ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971

Seria: ELEKTRYKA z. 31 Nr kol. 299

H. UNGRAD
AG Brown, Boveri & Cie, Baden (Schweiz)

AKTUELLE PROBLEME IN DER SCHUTZ- UND RELAISTECHNIK VON ELEKTRISCHEN NETZEN, SYSTEMEN UND MASCHINEN

Obwohl heute noch ein grosser Prozentsatz der Schutzeinrichtungen elektrischer Netze und Maschinen mit mechanischen Relais realisiert wird, bestehen doch bereits ganze Gebiete, die mehr oder minder ausschliesslich durch statische Schaltungen ausgeführt werden und in einigen Gebieten ist die Elektronik sehr stark im Vordringen. So ist zum Beispiel in unserer Gesellschaft der Sammelschienenschutz für komplexe Anlagen, digitale Frequenzrelais für Lastabwurf etc. nur mehr in statischer Ausführung erhältlich, auf dem Gebiete des Generatorschutzes halten sich mechanische und elektronische Systeme etwa die Waage und beim Leitungsschutz beginnt ein deutliches Vordringen der statischen Schutzrelais für komplexe Schutzsysteme. Dieses Eindringen der Elektronik mit ihrem völlig anderen Leistungsniveau und Frequenzbereichen in das Gebiet des starkstromtechnischen Anlagebaues erfordert eine konsequente und sorgsame Berücksichtigung aller Massnahmen die zur Unterdrückung von Störspannungen auf der Messseite und auf der Versorgungsseite, zur Berücksichtigung der besonderen messtechnischen Eigenschaften elektronischer Systeme d.h. zur Adaption der Schaltungen mit statischen Elementen an die Bedingungen der Starkstromtechnik notwendig sind. Da bereits heute zahlreiche Einrichtungen seit mehr als 10 Jahren in Betrieb sind ist es möglich bereits Kontrollen der seinerzeit theoretisch berechneten Ausfallwahrscheinlichkeiten durchzuführen. Daher soll im Folgenden besonders auf die Probleme des elektronischen Sammelschienenschutzes, der elektronischen Frequenzrelais für Lastabwurf, der Reserveschutzeinrichtungen lokaler und zentraler Art eingegangen werden und abschliessend die Erfahrungen aus

den werkseigenen Spannungsprüfungen und Lebensdauerberechnungen zusammengestellt sein. Darüber hinaus zeigen aber einige Beispiele,dass auch die Entwicklung auf der Seite mechanischen Relais noch nicht abgeschlossen ist und ein neues sehr kompaktes Distanzrelais für Mittelspannungsnetze soll zum Beweis angeführt sein.

Elektronischer Sammelschienenschutz nach dem Richtungsvergleichprinzip

Obwohl das Prinzip dieses Schutzes bereits lange bekannt ist und mit mechanischen Relais oft realisiert worden ist, hat der Einsatz statischer Bauelemente, eine ganz neue Art der Messung ermöglicht. Es wird die Stromrichtung von allen Leitungen, die mit einer Sammelschiene verbunden sind bezogen auf die Richtung der Summierung aller dieser Ströme festgestellt, wobei die Messung von einem einzigen Messsystem durchgeführt wird. Da ausserdem zu dieser Messung die sinusförmigen Ströme in Rechtdeckform umgewandelt werden, und die Richtungsmessung auf eine Koizidenzmessung von nur 2 ms Dauer zurückgeführt wird, ist der Schutz von Stromwandlersättigungen unabhängig.Dies gibt betrieblich die Möglichkeit einerseits Stromwandlerkerne wesentlich kleiner auszulegen als es z.B. für einen Hochimpedanzschutz möglich ist und andererseits kann dieser Schutz auch in bestehende Anlagen eingebaut werden. Eine Serie von Versuchen im Hochstromlaboratorium wie z.B. KEMA haben diese Unabhängigkeit bewiesen. Dabei wurden bei voll belasteten Stromwandlern voll verlagerte Kurzschlussströme mit Spitzenwerten von 300 x den Wandlernennstrom und einer Gleichstromzeitkonstante von 50-100 ms ohne Schwierigkeiten sowohl bei innen als auch bei aussenliegenden Fehlern verarbeitet. Durch das Messprinzip ist auch die Unabhängigkeit von der Zahl der geschützten Abzweige erreicht.

Bei Wichtigkeit des geschützten Objektes, nämlich der Sammelschiene entsprechend, werden zwei weitere Kriterien als zusätzliche Sicherheit verwendet, nämlich die Amplitude der Summierung aller Ströme und die Amplitude der Abzweigströme.

Durch den konstruktiven Aufbau der Hauptfunktionen auf normalisierte Teile (Parts) ist eine weitgehende Anpassungsmöglichkeit an das Schutzobjekt sowie eine Erweiterungsmöglichkeit im Falle des Ausbaus der Anlagen gegeben. Dabei wird dieser komplexe Schutz fertig verdrahtet und geprüft in die Anlage geliefert und muss nur an die entsprechenden Stromwandler und Gleichstromkreise angeschlossen werden. Dies ist das markanteste Beispiel für die immer starker werdende Tendenz des Anlageschutzes, d.h. der Zusammenfassung komplizierter Schutzeinrichtungen in einem, in der Fabrik gebauten und fertig geprüften und gelieferten Schrank.

So wurde aus einem bekannten Prinzip durch Einsatz statischer Messmethoden ganz bedeutende, zusätzliche Vorteile erzielt. Ueberraschender Weise hat sich dieser Schutz nicht nur in Hochspannungsnetzen sondern auch in Mittelspannungsnetzen sehr rasch eingeführt und ist in manchen Anlagen schon über vier Jahre in Betrieb. Totale Anzahl aller Anlagen in Betrieb bzw. in Fabrikation: 120 (Stand Ende 1970).

Ueber die Mittel zur Abschirmung von Störspannungen sowohl auf der Netzseite als auch auf der Gleichstromseite wird im späteren Abschnitt berichtet. Der Platzbedarf eines solchen Schutzes in statischer Ausführung ist etwa 10-20 % des Platzbedarfes der analogen Einrichtung mit mechanischen Relais und dem gleichen Messprinzip. Daher werden Sammelschienenschutzeinrichtungen nach diesem Messprinzip nur mehr mit statischen Elementen ausgeführt.

Die bei diesem Schutz erstmals erfolgte Konzentration des Schutzes einer gesamten Anlage in einem oder wenigen Schränken, die vollkommen verdrahtet und geprüft auf die Anlage kommen, hat fast alle Schutzeinrichtungen beeinflusst. Generatorschutzeinrichtungen, der Schutz ganzer Stationen (z.B. mit Sammelschienenschutz, Schalterversagerschutz, Transformatordifferentialschutz und Distanzschutz der Leitungen) in statischer Ausführung werden in solche Schränke eingebaut, fertig verdrahtet und geprüft in die Anlage geliefert. Das vom Konstrukteur zu lösende Problem liegt dabei darin, eine möglichst grosse Zahl von Variationsmöglichkeiten aus einigen möglichst wenigen Grundbausteinen anzubieten um damit Schutzeinrichtungen aufbauen zu können, die den

verschiedensten Bedürfnissen der Technik in den verschiedensten Ländern und den verschiedenen Schutzobjekte angepasst sind. Als besonders vorteilhaft hat sich dabei erwiesen, die Auflösung nach Bausteinen so durchzuführen, dass jeder Baustein (Print oder Part) ein komplettes Messsystem inklusive Eingangs- und Ausgangselemente enthält. Da diese Parts gleiche konstruktive Abmessungen aufweisen, können sie in Etagen vereinigt werden, was den zusätzlichen Vorteil mit sich bringt, für die gesamte Einrichtung nur einmal die Speiseeinrichtungen, die Filter gegen Ueberspannung etc. aufwenden zu müssen.

Ein interessantes Beispiel dafür ist eine Station, 380 kV - 150 kV - 50 kV, bei der die Distanzrelais sämtlicher Leitungen auf allen Spannungsebenen, die Sammelschienenschutzeinrichtungen für sämtliche Doppelt-, bzw. Dreifachsammelschiene, der Schalterversagerschutz und die Differentialschutzeinrichtungen der Transformatoren in solchen Schränken zusammengebaut werden.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass ein statischer Schutz um so ökonomischer wird, je mehr einzelne Messelemente zusammengebaut werden. Selbstverständlich werden für wichtige Einrichtungen zwei oder mehrere Speiseeinrichtungen vorgesehen, sodass selbst bei Ausfall einer Speiseeinrichtung oder einer Stationsbatterie etc. je nach Schaltung, entweder der ganze Schutz oder zumindest ein wesentlicher Teil davon noch in Betrieb bleibt. Diese Aufgliederung ist besonders beim Generatorschutz heute so weit gediehen, dass statische Generatorschutzeinrichtungen praktisch aus zwei Hälften bestehen, die völlig unabhängig von einander versorgt sind (zwei Batterien, zwei Speisegeräte, zwei Auslösekreise bis zu zwei Spulen an dem Leistungsschalter) und wovon jede dieser Hälften so ausgelegt ist, dass alle Fehler im geschützten Generator erfasst und abgeschaltet werden. Normalerweise werden dabei lediglich die Differentialrelais verdoppelt, wie weit andere Relais zu verdoppeln sind hängt davon ab, wieviele Prozent aller Fehlerarten bei Betrieb mit nur einer Hälfte des Generatorschutzes in minimaler Zeit zu erfassen sind.

Schalterversagerschutz

Die erwähnten Aufteilungen des Generatorschutzes stellen nichts anderes als lokalen Reserveschutz dar: auch bei wichtigen Leitungen und Spannungen ab 200 kV werden heute nahezu durchwegs doppelte Relaisbestückungen verwendet. Da für solche Einrichtungen meistens auch verschiedene Stromwandlerkerne, getrennte Spannungswandlerkreise und getrennte Batteriekreise sowie womöglich noch doppelte Spulen auf den Leitungsschalter vorgesehen sind, handelt es sich hierbei meistens wirklich um zwei unabhängig voneinander funktionierende Einrichtungen. Werden die Messprinzipien dieser beiden Schutzeinrichtungen noch so gewählt, dass sie sich in ihren Vorteilen möglichst ergänzen und ihre Nachteile gegenseitig aufheben, so stellt dies nahezu einen idealen Reserveschutz dar, der nurmehr einen schwachen Punkt aufweist und das ist der Leistungsschalter. Da es logischer Weise nicht möglich ist, einen Schalter zu verdoppeln und auch das Eineinhalb-Schaltersystem, das in allen anglikanischen Ländern üblich ist, nicht restlos alle Probleme komplett getrennter Reserveeinrichtungen löst, ist in den letzten Jahren eine sehr grosse Anzahl von Schalterversagerschutzeinrichtungen eingebaut worden. Diese bestehen im wesentlichen aus sehr schnell ansprechenden und zurückfallenden Ueberstromrelais in statischer Ausführung, die überwachen, ob nach der Befehlsgabe durch ein Relais der Strom innerhalb von einer bestimmten Zeit (z.B. 60 ms) in der geschützten Leitung unterbrochen wird. Ist dies nicht der Fall, so wird auf ein Versagen des Leistungsschalters geschlossen und mit einer entsprechenden Zeitverzögerung entweder ein weiterer Befehl an diesen Leistungsschalter gegeben, oder mit einer zweiten Zeitverzögerung (total etwa 120 ms) die auf die gleiche Sammelschiene speisenden übrigen Leitungen abgeschaltet. Für den zweiten Fall benötigt man dazu ein Nachbild der Sammelschienenschaltung, d.h. der Schutz muss die Information bekommen welche Leitungen an diese Sammelschiene angeschlossen sind. Eine solche Sammelschienennachbildung existiert bereits in dem oben erwähnten Sammelschienenschutz und es ist daher gängige Praxis einen Sammelschienenschutz mit einem solchen Schalterreserveschutz zu kombinieren, da man dann die gleiche Nachbildung der Sam-

melschiene benützen kann. Da dieser Schalterversagerschutz aus messtechnischen Gründen (Rückfallzeit) statisch ausgeführt werden muss, und er daher aus den gleichen Bauelementen besteht wie der Sammelschienenschutz und ebenfalls in Etagen und Schränken kombiniert werden kann, ergibt sich ein harmonischer und beliebig kombinierbarer Aufbau. Auch hier ist es durch ein Baukastensystem möglich, ein- und dreiphasige Strommessung, ein- und zweistufige Zeitverzögerung, verschiedene externe Verriegelungs- und Freigabeeingange etc. vorzusehen. Neben diesem kompakten Schutzeinrichtungen entwickelt sich aber auch der Bedarf nach elektronischen Einzelrelais besonders für solche Messsysteme, die mit mechanischen Elementen nicht beherrschbar sind. Ein typischer Vertreter dieser Art ist ein digitales Frequenzrelais das hauptsächlich zum Lastabwurf verwendet wird.

Frequenzrelais mit digitaler Messwerterfassung

Durch Verwendung eines 100 kHz Quarzoscillators und eines Zählers mit integrierten Schaltungen ist es möglich, auf den engsten Raum ein Frequenzrelais aufzubauen das eine Genauigkeit von 0,03 Hz aufweist, zwischen 60 und 120 % der Nennspannung von der Speisespannung unabhängig ist und bis zu 4 Ausgangsstufen aufweist. Diese Ausgangsstufen sind in einem weiten Frequenzbereich vollkommen getrennt voneinander, sehr feinstufig einstellbar, und die eingebauten Zeitverzögerungen können ebenfalls für jede Stufe separat eingestellt werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit einen Lastabwurf von 3 bzw. 4 Stufen in einem Netz durchzuführen und zwar in Abhängigkeit von der Frequenz oder von der Zeit, die zwischen den Unterschreiten zweier Frequenzen verstreicht. Man kann auch 3 Stufen für den Lastabwurf und die 4 Stufe für Dauerüberwachung der gesamten Einrichtung benützen. Zusammen mit einem eingebauten Speisegerät, dem eingebauten Prüfschalter und den Signallampen ergibt sich ein sehr kompaktes und kleines Gerät das in einem Instrumentengehäuse Platz findet. Da nach den letzten Diskussionen bei der Cigré die Messung des Frequenztrends, d.h. der ersten Ableitung der Frequenz nach der Zeit einerseits auf betriebliche Schwierigkeiten stösst, andererseits aber ein wesentlich komplizier-

teres Messsystem erfordert, wird in der letzten Zeit für den Lastabwurf hauptsächlich das beschriebene, digitale Frequenzrelais in grossen Stückzahlen eingesetzt. Da das Relais die Zeit zwischen den Nulldurchgängen der Netzspannung erfasst ist das Relais beim Einsatz als Minimal-Frequenzrelais von Oberwellen unabhängig, bei Einsatz als Ueberfrequenzrelais, wie es ebenfalls gelegentlich angewendet wird, ist eine oberwellenfreie Spannung der Messung zuzuführen.

Distanzrelais

Für Hoch- und Höchstspannungsleitungen, bei denen aus Stabilitätsgründen oder Sicherheitsgründen besonders kurze Abschaltzeiten gefordert werden, werden heute statische Distanzrelais eingesetzt ebenso für Bahnanlagen mit 16 2/3 Hz. Nennfrequenz. Diese Distanzrelais sind nach dem Baukastensystem aufgebaut und es können somit nicht nur die üblichen Stufenkennlinien der Distanzrelais sondern auch jede Art von Kupplung von Distanzrelais über Signalübertragung realisiert werden. Es handelt sich dabei um direkte und indirekte Fernauslösungen, um Mitnahmeschaltungen, um Richtungsvergleichsschutzeinrichtungen nach dem Freigabe- oder dem Blockiersystem und anderes mehr. Alle diese Schaltungen werden dabei mit dem Distanzrelais so aufgebaut, dass entsprechend den Empfehlungen der Cigré Studienkommission auch bei Ausfall der Signalübertragungen noch ein Schutz der entsprechenden Leitung gewährleistet ist, wobei sogar meist noch diese Selektivität und für die meisten Fehler eine Abschaltung in Grundzeit erhalten bleibt. Ausserdem entsteht dadurch immer ein Reserveschutz für die grenzenden Anlageteile, wie Sammelschienen etc. So werden z.B. für eine wichtige 500 kV-Uebertragung mit 4 Abschnitten von Doppelleitungen solche Relais eingesetzt, die zwei Sätze von je 4 Messsystemen (je 3 Messsysteme für Phasenfehler und 3-phasige Fehler und ein Messsystem für zwei-phasige isolierte Fehler) besitzen, und damit eine Kombination von einer Mitnahmeschaltung und einem übergreifenden Richtungsvergleichsschutz aufbauen lassen.

Alle diese Relais, aber auch die entsprechenden mechanischen Relais die teilweise in Ein-Messsystemschaltung teilweise mit 4 Mess-

systemen ausgerüstet sind, ermöglichen den Schutz von Leitungen mit Seriekapazitäten in den Leitungen oder auch von Seriekapazitäten zwischen den Leitungen auf dem Sammelschienen. Um in diesen Betriebsfällen alle Störungen mit kürzester Zeit zu erfassen, sind Signalkupplungen notwendig. Dafür ist es dann mit solchen Einrichtungen möglich diese Leitungen immer selektiv zu schützen unabhängig davon, ob die Schutzfunkenstrecke der Kondensatoren überschlagen oder nicht.

Neben diesen Baukästen statischer Distanzrelais, deren Einsatz immer eine gewisse Projektierungsarbeit voraussetzt, gibt es jedoch ein besonders interessantes Anwendungsgebiet für möglichst einfache Distanzrelais in den Mittelspannungsnetzen, die mit steigender Energiedichte und steigenden Anforderungen an eine unterbrechungslose Stromversorgung immer mehr vermascht werden. Daher sind dort die noch vor einigen Jahren hauptsächlich anzutreffenden Ueberstromrelais nicht mehr brauchbar. Häufig ergeben sich auch mit Ueberstromschutzeinrichtungen zu lange Auslösezeiten in solchen Mittelspannungsnetzen, die heute ebenfalls bereits sehr hohe Leistungsniveau aufweisen. Anstelle von Zwischenlösungen, wie Ueberstromrichtungsschutz oder Poligonschutzeinrichtungen, ist es heute in sehr vielen Netzen üblich auch in dem Spannungsniveau zwischen 10 und 50 kV Distanzrelais einzusetzen. Selbstverständlich müssen diese Distanzrelais in Aufbau und Funktionsweise wesentlich einfacher sein, als die vorher beschriebenen Relais und müssen sich möglichst problemlos und universel einsetzen lassen.

Aus diesem Grund ist zu solchem Zwecke eine neue Entwicklung eines sehr kompakten mechanischen Distanzrelais ausgeführt worden, das sich dadurch auszeichnet, dass es keine Hilfsspannungen benötigt, (Betätigung ab Kurzschlussstrom) und daher direkt an Stelle aller Ueberstromrelais eingesetzt werden kann und ausserdem derartig viele Umschaltungsmöglichkeiten besitzt, dass es in der gleichen Ausführung zum Schutz von Freileitungen und Kabeln in starr geerdeten oder isolierten Netzen als Richtungsvergleichsschutz über Hilfsadern, als einfacher Sammelschienenschutz in der zweiten Stufe, mit wechselnder Messrichtung etc. verwendet werden kann. Allerdings, wurden auch hier

zahlreiche statische Bauelemente verwendet, um das Gerät so kompakt wie möglich zu konstruieren.

Anwendung statischer Relais

Da nun seit über zehn Jahren mehrere Hundert solcher statischer Relais in verschiedensten Anwendungsgebieten im Einsatz stehen, ist es heute möglich über die Erfahrungen aber auch über die Massnahmen bei der Einführung dieser Relais in den Betrieb Auskünfte zu geben, die aus dem praktischen Betrieb stammen.

Das erste und häufigste Problem ist die Beherrschung von Ueberspannung, die auf den Speiseleitungen oder in den Messkreisen durch Induktion, oder Kopplung entstehen. Mit solchen Spannungen muss immer gerechnet werden, wobei sie in den Batterieleitungen hauptsächlich durch Unterbrechung von induktiven Kreisen, durch Induzierung bei stromstarken Fehlern in der Starkstromanlage oder durch kapazitive Uebertragung entstehen. Es ist daher unbedingt notwendig und absolute Voraussetzung, für einen zuverlässigen Betrieb, dass sämtliche statische Relais an ihrer Speiseseite mit den entsprechenden Filtern und Spannungsbegrenzungen ausgerüstet sind. Die besten Erfahrungen werden gemacht, wenn die Hilfsspannung für die statischen Relais über einen Gleichstrom-Gleichstromumformer statischer Bauart aus dem Batterienetz entnommen wird. Damit ist eine galvanische Trennung des Relais von dem Batteriekreise möglich, und die auf den Batterieleitungen entstehenden Ueberspannungen können wirksam von den elektronischen Kreisen des Relais ferngehalten werden. Für die wechselspannungsseitigen Eingangspfade ist eine galvanische Trennung und Abschirmung der Impulse durch Zwischentransformatoren mit Abschirmwicklungen leicht möglich.

Bei all diesen Massnahmen stellt sich jedoch die Frage, für welche Prüfspannungen diese Filter und Eingangskreise auszulegen sind. Während es bei den wechselspannungsseitigen Eingangstransformatoren hauptsächlich eine Frage der Isolationsspannung der Zwischenwandler ist, ergeben sich bei der gleichstromseitigen Eingängen ganz wesentliche Konsequenzen für Grösse, Leistung und Verhalten der gesamten

Speiseeinrichtung wenn die Prüfspannung variert wird. Da die ganze Technik statischer Messsysteme auf eine Verkleinerung der Abmessungen hinzielt, wäre es widersinnig durch extreme Forderungen an die Prüfspannungen diese Vorteile wieder zu nichte zu machen. Auf der andern Seite ist es völlig ausgeschlossen einen Schutz für maximal mögliche und denkbare Ueberspannung in einem Kraftwerk auszulegen.Ein Beispiel möge dies schildern:

In einer 60 kV-Station ist ein 2,5 km langes Oeldruckkabel angeschlossen, in dessen Inneren Signaladern für die Oeldrucküberwachung eingebaut sind. Anlässlich eines sehr stromstarken Erdkurzschlusses in der Nähe des der Station gegenüberliegenden Kabelendverschlusses ist durch den hohen Erdübergangswiderstand an der Erdkurzschlussstelle ein grosser Anteil des Fehlerstromes über den Kabelmantel zurückgeflossen und hat in den eingebauten Hilfsadern derartige Ueberspannungen induziert, dass in dieser 60 kV-Station eine ganze Anzahl von Einrichtungen durch Ueberspannungen zerstört wurden. Eine nachträgliche Berechnung und Abschätzung der aufgetretenen Ueberspannungen hat gezeigt, dass diese Werte weit über den selbst strengsten, heute bekannten Anforderungen an die Prüfspannungen gelegen sein müssen. Die Folgerung die sich daraus ergibt, besteht darin, bereits bei der Disposition der Anlage dafür Sorge zu tragen, dass die nie ganz vermeidbaren Ueberspannungen in der Anlage selbst durch Geschickte Disposition, durch Ableiter etc. auf ein solches Mass reduziert werden, dass mit den vernünftigen, realisierbaren Prüfspannungen der Geräte ausgekommen werden kann. Dabei werden die eben international in Gang befindlichen Diskussionen über eine Normierung solcher Prüfspannungen wesentlich dazu beitragen, allgemein gültige Bezugswerte für die Prüfspannungen zu erhalten. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass dieses Problem nur durch die Zusammenarbeit der Apparatekonstrukteure und der Anlagenprojekteure vernünftigerweise gelöst werden kann Somit ist bei der Projektierung eines statischen Schutzes nicht nur die Auswahl der Geräte bzw. die Bereitstellung einer entsprechenden Prüfspannung für diese Geräte ausschlaggebend, sondern ebenso die Aus-

wahl der Anlagendisposition und die Auswahl der speisenden Strom und Spannungswandler.

Andererseits liegen heute bereits Betriebserfahrungen über eine sehr grosse Anzahl von Geräten bis zu 10 Jahren vor, aus denen festgestellt werden kann, dass die seinerzeitigen Ziele erreicht wurden, die statischen Schutzeinrichtungen mindestens ebenso sicher zu bauen, wie die bekannten mechanischen Schutzeinrichtungen, wobei noch berücksichtigt werden muss, dass die Zahl der einzelnen Elemente in statischen Schutzeinrichtungen bedeutend grösser ist als bei mechanischen. Z.B. hat eine Untersuchung an 1600 Ueberstromrelais durch 8 Jahre bei einem Kunden aus dem Bahnbetrieb ergeben, dass eine Ausfallswahrscheinlichkeitsziffer von 2×10^{-8} für eine Kombination von 4 Ueberstromrelais und 8 Prints mit Logikschaltungen erreichbar ist.

Die Zahl der bisher in Betrieb befindlichen Sammelschienenschutzeinrichtungen beträgt 120, die der statischen Generatorschutzeinrichtungen 70 und die Geräte sind teilweise bereits schon mehr als 4 Jahre in Betrieb. Bei all diesen Geräten ist bisher ein Ueberschlag wegen extrem hohen Ueberspannungen verursacht, durch eine sehr ungünstige Anlagendisposition aufgetreten, während total etwa 10 unbedeutende und die Funktion des Schutzes nicht beeinflussende Fehlerstellen, durch die automatischen Prüfeinrichtungen signalisiert und sofort herausgetrennt worden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen,dass das Servicepersonal für diese neue Technik geschult und ausgebildet und mit den nötigen Instrumenten versehen werden muss.

Prüfspannungen und Typenversuche mit statischen Relais

Wie bereits im letzten Abschnitt angeführt wurde, ist es nicht nur notwendig, in die statischen Relais eine bestimmte Spannungsfestigkeit einzubauen - womöglich nach international festgelegten Prüfspannungen - sondern es ist auch unabdingbar, die Anlagenverhältnisse so zu projektieren, dass diese Prüfspannungen nicht überschritten werden Ausserdem ist zu beachten, dass es nicht lediglich auf die absoluten Werte der Prüfspannungen sondern ganz entscheidend auch auf die Durchführung dieser Prüfungen, und auf sogenannte Fehlfunktionstests an-

kommt, will man entscheiden, ob das Gerät betriebstüchtig ist und eine Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht, die mechanischen Schutzrelais entspricht. Da momentan die Amplituden der verschiedenen Spannungsprüfungen noch in internationalen Gremien beraten werden, gelten die nachfolgenden Werte lediglich als Richtwerte für Neukonstruktionen und sollen einen Begriff vermitteln, in welchem Rahmen solche Werte ökonomisch sind. Darüber hinaus zeigt die Aufteilung in Typenprüfungen und Stückprüfungen sehr deutlich, dass jede Isolationsprüfung eine Reduktion der Isolationsfähigkeit ist, mit anderen Worten, dass die Prüfung die Wiederstandsfähigkeit des Gerätes verringert. Es ist daher das Prüfsystem unbedingt so aufzubauen, dass diejenigen Prüfungen mit drastischer Reduktion der Isolationsfähigkeit lediglich als Typenprüfungen durchgeführt werden, während die Stückprüfungen sich darauf beschränken sollen eventuell schwache Stellen, die während der Montage aufgetreten sind, blosszulegen. Zwischen den Typenprüfungen und den Stückprüfungen sind die Serienprüfungen vorgesehen, die bei jeder Serie fabrikneuer Geräte durchgeführt werden.

Daneben wird noch unterschieden zwischen der Zerstörungsprüfung und der Fehlfunktionsprüfung. Erstere dient zum Nachweis, dass das Gerät unter dem Einfluss von Störspannung nicht zerstört wird, während letztere beweisen soll, dass das Gerät während der Anwesenheit von Störspannungen keine unrichtigen Befehle abgibt. Während der letzteren Prüfungen wird der Prüfling mit der Hilfsspannung versorgt und die Eingänge mit den entsprechenden Nenngrössen beaufschlagt bzw. kurzgeschlossen.

Neben den bekannten Stossspannungsprüfungen mit Stössen 1/50 µs und der Wechselspannungsprüfung mit Nennfrequenz ist es bedeutsam auch sogenannte Hochfrequenzspannungsprüfungen durchzuführen, bei denen während einiger Sekunden, Pakete gedämpften Hochfrequenzschwingungen (Grössenordnung 10 kHz, Paketlänge 10 ms, Amplituden von einigen kV) an das Prüfobjekt gegeben werden. Eine weitere besonder Prüfung ist die sogen. Resonanzspannungsprüfung, die zum Nachweis dient, dass in dem Gerät keine elektrischen Resonanzstellen auftreten

Sie wird mit einer sinusförmigen Wechselspannung mit einer Frequenz zwischen 10 Hz und einigen 100 kHz durchgeführt.

Sowohl die Prüfschaltungen selbst, auch als die Verbindungen zum Prüfobjekt beeinflussen die Messung und müssen daher genau festgelegt werden. Bis zum Eintreffen internationaler Normen, (derzeit in der IEC in Beratung) werden Erfahrungswerte der Gerätehersteller zu Grunde gelegt. Je nach dem, ob es sich um eine Zerstörungsprüfung oder eine Fehlfunktionsprüfung und bei ersteren eine Typenprüfung, eine Serienprüfung oder eine Stückprüfung bei letzterer um eine Typenprüfung oder Serienprüfung handelt und ausserdem je nach dem, ob es sich um Hilfsspannungskreise gegen Erde, Anschlüsse gegeneinander oder gegenüber den übrigen Kreisen, ob es sich um Auslöse- oder Signalkreise oder ob es sich um Messkreise handelt, liegen die Spitzenwerte der Zerstörungsprüfung bei 1,2 oder 5 kV während Fehlfunktionsprüfungen und damit Stückprüfungen maximal bis 3 kV gehen. Bei den Geräten älteren Konstruktionen, sind die Prüfspannungen teilweise erheblich niedriger, doch ist darauf hinzuweisen, dass alle diese Werte nur dann sinnvoll beurteilt werden können, wenn die Anlagendisposition so ausgelegt ist, dass das Erreichen dieser Werte selbst bei ungünstigsten Bedingungen unmöglich ist. Es ist ein betrieblich völlig falscher Weg, die Mängel der Anlagendisposition durch Erhöhung der Prüfspannung ausgleichen zu wollen.

Ausblick

Die gezeigten Beispiele sollen auch zeigen wie stark die Schutztechnik momentan in Entwicklung geraten ist, teilweise durch Entwicklung neuer Messsysteme aber auch durch die damit möglich neuen Anwendungsgebiete. Nach zehn Jahren Betrieb mit statischen Relais kann gesagt werden, dass diese Einrichtungen mindestens so sicher sind, wie die mechanischen Schutzeinrichtungen, was immerhin ein ganz erhebliches Mass an Sicherheit darstellt, und dass die Schutzeinrichtung bei richtiger Projektierung auch eingesetzt werden können, wenn in den Messgrössen transiente Vorgänge enthalten sind, wenn in den Hilfsleitungen Spannungen induziert werden, etc. Voraussetzung ist

allerdings, dass die Anlagenprojektierung die Auswahl der Messwandler der Hilfsleitungen, der Verdrahtung, der Leitungsschalter zusammen mit dem Schutz vorgenommen wird und die einzelnen Elemente aufeinander abgestimmt werden. Eine weitere Voraussetzung zu einem erfolgreichen Betrieb bestehe in einer intensiven Schulung des Personals, um es mit der neuen Technik vertraut zu machen. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so ergibt sich für die Zukunft ein Erfolg versprechendes Gebiet in der Schutztechnik das mit den statischen Bauelementen neu erschlossen werden kann.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971

Seria: ELEKTRYKA z. 31 Nr kol. 299

H. UNGRAD
AG Brown, Boveri & Cie, Baden (Szwajcaria)

AKTUALNE PROBLEMY W TECHNICE ZABEZPIECZEŃ PRZEKAŹNIKOWYCH SIECI, SYSTEMÓW I MASZYN ELEKTRYCZNYCH

S t r e s z c z e n i e

W referacie przedstawiono aktualne tendencje w stosowaniu zabezpieczeń półprzewodnikowych i problemy z tym związane. W szczególności omówiono następujące najnowsze zabezpieczenia elektroniczne produkowane przez firmę Brown, Boveri & Cie:

- zabezpieczenie szyn zbiorczych o czasie działania 2 ms;
- przekaźnik częstotliwościowy z pomiarem cyfrowym o dokładności rzędu 0,03 Hz dla urządzeń SCO;
- zabezpieczenie odległościowe linii wysokiego i najwyższego napięcia

Ponadto omówiono zabezpieczenie rezerwy wyłącznikowej stacji elektroenergetycznych i wspomniano o zabezpieczeniu odległościowym dla linii średnich napięć w wykonaniu elektromechanicznym. Autor zwraca przy tym uwagę, że mimo wprowadzenia do eksploatacji w coraz większym stopniu elementów półprzewodnikowych, firma nie rezygnuje w dalszym ciągu z produkcji pewnych przekaźników działających na zasadzie elektromechanicznej.

Omówiono zasady i zakres przeprowadzania prób napięciowych produkowanych w firmie przekaźników statycznych.

Na zakończenie autor podaje, że po dziesięcioletnim okresie eksploatacji wszystkich przekaźników elektronicznych można stwierdzić, że stopień niezawodności tych elementów jest co najmniej taki sam jak przekaźników konwencjonalnych, tzn. elektromechanicznych.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971

Seria: ELEKTRYKA z. 31 Nr kol. 299

Г. УНГРАД
АГ Браун, Бовери и Циэ, Баден (Швейцария

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНИКЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СЕТЕЙ СИСТЕМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Краткое содержание

В реферате представлены актуальные в применении релейной защиты на полупроводниках и связанные с этим проблемы. Особенно рассмотрены следующие новейшие электронные релейные защиты фирмы Браун, Бовери и Циэ:

- защита сборных шин с временем действия 2 мсек;
- частотное реле с цифровым измерением с точностью порядка 0,03 гц для устройства АЧР;
- дистанционная защита линии высокого и сверхвысокого напряжения.

Кроме того, представлено защиты электроэнергетических подстанций и упомянуто дистанционную защиту линий среднего напряжения с применением электромеханических реле.

Автор, при этом, обращает внимание на то, что несмотря на введение в эксплуатацию в значительной степени полупроводниковых элементов, фирма не отказывается от изготовления некоторых типов электромеханических реле.

Обсуждены принцип и объем проведения испытаний напряжением статических реле, изготовляемых фирмой.

В заключении автор сообщает, что после десятилетнего срока эксплуатации всех электронных реле можно отметить, что степень надежности этих элементов, по крайней мере такая же, как и для конвенциональных реле, т.е. электромеханических.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1971

Seria: ELEKTRYKA z. 31 Nr kol. 299

H. UNGRAD
AG Brown Boveri and Cie, Baden

CURRENT DESIGN PROBLEMS OF RELAY PROTECTIONS OF NETWORKS, POWER SYSTEMS AND ELECTRIC MACHINES

S u m m a r y

In the paper there are presented current trends in application of semi-conductor protections together with the problems involved. Particularly there are discussed the following electronic protections recently being manufactured by Brown-Boveri and Cie:

- bus-bar protection with operating time of 2 ms
- frequency relay with digital measurement of about 0,03 Hz accuracy for automatic frequency load limiting gear
- distance protection for high voltage and extra high voltage lines

Furthermore there is discussed the protection of circuit-breaker reserve in electric stations and also electromechanical distance protection for medium voltage lines. It should be emphasized that in spite of extensive development of semiconductor elements in protection practice, Brown Boveri and Cie has not given up manufacturing certain types of electromechanical relays.

There are presented the principles and the range of voltage tests of static relays manufactured by the firm. Finally the autor says, that after 10 years of practice with all types of electronic relays it can be said that reliability rate of these elements is at least the same as of conventional electromechanical elements.