

Staffelplan-Automatisierung: Effizienzsteigerung in der Schutzrelaisprüfung

Die vorgestellte Verfahrensweise stellt einen wesentlichen Beitrag zur Systematisierung der Schutzprüfung und Minimierung der Konfigurationstätigkeit dar. Speziell die Eingabe und Konstruktion von Kennlinien sowie die Berechnung der Prüfgrößen sind zeitaufwendig. Die Automatisierung des Datenflusses unter Bezugnahme auf existierende Lösungen und Softwareplattformen minimiert die unternehmensinternen Aufwendungen hinsichtlich Installation und Schulung. Es sei unterstrichen, dass der aufgezeigte Lösungsansatz als Hilfsmittel zu verstehen ist und keinesfalls die Fachkraft ersetzen kann, da im Besonderen bei Sonderanwendungen oder im Falle des „Nichtbestehens der Prüfung“ das detaillierte Sachverständnis zur Ursachenklärung und deren Behebung erforderlich ist.

Hagen Grünert

Der Beitrag stellt einen Lösungsansatz vor, welcher unter der Beachtung der vorstehenden Rahmenbedingungen sowie der Berücksichtigung der existierenden Prozessstrukturen die Schutzrelaisprüfung systematisiert und vereinfacht.

Die Prozessanalyse

Um eine Ausgangsbasis zur weiteren Diskussion zu entwickeln, sei der momentane Stand der Schutzrelaisprüfung und des schutztechnischen Datenflusses analysiert. Die für die Schutzeinstellung notwendigen Daten der Betriebsmittel liegen in unterschiedlichster Form vor. Allgemeine Parameter, wie Wandlerdaten und installierte Schutzgeräte, werden im Allgemeinen der Betriebsmitteldatenbank entnommen. Die Haltung der Leitungs-, Transformator- und Netzparameter hingegen erfolgt häufig in speziellen Datenbanken, welche Bestandteil geographischer Informationssysteme (GIS) bzw. von Programmen zur Netz- und Kurzschlussberechnung (KS-Programm) sind. Die Berechnung der letztendlich im Relais einzustellenden Werte basiert auf dem vorstehend be-

Die Prüfung von Schutzrelais im Rahmen der Inbetriebnahme oder periodischen Wiederholungsprüfung zählt zu den komplexesten Aufgaben in der elektrischen Energietechnik. Die Palette der installierten Schutzgeräte umfasst hierbei die elektromechanische, analog statische sowie die digitale Technik verschiedenster Hersteller. Heutige Geräte sind im Besonderen durch eine hohe Integrationsdichte von verschiedenen Schutz-, Steuer-, und Fernwirkfunktionen gekennzeichnet, um sowohl flexibel in allen Spannungsebenen eingesetzt werden zu können als auch den Installations- und Engineering-Aufwand zu minimieren.

An das Wartungspersonal sind daher hohe Ansprüche hinsichtlich des Anlagen- und Gerätewissens gestellt. Gleichmaßen zeichnet sich in den Unternehmen eine zunehmende Verschmelzung von Schutz-, Mess- und Fernwirktechnik ab, wodurch die zuständigen

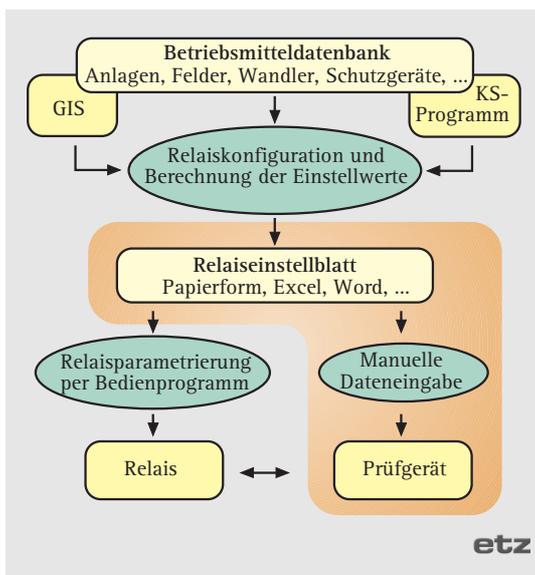


Bild 1. Prozesse und Datenfluss im Relaischutz

Sekundärtechniker einen wesentlich umfangreicheren Aufgabenbereich erhalten.

Detaillierte Untersuchungen zeigen, dass der Umfang der Prüfungen sowie die verwendeten Technologien stark individuell geprägt sind.

Die Systematisierung der Prüfung, d. h. die Anwendung gleicher Technologien sowie die Automatisierung des Parameterflusses lassen sich somit als logische Zielsetzungen im Rahmen der künftigen Wartungsstrategien finden.

Dipl.-Ing. Hagen Grünert (39), VDE, ist Geschäftsführer der GSC Power Engineering GmbH in Erlangen und befasst sich seit 1990 mit der Schutztechnik elektrischer Netze und Kraftwerke. Er studierte an der TH Zittau elektrische Energietechnik. Nach dem Studium begann seine berufliche Laufbahn bei der Siemens AG in Erlangen. Von 1995 bis 2004 war er Geschäftsführer der Omicron Electronics Deutschland GmbH und beschäftigte sich speziell mit der Prüfung von Relaischutzsystemen.
E-Mail: hagen.gruenert@gsc-power.de

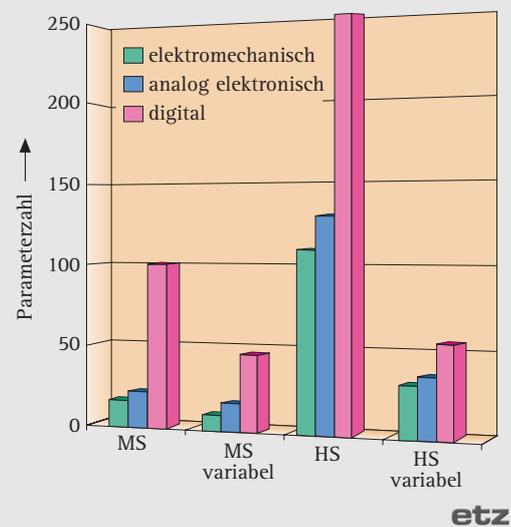


Bild 2. Parameteranzahl von Distanzschutzgeräten

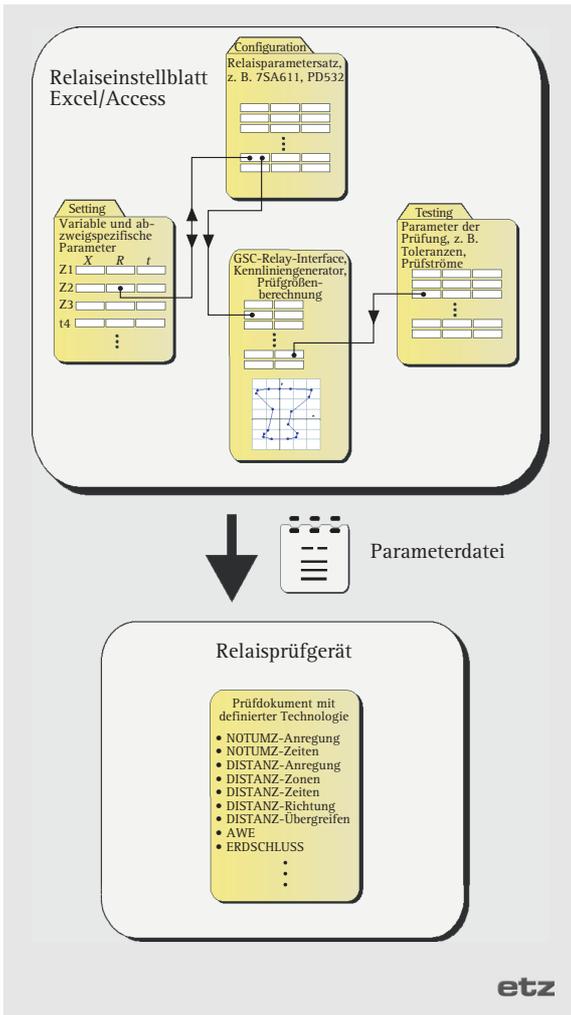


Bild 3. Struktur des automatisierten Relaisstellblatts

Prüfgeräte weitestgehend manuell konfiguriert und die Prüfung entsprechend der im Unternehmen festgelegten Technologie hauptsächlich für die variablen Parameter durchgeführt. Ein nicht unerheblicher Anteil dieser Konfigurationstätigkeit basiert auf Erfahrungen, ist gerätespezifisch und gleichfalls von nicht variablen Parametern abhängig. Die Grafik in Bild 2 zeigt eine Analyse des durchschnittlichen Parametergehalts von Distanzschutzrelais in der Mittel- und Hochspannung. Dabei wurde ein für diese Spannungsebenen typischer Funktionsumfang bei der Klassifizierung zum Ansatz gebracht.

- Mittelspannung (MS):**
- Distanzschutz mit Überstromanregung,
 - Reserveüberstromzeit-schutz,
 - gerichteter Erdschluss-schutz,
 - Zuschaltfehlerschutz.
- Hochspannung (HS):**
- Distanzschutz mit Impe-danz- bzw. Unterspannungsanregung,

- Reserveüberstromzeitschutz,
- automatische Wiedereinschaltung,
- Zuschaltfehlerschutz,
- Signalvergleich,
- Pendelsperre.

Interessant erscheint der Vergleich hinsichtlich der Gesamtanzahl der Parameter und der Anzahl der variablen Parameter, d. h. der Parameter, welche feldspezifisch sind. Es ist offensichtlich, dass der Anteil der variablen Parameter bezogen auf die absolute Schutzparameteranzahl in der Mittelspannung ca. 40 % bis 60 % und in der Hochspannung 20 % bis 30 % beträgt. Damit ist ein nicht zu vernachlässigender

Abkürzungen

- AWE Automatische Wiedereinschaltung
- GIS Geografisches Informationssystem
- HS Hochspannung
- KS Kurzschluss
- LE Leiter-Erde
- LL Leiter-Leiter
- MS Mittelspannung
- UMZ Unabhängiger Maximalstrom-zeitschutz
- Z1 Erste Zone

Anteil funktionsbestimmender Parameter kein Bestandteil der Daten des allgemein üblichen Schutzstellblatts. Ferner sind bei der Prüfung Randbedingungen, wie Toleranzen und Anschaltungen, zu be-

schriebenen Eingangsdaten unter Anwendung von Staffelpplanprogrammen und des schutztechnischen Experten-wissens. Die ermittelten Relais-einstellwerte werden in den sog. „Relais-einstell- bzw. Staffelpplanblättern“ festgehal-ten. Diese Relais-einstellblät-ter wurden in der Vergangen-heit dahingehend automatisiert, dass z. B. die einzustellenden Sekundär-werte aus den Primärwerten automatisch berechnet werden. Der für die Relaispara-metrierung und Prüfung zu-ständige Mitarbeiter nutzt die in diesen Dokumenten aufgeführten Daten als Soll-parameter für Schutz- und Prüfgerät gleichermaßen. Bild 1 verdeutlicht den Sachverhalt grafisch.

Bei der Relaisprüfung werden die zu verwendeten

Schutzstellblatt		7SA511		Anlage:	GSC power engineering		Feld:	Ltg.73 Erlangen	
Z-Einstellwerte sind		Sekundärwerte		Parametersatz:	Parametersatz A		Feld-Nr.:	3	
				Grundparametersatz:	Distanzschutz 20kV		Seriennummer:	BF12345678	
Netzsterpunkterdung	gelöscht	Stromwandler primär	400 A	Spannungswandler primär	20 kV				
Stromwandlererdung	leitungsseitig	Stromwandler sekundär	1 A	Spannungswandler sekundär	100 V				
Spannungswandler	leitungsseitig	Schutzobjektimpedanz	Z [Ω]	φ	R [Ω]	X [Ω]	RE/RL XE/XL		
		Mitsystem	3,00	60,00 °	1,50	2,60	1,00		
		Nullsystem	12,00	60,00 °	6,00	10,39	1,00		
Anregung	Überstrom-Anregung	Länge	1,40 km	RE/RL	1,00	Not UMZ vorhanden			
		XE/XL	1,00	le>	0,50 I/in	Ue>	20,00 V		
							>>	2,00 I/in	0,30 s
							>	1,00 I/in	0,50 s
							le>	0,20 I/in	0,30 s
Zone			%	X	R	RE	t LE	t LL	
Z1	vorhanden	vorwärts	96%	2,500	1,250	2,500	0,00 s	0,00 s	
Z2	vorhanden	vorwärts	192%	5,000	2,500	5,000	0,30 s	0,30 s	
Z3	vorhanden	vorwärts	385%	10,000	5,000	10,000	0,60 s	0,60 s	
t4	vorhanden	vorwärts					0,90 s	0,90 s	
t5	vorhanden	vorwärts					1,20 s	1,20 s	
Z1B	vorhanden	vorwärts	115%	3,000	1,500	3,000	0,00 s	0,00 s	
Z1L	vorhanden	vorwärts	154%	4,000	2,000	4,000	0,00 s	0,00 s	
AWE	nicht vorhanden			Signalvergleich			nicht vorhanden		
Empfindlicher Erdfehlerschutz	nicht vorhanden			Schalten auf Fehler			vorhanden		

Bild 4. Variabler Parametergehalt am Beispiel des Distanzschutzrelais 7SA511

achten, welche gerätespezifisch sind und nicht in Parameterform vorliegen.

Automatisierung des Relaisstellblatts

Aus der Systematisierung der Schutzprüfung lassen sich folgende Anforderungen an das Relaisstellblatt ableiten:

- Zugriff auf sämtliche Schutzparameter,
- extrahierte und einfache Darstellung und Eingabe variabler Parameter,
- Definition der Prüfparameter,
- automatisches „Mapping“, d. h. Zuordnung der relaisspezifischen Parameter zu einer aller Relais gemeinen Systemchnittstelle,
- Kennliniengenerator und Generierung von Parameterdateien für die Relaisprüfgeräte.

Bild 3 zeigt die dem erweiterten und automatisierten Relaisstellblatt zugeordneten Funktionsbausteine. In Bild 4 ist der variable Parametergehalt eines digitalen Distanzrelais dargestellt. Kernstück des automatisierten Relaisstellblatts ist die Übergabe und Zuordnung der gerätespezifischen Parameter an eine allgemeingültige Datenstruktur, die Schutzgenerationen sowie Gerätehersteller übergreifend definiert ist.

Die Eingabe der Kennlinienform von Distanzschutzrelais, im Besonderen die der Impedanz-Anregecharakteristiken, erfordert Relaisdetailwissen und ist häufig zeitaufwendig. Die vorgestellte Lösung benutzt einen integrierten Kennliniengenerator, wodurch die Polygone und Kreise sowie deren Kombinationen automatisch aus dem Relaisstellblatt berechnet werden. Der Datentransfer zu den Prüfgeräten geschieht über die zur Verfügung stehenden ASCII-Schnittstellen. Bild 5 zeigt häufig verwendete Kennlinien von Distanzschutzrelais.

Die Prüftechnologie

Zur Sicherung einer hohen Qualität der Prüfung sowie zur Minimierung individueller Systemfehler ist die Verwendung

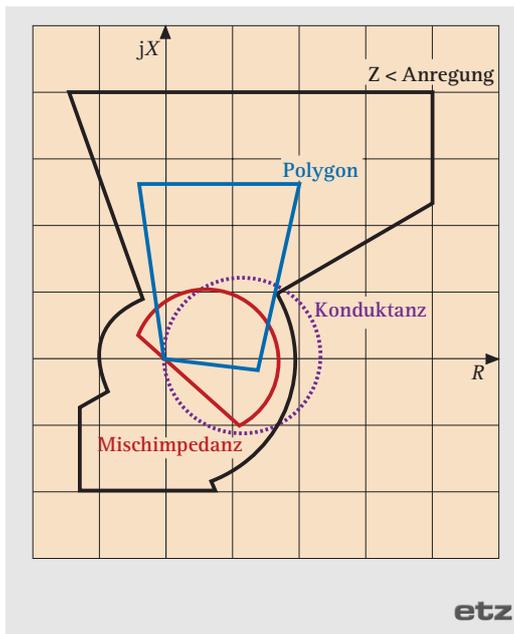


Bild 5. Distanzkennlinien im R-X-Diagramm

einer definierten Technologie im Unternehmen erforderlich. Daher erscheint zunächst die Definition und Erstellung schutzgerätespezifischer Relaisprüfdokumente als sinnvoll, d. h. zugeschnitten auf die Schutzgeräte Distanzschutz, Transformator- und Generatordifferenzialschutz, Leitungs- und Kabeldifferenzialschutz u. a.

Für den Distanzschutz wird der nachstehend aufgeführte Umfang als notwendig gesehen, wobei die unternehmensspezifische Lösung in Abstimmung mit evtl. Besonderheiten entwickelt werden muss. Prinzipiell kann ein für die Mittel- als auch Hochspannung gültiges Dokument zum Ansatz gebracht werden:

- Prüfung der unverzögerten Auslösung bei einem Fehler mit 50 % Z1 (erste elektrische Prüfung),
- leiterselektive Prüfung der Anregung des Not-UMZ,
- Prüfen der Auslösezeiten des Not-UMZ,
- Prüfen der Anregung des Distanzschutzes im Strom- und Spannungs-

system (bei „U<“-Anregung) für alle LE- und LL-Schleifen,

- Prüfen der Zonenwerte und „Z<“-Anregung beim Leitungswinkel sowie bei 0° und 180° für LL- und LE-Fehler in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung,
- Prüfen der Auslösezeiten des Distanzschutzes,
- Prüfen des Richtungsverhaltens des Distanzschutzes,
- Prüfen der Funktion „Schalten auf Fehler“,
- Prüfen der Reichweite von Übergreifstufen,
- Prüfung des Messbereichs, der Phasenselektivität, der Auslösezeiten und der Pausenzeiten (auch Pol-offen-Zeiten) der AWE,
- Prüfung Messbereich und Logik des Signalvergleichs,
- Prüfen des empfindlichen Erdfehlerschutzes,
- Durchführen von Leistungsschalerauslösekontrollen/AWE mit Leistungsschalter.

Automatisierung von Prüfprogrammen

Die explizite Konfiguration des Prüfgeräts, beispielsweise die zu verwendenden Fehlerarten, die Ströme und Spannungen je Prüfschritt, der AWE-Modus (ein- oder dreipolige AWE), werden entsprechend der Anwendung und Spannungsebene automatisch berechnet und durchgeführt.

Hierzu bieten sich die Automatisierungsschnittstellen der Relaisprüfgeräte an. Ähnlich wie bei den Standard-Produkten von Microsoft z. B. Excel oder Word, wo eine Automatisierung bzw. Programmierung individueller Funktionen per Makro bzw. Visual Basic ermöglicht wird, können die Einstellungen und Konfigurationen der spezifischen Prüfungen auf der Basis der definierten Parameterschnittstelle automatisiert werden. ■