Digitale Echtzeit-simulation

Optimierung des Netzschutzes mittels Hardware-in-the-loop-Tests (RTDS)

Auf einen Blick

Trotz wachsender Komplexität unserer Stromsysteme sind die Anforderungen an ihre Zuverlässigkeit so hoch wie nie. Dadurch werden sowohl Schutzgeräte als auch die Verlässlichkeit ihrer Einstellwerte immer wichtiger. Für komplexe Energiesysteme ist es kaum möglich, Einstellwerte von Schutzgeräten ausschließlich anhand von Berechnungen zu überprüfen. Mit Hardware-in-the-loop-Tests können ganze Schutzkonzepte anhand von realen Netzbedingungen in einer Echtzeit-Simulationsumgebung verifiziert werden.

Siemens Power Technologies International (Siemens PTI) verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung und ist damit ein erfahrener Partner bei „Hardware-in-the-loop"-Tests von realen Schutzgeräten und Schutzsystemen.

Das Leistungsspektrum umfasst:

- Modellierung des primären elektrischen Energiesystems gemäß der Projektanforderungen
- Detaillierte Modellierung der Messwandler (z.B. Stromwandler verschiedenen Klassen oder kapazitiven Spannungswandler) entsprechend der Anforderungen und gängigen Praxis des Kunden
- Anpassung und Optimierung der Schutzgeräteeinstellungen an die tatsächliche Netzumgebung
- Ausführliche Dokumentation des Verhaltens der getesteten Geräte. Sie kann im tatsächlichen Netzbetrieb bei einer Störfallanalyse verwendet werden
- Beratung und Wissenstransfer hinsichtlich der Bedienung, Einstellung und Analyse von Meldungen und Störschrieben der Schutzgeräte

Die Aufgabenstellung

Wird ein neues Netzbetriebsmittel installiert, müssen geeignete Schutzgeräte ausgewählt und die geeignete Einstellwerte ermittelt werden. Da sich die Funktionalitäten und Betriebsprinzipien verschiedener Schutzgeräte erheblich voneinander unterscheiden, ist diese Aufgabe, je nach Schutzobjekt und Größe des Netzes, sehr aufwendig. Daher ist es für Schutzingenieure sehr hilfreich zu verstehen, wie ein bestimmtes Gerät parametriert und bedient wird, um entscheiden zu können, ob es für die Anwendung in einem bestimmten System geeignet ist.

Bei Schutzrelais bestimmen die Einstellwerte, ob und wann der Leistungsschalter das fehlerhafte Netzelement abschaltet. Unterbrechungen aufgrund falscher Einstellwerte können zu unnötigen und oft recht hohen Kosten für den Systembetreiber führen. Dies kann durch die Optimierung der Einstellwerte der installierten Schutzrelais vermieden werden.

Die Einstellwerte können durch eine digitale Echtzeitsimulation für unterschiedliche Fehlerfälle verifiziert und optimiert werden. Solche „Hardware-in-the-Loop"-Tests ermöglichen es Schutzingenieuren, sowohl Kenntnisse über die Funktionsweise verschiedener Schutzgeräte zu erwerben als auch das Zusammenspiel der elektrischen Energienetze mit Sekundärgeräten zu verstehen oder zu vertiefen.

Unsere Lösung

Technische Details

Siemens PTIs Echtzeitsimulator (RTDS) rechnet elektrische Energienetze mit einer Abtastfrequenz von ca. 20 kHz. Verschiedene Arten von Betriebsmitteln, wie Generatoren, Ersatzquellen, mehrsystemige Leitungen, Transformatoren, Lasten, Stromwandler mit Sättigung, kapazitive Spannungswandler, Leistungsschalter, etc., können nachgebildet und simuliert werden.

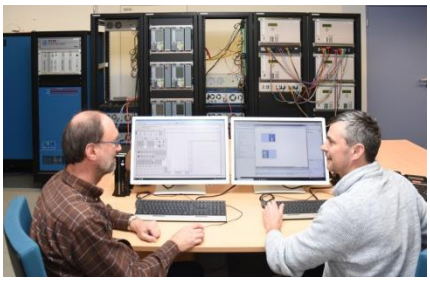

Abbildung 1: Technische Ausstattung des Simulators (von links nach rechts): RTDS, Verstärker, Signalverteiler, Schutzgeräte

Echte Schutzgeräte (Hardware) arbeiten in einer geschlossenen Schleife mit dem Simulator, um auch komplexe Sequenzen, wie dreipolige oder einpolige Wiedereinschaltungen Schaltung auf Fehler, Folgefehler oder Fehlerausweitungen auf mehrere Systeme, abbilden zu können.

Spannungsverstärker und Stromverstärker, die Ströme bis zu 128 Ampere pro Phase liefern können, und ein hochwertiges Dokumentationssystem, das leicht an Kundenbedürfnisse angepasst werden kann, runden den „Hardware-in-the-Loop"-Simulator ab.

Prüfungen und deren Auswertung
Das Verhalten der untersuchten Geräte wird für jeden einzelnen Testvorgang mit den gemessenen Relais-Auslösezeiten, weiteren vom RTDS erfassten binären Informationen, den vollständigen Relais-Fehlerprotokollen und Fehleraufzeichnungen (COMTRADE) ausführlich dokumentiert. Für jeden Prüfvorgang (Testsequenz) werden die Fehlerprotokolle analysiert und die Fehleraufzeichnungen gründlich ausgewertet (Abbildung 2).

Abbildung 2: Beispiel für die Dokumentation

Dieser Schritt ist essenziel, um die tatsächlichen Ereignisse und technischen Prozesse im Schutzsystem als Ganzes zu verstehen: Von der Plausibilitätsprüfung der Primärwerte des simulierten Systems über Haupt- und Hilfskontakte von Leistungsschaltern und Trennern über das Verhalten der Strom-(CT) und Spannungswandler- (VT) bis hin zur Schutzrelaiswirkung.

Beispielsweise wird bei einer mehrsystemigen Übertragungsleitung das Verhalten der Leitungsschutzvorrichtungen an beiden Leitungsenden im Detail ausgewertet. Im Zuge dessen können die Funktionsprinzipien und die Philosophie von Siemens SIPROTEC-Geräten im Detail diskutiert werden. Geräte anderer Hersteller können auch getestet werden.

Im Unterschied zu realen Störungen stehen während der Simulation die Informationen über die Fehlerart und Fehlerort vor jedem Testfall zur Verfügung. Auf diese Weise kann die erwartete Kette von Ereignissen und die Reaktion des Schutzsystems mit der tatsächlichen Reaktion des getesteten Systems direkt verglichen werden. Unsere Kunden haben die Möglichkeit, das Verhalten des Netzes und der Relais mit Experten von Siemens PTI zu besprechen. Speziell für diese Zwecke steht ein mit Flipcharts und Projektor ausgestatteter Besprechungsraum zur Verfügung (Abbildung 3).

Abbildung 3: RTDS-Besprechungsraum auf dem Siemens AG Gelände in Erlangen

Die Siemens-Software DIGSI fasst Informationen über verschiedene Einzelereignisse in Form von Störschrieben und -meldungen zusammen. Auf diese Weise stehen auch für komplexe Konfigurationen und/oder Testsequenzen detaillierte Informationen zur Verfügung. Die Analyse mittels Siemens Software SIGRA, beispielsweise auf Impedanzebene, hilft, tatsächliche Ereignisszenarien und Prozesse in realen Systemen in Bezug auf Distanzschutzeinrichtungen zu verstehen.

Test- und Szenarienspezifikation
Je nach Kundenforderungen kann das Testprogramm so angepasst werden, dass die Testszenarien auch für Schulungszwecke genutzt werden können. In der Regel können über die Dauer von ein bis zwei Wochen hunderte Testszenarien durchgeführt werden.

Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus dem Ergebnisbericht.

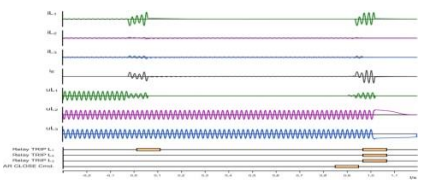

Abbildung 4: Auszug aus der Dokumentation

Mehrwert für unsere Kunden

So profitieren unsere Kunden von Hardware-in-the-loop-Tests von Siemens:

- Transiente Vorgänge im Netz (Zuschaltungen, Asymmetrien und vor allem aller Art Kurzschlüsse) können detailliert analysiert und somit besser verstanden werden
- Auf der Basis ausführlicher Analysen für alle einzelnen Fehlerfälle können die Einstellwerte der Schutzgeräte optimiert, verifiziert und diskutiert werden, um eine bessere Leistung des gesamten Schutzsystems zu erreichen
- Die hochwertige Dokumentation kann für jeden Testfall so angepasst werden, dass eine detaillierte Bewertung der Leistung des Schutzsystems gemäß den Kundenanforderungen möglich ist
- Ein praxisorientiertes Training in der Programmierung, Parametrierung (DIGSI) und Fehlerauswertung (SIGRA) von Schutzgeräten ist ein fester Bestandteil der Test,
- Kunden sammeln wertvolle Erfahrung bei der Auswertung von Fehleraufzeichnungen, welche herstellerübergreifend bei der Analyse des Verhaltens aller modernen Schutzgeräte anwendbar ist.

Herausgeber:
Siemens AG
Smart Infrastructure
Digital Grid
Humboldtstrasse 59
90459 Nürnberg, Deutschland

Für mehr Informationen kontaktieren Sie uns über unser Kontaktformular:
siemens.de/contact-energy

AL=N, ECCN=N

© Siemens 2019
Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.