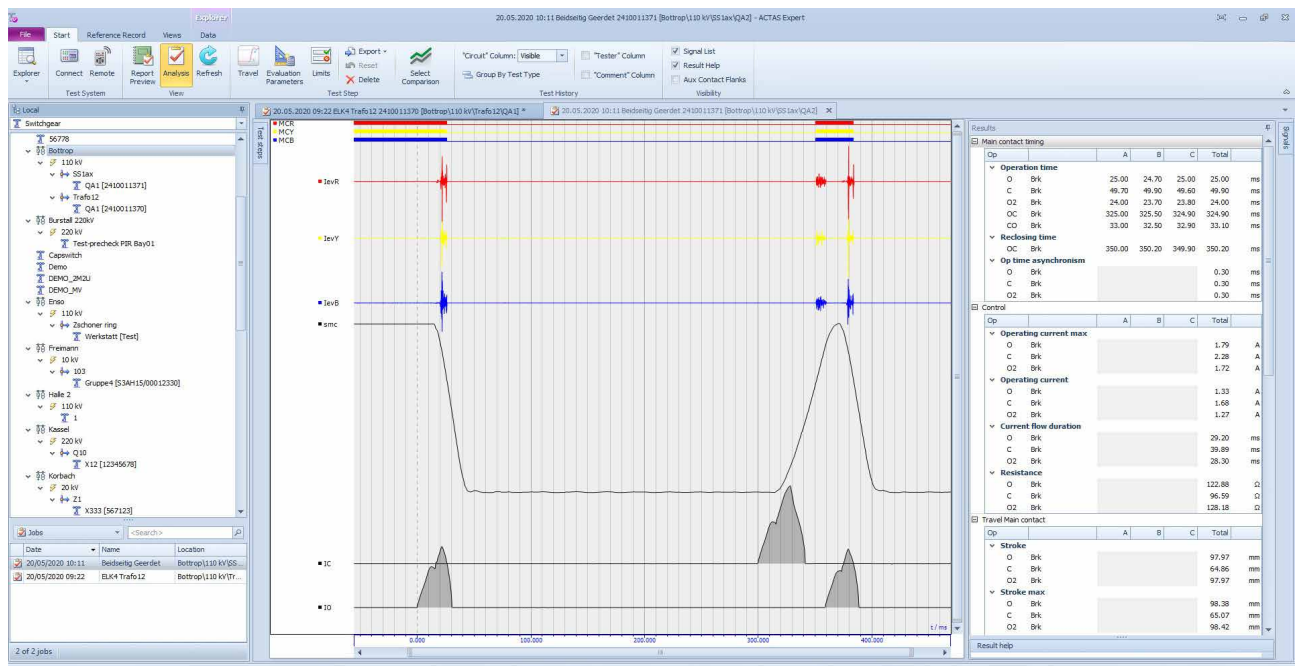


Bild 8: Dreiphasig gekapselte GIS-Schaltanlage, beidseitig geerdet, OCO-Schaltsequenz mit ACTAS P360 und PROMET R600

SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

mittelt werden können. Beim Frist Trip-Verfahren werden Stromzangen an der Sekundärseite der Stromwandler des Leistungsschalters angeschlossen. Über den gemessenen Sinusverlauf des Stromes über jede Phase kann je nach Schaltfolge die entsprechende Schaltzeit gemessen werden. Um den Nullpunkt der Schaltzeit festzulegen, werden die Spulenströme ebenfalls über Stromzangen gemessen. Auf den Spulenstromwert kann dann entsprechend getriggert werden. Hierzu sind externe Trigger im Prüfsystem einstellbar, sowohl für Binärsignale und deren Flankenwechsel als auch über Analogsignale mit einem einstellbaren Schwellwert, der je nach Schaltung über- oder unterschritten werden muss.

Schlusswort

Abschließend bleibt festzuhalten, dass durch den Einsatz von Rogowski-Spulen flexible, effektive Prüfungen an GIS-Schaltgeräten möglich sind, die vor allem das nötige Maß an Sicherheit garantieren, da alle Bauteile unter beidseitiger Erdung bleiben können. Aber nicht nur die Sicherheitsaspekte spielen hier eine Rolle, auch die wirtschaftliche Anforderung, in kürzerer Zeit effektiver zu prüfen, ist ein großer Vorteil, den dieses Messverfahren mit sich bringt.

Schrifttum:

- [1] Richter, F.: Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Schaltgeräteprüfungen, ETZ, Heft 15 (2003)
- [2] FKH-/VSE – Fachtagung 05.November 2010 ETH Zürich „Gekapselte gasisolierte Schaltanlagen (GIS)“ (2010)
- [3] Dreier, J.: Überprüfung und Beurteilung von Motoren und Auslösespulen an Schaltgeräten
Netzpraxis, Jg.54 Heft 6 (2015)
- [4] Studen, C.: Schaltgeräte zeit- und kostensparend prüfen
Netzpraxis, Heft 9 (2017)
- [5] IEC 62271-100
High-voltage switchgear and controlgear – Part 100 2008
- [6] DIN VDE0105-100 / EN50110-1
Betrieb von elektrischen Anlagen 2013
- [7] VDE 0682-415 / IEC 61243-5
Arbeiten unter Spannung - Spannungsprüfer Spannungsprüfsysteme (VDS) 2001
- [8] Studen, C.: Schaltzeitenbestimmung über externe Sensoren
Netzpraxis, Heft 4 (2019)
- [9] KoCoS MESSTECHNIK AG, Korbach: www.kocos.com

Lebenslauf

Christian Studen M.Sc. Produkt Manager



Nach seiner Ausbildung zum Energieanlagenelektroniker bei der Fa. Viessmann in Allendorf absolvierte Christian Studen zunächst ein Bachelor-Studium im Bereich „Elektrotechnik“. Während des anschließenden Master-Studiums im Fachgebiet „Mechatronische Systeme“ war er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor „Leistungselektronik“ tätig. Seit Mai 2013 ist Christian Studen bei der Fa. KoCoS Messtechnik AG in Korbach beschäftigt. Zunächst arbeitete er zwei Jahre im Service & Support, wo er umfassende Kenntnisse und Praxiserfahrungen auf dem Gebiet der elektrischen Energietechnik sammeln konnte.

Inzwischen ist Herr Studen Produktmanager für Leistungsschalter-Prüfsysteme. Er ist Ansprechpartner für Distributoren und Kunden weltweit und bietet ihnen mit seinem Produkt- und Applikationswissen kompetente Unterstützung.

cstuden@kocos.com

www.kocos.com

KoCoS Messtechnik AG, Korbach, Germany



KoCoS Messtechnik AG

Südring 42

34497 Korbach, Germany

Phone +49 5631 9596-40

info@kocos.com

www.kocos.com