Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 91 (2000)

Heft: 25

Artikel: Moderne Sekundärtechnik für Schaltanlagen in deregulierten Energiemärkten

Autor: Rudolph, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855646

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Moderne Sekundärtechnik für Schaltanlagen in deregulierten Energiemärkten

Die Deregulierung der Energiemärkte zwingt die Netzbetreiber zu einer Überprüfung der betrieblichen Abläufe und des Kapitaleinsatzes. Bei Investitionsvorhaben sind neben den direkten Beschaffungskosten auch langfristige Kosten und neue vertragliche Verpflichtungen zur Netzqualität zu betrachten. Moderne Einrichtungen der Sekundärtechnik ermöglichen, den gestiegenen wirtschaftlichen und technischen Anforderungen gerecht zu werden.

Die weltweit in Gang gesetzte Deregulierung der Energiemärkte beginnt die Beziehungen zwischen Lieferanten und Abnehmern von Energie zu ändern. Das Produkt «elektrische Energie» ist nun handelbar und seine Eigenschaften Bestandteil von Verträgen, obwohl die Leitungsbindung und die beschränkte Speicherfähigkeit dem entgegenzustehen scheinen. Mit dem einsetzenden Wettbewerb im Bereich der Energiemärkte wurden die Energieversorger gezwungen, die Produktpreise am Markt zu spiegeln. Damit standen auch schlagartig die Kosten für die Energieerzeugung, -übertragung, -verteilung und den Vertrieb auf dem Prüfstand. Eine Folge davon ist die Überprüfung der bisherigen Netzbetriebsführung auf wirtschaftliches Optimierungspotential.

Eine Vielzahl von Ansatzpunkten zur Kostensenkung ist bei der Optimierung denkbar. Beginnend bei der Verlängerung der Nutzungsdauer, Reduzierung der vorbeugenden Wartung oder Änderung der Planungsgrundlagen bei Netzaus- oder -umbauten haben letztlich alle Massnahmen das Ziel, Betriebskosten zu senken, ohne die Versorgungsqualität unzulässig zu beeinträchtigen. Da Spannungsqualität und Verfügbarkeit Vertragsbestandteile werden, ist der Weg für eine Kostenoptimierung stark von der aktuellen Netzstruktur sowie dem aktuellen Netzzustand abhängig.

Adresse des Autors
Dipl.-Ing. *Thomas Rudolph,* Leiter Mess- und Steuerprodukte, Alstom Energietechnik GmbH, D-60528 Frankfurt/Main
thomas.rudolph@tde.alstom.com

Der Einsatz moderner Sekundäreinrichtungen und -systeme ermöglicht eine Senkung der Betriebskosten sowohl bei Neu- wie Umbau von Schaltanlagen. Die stark gestiegene Funktionsintegration, höhere Verarbeitungsleistungen von numerischen Einrichtungen, neue Kommunikationstechnologien und einheitliche Werkzeuge zur Bedienung und Parametrierung sind Basis für die Einsparungen. Neben den klassischen Einrichtungen der Sekundärtechnik wie Schutz-, Steuer- und Fernwirkgeräten sowie Verrechnungszählern werden in den Schaltanlagen zukünftig auch Messeinrichtungen zum Nachweis der Netzqualität eingesetzt. Neben der Überwachung von vertragsrelevanten Grenzwerten dienen diese Einrichtungen auch der Datenerfassung im Vorfeld von Netzoptimierungen. Die Planung von Produktdifferenzierungen unter Einschluss der Verfügbarkeit benötigt eine vorherige Analyse des Netzzustandes. Moderne sekundärtechnische Einrichtungen tragen somit direkt zur Rentabilität des Netzbetriebes unter geänderten Marktbedingungen bei.

Anforderungen an Sekundärtechnik in deregulierten Märkten

Wie bereits erwähnt, zwingt der zunehmende Kostendruck die Betreiber von Übertragungs- und Verteilnetzen zu einer Optimierung der Betriebskosten, wobei die Überprüfung von Investitionen im Vordergrund steht. Ersatzinvestitionen werden erst getätigt, wenn der technische Zustand eine Erneuerung zwingend notwendig erscheinen lässt. Dabei wird auch den unterschiedlichen Lebensdauern von Primär- und Sekundärtechnik Rechnung getragen. So ist heute davon auszugehen, dass während der projektierten Lebensdauer der Primäranlage einmal die Sekundärtechnik gewechselt wird. Der Betrachtung der Kosten von Ersatzinvestitionen liegen daher verstärkt Modelle zur Berechnung der Betriebskosten über die Nutzungsdauer zu Grunde. Die Berechnung der Life-Cycle-Cost schliesst neben den direkten Beschaffungskosten auch die Aufwendungen für Inbetriebnahmen, Wartung, Instandsetzung, Schulung, Verbrauchsmaterial sowie für die Entsorgung ein. Daher sind nicht mehr alleine die Produktkosten entscheidend, sondern auch die Folgekosten müssen sich in einem angemessenen Rahmen halten, da sonst die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist.

Die wichtigste Aufgabenstellung moderner Sekundärtechnik ist daher die wirtschaftlich optimierte Integration aller feld- und anlagenbezogenen Funktionen mit möglichst wenigen, aber einfach zu bedienenden Komponenten, die an die jeweilige Aufgabenstellung flexibel angepasst werden können. Einheitliche Technik sollte die Reduzierung des Schulungsaufwands bei gleichzeitig höherer Sicherheit im Umgang mit den Einrichtungen erlauben. Durch die Kombination von Selbstüberwachung und einheitlichem Aufbau sollte eine Verlängerung von Wartungsintervallen und eine Reduzierung der Ersatzteilhaltung möglich sein. Die Integration der Einrichtungen in die Kommunikationsinfrastruktur ist zwingend für eine optimierte Betriebsführung mit kurzen Reaktionszeiten, die im Falle einer Netzstörung zur schnellen Fehlereingrenzung und -beseitigung notwendig sind.

Kombinierte Schutz- und Steuereinrichtungen

Nachdem digitale Netzschutzeinrichtungen seit vielen Jahren im praktischen Einsatz ihre Zuverlässigkeit unter Beweis gestellt haben, werden zunehmend auch Funktionen der Steuerungstechnik in

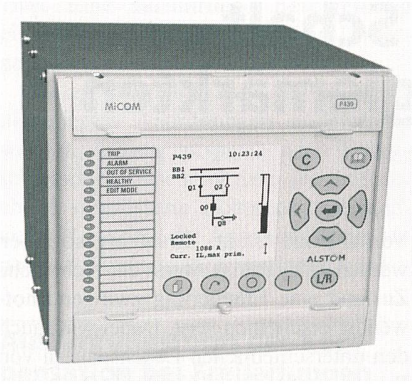


Bild 1 Kombinierte Distanzschutz-/Steuereinrichtung Micom P439

Einheitliches, modulares Aufbausystem für Rahmen-, Wand- und Schalttafelmontage bei reduzierter Gehäusehöhe. Die integrierten Leistungsausgänge ermöglichen den Verzicht auf Zwischenrelais.

diese integriert. Diese neuen kombinierten Schutz- und Steuereinrichtungen wurden erst durch die heutigen leistungsfähigen Technologien ermöglicht. Der Anwendungsbereich von kombinierten Schutz- und Steuereinrichtungen wird derzeit in Mittelspannungs- und einfachen Hochspannungsanlagen von Verteilnetzen gesehen. Die wirtschaftlichen Vorteile bei Planung, Montage, Inbetriebnahme, Logistik und Schulung sprechen eindeutig für einen Einsatz dieser Einrichtungen. Für Anwendungen, bei denen die Trennung von Schutz- und Steuerungsfunktionen notwendig ist, stehen eigenständige Einrichtungen zur Verfügung, deren Handhabung am Gerät und über das PC-Bedienprogramm einheitlich ist. Die bereits heute verfügbaren offenen Kommunikationsschnittstellen ermöglichen den Einsatz dieser Einrichtungen in Verbindung mit unterschiedlichen Leitsystemen.

Die neue Micom-Familie von Alstom erfüllt diese Anforderungen (Bild 1). Neben reinen Schutz- bzw. Steuereinrichtungen umfasst sie auch kombinierte Einrichtungen. Basis der einheitlichen Bedienphilosophie aller Geräte ist die Gliederung der Funktionen in drei Kategorien. Dabei wird zwischen der Gerätekonfiguration, globalen Funktionen und den eigentlichen Hauptfunktionen unterschieden. Die eigentlichen Funktionsbausteine werden in diese Kategorien eingeteilt und bilden einen aus Benutzersicht sinnvollen Bedienbaum. Dabei ist der Bedienbaum nochmals nach Parametern, Betriebsinformationen und Ereignisinformationen eingeteilt. Um bei der steigenden Funktionsintegration den Überblick zu gewährleisten, werden nur Funktionen mit den zugehörigen Parametern bzw. Informationen dargestellt, die auch benötigt werden, d.h. konfiguriert wurden (Bild 2). Zu den Gemeinsamkeiten der Geräte gehört auch die Vielfalt an offenen Kommunikationsschnittstellen, welche die Einbindung in Leitsysteme auf einfache Weise ermöglicht. Allen Geräte stehen neben der Schnittstelle nach IEC 60870-5-103 auch IEC 870-5-101, Modbus sowie DNP 3.0 zur Verfügung. Diese Protokolle sind sogar über eine Parametrierung des Gerätes einstellbar. Mit der Schnittstelle nach IEC 870-5-101 wird die Einbindung dieser Einrichtungen in die Kommunikation mit bestehenden Fernwirkunterstationen erleichtert; damit sind alle Geräte aber auch als Fernwirkunterstationen direkt einsetzbar. Modbus andererseits stellt im industriellen Bereich die Basis für eine Integration in Werksleittechniken dar.

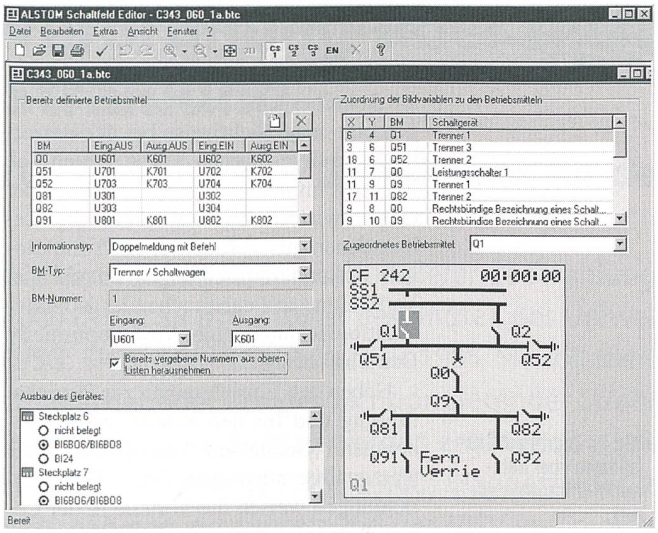
Messung der Netzqualität

Die moderne Industriegesellschaft ist ohne sichere Energieversorgung nicht mehr vorstellbar. Daher haben die Gesetzgeber in vielen Ländern Randbedingungen für die Energieversorgung festgelegt, die auch die volkswirtschaftlichen Interessen berücksichtigen. In der Europäischen Union (EU) wurde hierzu die Richtlinie 96/92/EG mit gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsmarkt erlassen [1]. Diese legt gemeinsame Vorschriften der EU-Mitgliedsstaaten für die Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung fest. Zusätzlich regelt die Richtlinie u.a. die Organisation und Funktionsweise des Energiesektors, den Marktzugang und den Betrieb der Netze. Die Umsetzung der Richtlinie unterliegt in der EU den Mitgliedsstaaten. So wurde die Richtlinie in Deutschland mit dem Energiewirtschaftsgesetz [2] in nationales Recht umgesetzt. Der Zweck des Gesetzes ist eine möglichst sichere, preisgünstige und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung mit Elektrizität und Gas im Interesse der Allgemeinheit. Danach besteht eine allgemeine Anschluss- und Versorgungspflicht für die Energieversorgungsunternehmen, sofern sie wirtschaftlich vertretbar ist.

Durch die im Rahmen der Deregulierung vorgenommene Aufteilung von Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung in rechtlich eigenständige Unternehmen ändert sich auch das vertragliche Verhältnis zwischen dem Abnehmer der Energie und seinem bisherigen Lieferanten. In Deutschland stellt der GridCode 2000 [3] das Regelwerk für die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) dar. Für das Verteilnetz ist ein entsprechender DistributionCode [4] in Arbeit, der noch vor Ende 2000 verabschiedet werden sollte. Danach stellt der Verteilnetzbetreiber (VNB) den Netzanschluss her (Netzanschlussvertrag) und hält diesen in Stand, während der Netznutzer die Kosten des Anschlusses trägt. Bestandteil des Netzanschlussvertrags ist auch die Einhaltung der technischen Richtlinien und Normen. Hierzu gehört mit der EN 50160 [5] auch die Spannungsqualität. Eventuell notwendige Massnahmen zur Sicherstellung der Spannungsqualität werden gemeinsam von VNB und Anlagenbetreiber erarbeitet und umgesetzt. Mit dem Netznutzungsvertrag stellt der VNB den Zugang zum Netz bei gleichzeitiger Zahlung von Netzentgelten durch den Netznutzer sicher. Die hierfür erforderlichen Kriterien für die Bestimmung von Netznutzungsentgelten für elektrische Energie sind in einer Verbändevereinbarung [6] geregelt. Der Stromliefervertrag umfasst die eigentliche Energielieferung mit notwendigen Angaben zu Lastprofilen, Verfügbarkeit, Mitteilungspflichten etc.

Damit stellt sich die Frage nach den Qualitätskriterien unter Berücksichtigung der Nachweisbarkeit neu. Denn mit der Deregulierung gilt das alte Prinzip «der Strom kommt aus der Steckdose» nur noch, wenn Netzanschluss- und Netznutzungs- und Stromlieferverträge entsprechend den Bedürfnissen der Abnehmer hinsichtlich Verfügbarkeit und Spannungsqualität abgeschlossen wurden. Elektrische Energie wurde in der Vergangenheit flächendeckend mit hohem Qualitätsniveau von den Elektrizitätsunternehmen für alle Verbraucher bereitgestellt. Unter dem Kostendruck eines vom Wettbewerb geprägten Marktes werden sich die Anbieter entscheiden müssen, ob eine Produktdifferenzierung für unterschiedliche Abnehmergruppen notwendig ist. Eine solche Entwicklung ist vielfach schon erfolgt: «Grün», «Gelb», «Premium» oder einfach nur «Öko» prägen bereits die Werbung in vollständig deregulierten Märkten. Während sich dort Haushaltskunden auf die Energiekosten konzentrieren, stehen für die Industrie andere Eigenschaften im Vordergrund. Die Verfügbarkeit des Produktionsprozesses und der Schutz empfindlicher elektronischer Einrichtungen vor Netzstörungen sind hier wichtiges Kriterium aus Abnehmersicht. Allerdings kann auch der eigene Maschinenpark Störungen verursachen, die auf den vertraglich vorgegebenen Grenzwert beschränkt werden müssen.

Zur Absicherung der vertraglich getätigten Zusagen an Verfügbarkeit und Qualität sind Netzbetreiber und Energie-



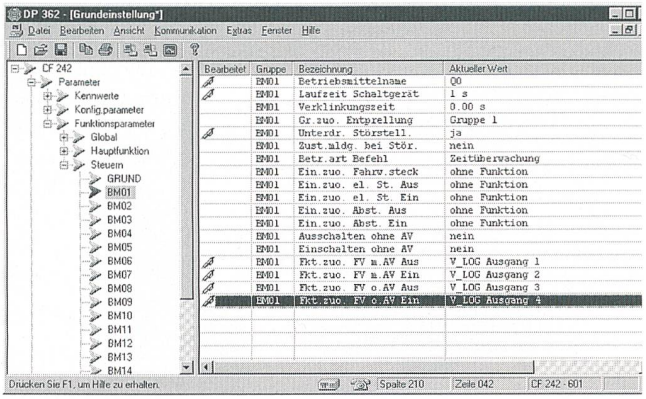


Bild 2 Bedienprogramm und Schaltfelderstellung des Micom S1

Die bereits werksseitig in den Geräten hinterlegten Definitionen der Schaltfelder (linkes Bild) können anwendungsspezifisch ergänzt werden. Die Bedienung des Geräts kann am integrierten Vor-Ort-Bedienfeld oder über die PC-Schnittstelle des Micom S1 mit den Bedienprogrammen (rechtes Bild) erfolgen.

erzeuger, aber auch Industrieunternehmen gezwungen, mittels geeigneter technischer Einrichtungen die Kenngrössen zu überwachen. Moderne, digitale Messeinrichtungen wie Geräte der Micom-M720-Reihe von Alstom (Bild 3) übernehmen diese Aufgabe, generieren Datensätze zur späteren Auswertung und können definierte Grenzwerte kontrollieren. Die Analyse der aufgezeichneten Datensätze dient nicht nur dem Nachweis, sondern ermöglicht auch die wirtschaftliche Optimierung des elektrischen Energienetzes und trägt damit zur Rentabilität auch unter steigendem Kostendruck bei. Micom M720 erfasst die Spannungen und Ströme des Netzes und berechnet in Echtzeit eine detailgenaue Darstellung der Netzqualität. Für Überwachungszwecke können auch zusätzliche Werte zur Online-Information über den Netzbetriebszustand und die Netzqualität bereitgestellt werden (Tabelle I). Diese Informationen werden im Speicher des Gerätes aufgezeichnet und per Fernabfrage über eine Kommunikationsverbindung bereitgestellt. Bei einigen Modellen dieser Serie wird auch die Kurvenform- und «Schnappschuss»-Erfassung angeboten. Die Aktualisierung der Daten wird in Form von Messwerten und graphischen Darstellungen mit dem Auswerteprogramm QR Monitor direkt angezeigt, das auch eine erweiterte Analyse der Qualitätsmerkmale leistet. Dabei werden Ereignisse zeitfolgerichtig angezeigt und Parametertypen, Anzahl der Ereignisse und weitere gefilterte Kenngrössen der Netzqualität zur Verfügung gestellt.

Moderne Kommunikationstechnik in Unterstationen

Die Entwicklung der Sekundärtechnik war und ist eng verknüpft mit dem Fortschritt und der Standardisierung in der Kommunikationstechnik. Die Einführung digitaler Schutzeinrichtungen in der ersten Hälfte der achtziger Jahre und deren Integration mit Einrichtungen für Fernwirk-, Steuer- und Überwachungsaufgaben in durchgängige Systeme führten zu der Notwendigkeit genormter Schnittstellen. Diese Standardisierung berücksichtigte in der Vergangenheit die Erfahrungen beim Einsatz dieser Einrichtungen und bezog sich auf spezielle Aufgabenbereiche wie serielle Schutzschnittstelle und Fernwirkankopplung. Derzeitige Kommunikationsstrukturen basieren im Wesentlichen auf den VDEW-Empfehlungen zur Stationsleittechnik von 1987 und 1994. Die darin definierte Teilung in Feld- und Stationsleitebene hat bis heute Gültigkeit. Neben den physikalischen Strukturen wurden Funktionsumfänge und -strukturen beschrieben. Im Falle der Kommunikation musste zwischen den herstellerspezifischen Lösungen (Feldeinheiten zur Steuerung und Überwachung sowie Stationsleitebene) und der seriellen Anbindung von Schutzeinrichtungen unterschieden werden. Letztere war seit Mitte der achtziger Jahre Gegenstand der Standardisierung und führte von der VDEW/ZVEI-Schnittstelle zu der heutigen IEC 60870-5-103. Diese an den Informationsumfang von Netzschutzeinrichtungen angepasste Norm wurde zwischenzeitlich um Informationsobjekte im privaten Bereich für die Steuerung ergänzt. Basis hierfür bildet die VDEW-Empfehlung «Digitale Stationsleittechnik – Ergänzende Empfehlungen zur Anwendung in Verteilnetzstationen» [7]. Unter Anwendung der erweiterten Schnittstelle nach IEC 60870-5-103 lassen sich heute optimal auf die jeweilige Anwendung zugeschnittene Sekundärtechniklösungen realisieren.

Neben der Integration der Geräte in Systeme wächst zudem der Bedarf an intelligenten Kommunikationsstrukturen für den Fernzugriff auf Daten aus der Schaltanlage. Insbesondere zur Verkürzung von Ausfallzeiten nach Netzstörungen ist ein schneller Zugriff auf Störfall-

Messung/Aufzeichnung	Spannungsqualität
Leiter-Leiter-Spannungen	Höhe der Versorgungsspannung
Leiter-Erde-Spannungen	Netzfrequenz
Gegensystem-Spannungen	Spannungsunterbrechungen
Ströme (I_{L1}, I_{L2}, I_{L3})	Langsame Spannungsänderungen
Erdstrom	Schnelle Spannungsänderungen
Wirkleistung	Spannungseinbrüche
Blindleistung	Spannungsunsymmetrie
Leistungsfaktor	Oberschwingungsspannungen
Störschrieb	Oberschwingungsströme
Erfassung von Binärsignalen	Gesamtoberschwingungsgehalt (THD)
	Zwischenharmonische Spannungen
	Signalspannungen
	Flicker

Tabelle I Mögliche Netzbetriebszustände zur Online-Information

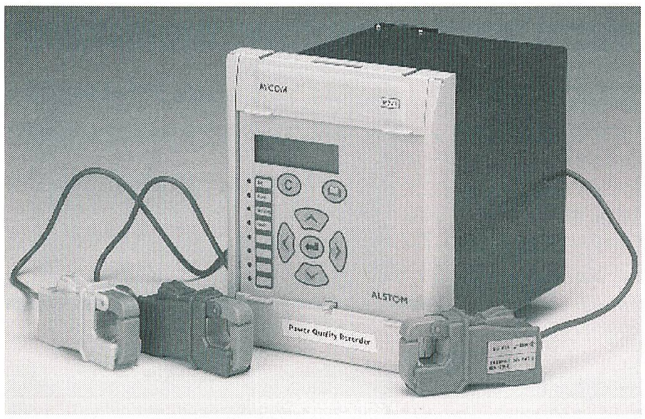


Bild 3 Messeinrichtung zur Netzqualität: Micom M720

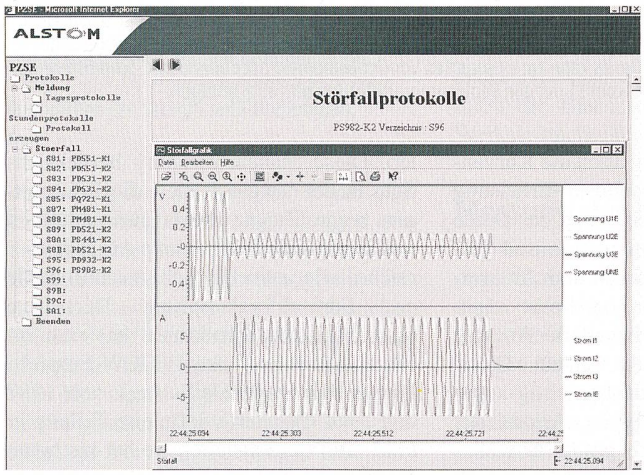


Bild 4 Zugriff auf Störfalldaten über Netzwerke (Intranet/Internet)

Das Bedienprogramm Micom S1 erlaubt die Kommunikation über die PZSE oder ESC bis in die angeschlossenen Geräte, was eine Störungsaufklärung von ferne bis in die angeschlossene Peripherie hinein ermöglicht.

daten notwendig. Die zentrale Schutzdatenerfassung und -speicherung (PZSE oder als integrierte Funktion in der Stationsleittechnik ESC) ermöglicht einen Zugriff über Modem auf diese Daten. Die PZSE bietet darüber hinaus die Integration in ein Unternehmensnetzwerk mit einem Zugriff über Internet-Browser (Bild 4). Die hierfür notwendige Projektierung erfolgt über ein integriertes Projektierungswerkzeug, das durch schutzspezifische Vorlagedateien die Projektierungszeiten deutlich reduziert. So lässt sich in weniger als einem Tag eine vollständige Bedienung, Fernsteuerung und Schutzdatenspeicherung für eine Schaltanlage mit der PZSE erstellen und dokumentieren.

Unabhängig von diesen Kommunikationsverfahren wird auf internationaler Ebene in der IEC an der nächsten Generation der Kommunikation in Schaltanlagen gearbeitet. Eine einheitliche, offene Kommunikationsstruktur für alle Funktionen ist das Ziel der neuen IEC 61850, die ab 2002 zu erwarten ist. Alstom unterstützt dabei aktiv diesen Prozess durch Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien und durch die Teilnahme an Pilotprojekten.

Zusammenfassung

Die Anforderungen der Deregulierung an Betreiber von Schaltanlagen erzwingen eine neue Sichtweise bei der Bewertung von Investitionen. Diese richten sich in einem immer stärkeren Rahmen an der Gesamtwirtschaftlichkeit über die Lebensdauer aus. Moderne, multifunktionale Sekundäreinrichtungen erlauben in Verbindung mit entsprechender Kommunikationstechnik eine kostenoptimierte Betriebsführung.

Neben den Einrichtungen zur Betriebsführung und für den Schutz werden zunehmend Geräte zur Überwachung der Netzqualität eingesetzt. Auch diese Einrichtungen weisen die Vorteile in der Logistik, der Handhabung und bei der Schulung auf, die für wirtschaftliche Lösungen notwendig sind.

Trotz kontinuierlicher Weiterentwicklung wird dabei dennoch Wert auf eine langfristige Unterstützung bestehender Systeme und Geräte gelegt. Nur hiermit ist die Investitionssicherheit bei gleichzeitiger Zukunftssicherheit möglich.

La technique secondaire moderne pour postes de couplage dans les marchés déréglementés de l'énergie

La déréglementation des marchés de l'énergie contraint les exploitants de réseaux à réviser les déroulements d'exploitation et l'engagement des capitaux. Lors de projets d'investissement, il convient de tenir compte non seulement des coûts directs d'acquisition mais également des coûts à long terme et des nouveaux engagements contractuels au niveau de la qualité des réseaux. Des dispositifs modernes de la technique secondaire permettent de venir à bout des nouvelles exigences économiques et techniques.

Literatur

[1] EU: Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsmarkt. Amtsblatt Nr. L027 S. 0020, 1997.

[2] BRD: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG). BGBl I S. 730, BGBl III 752-2, 1998.

[3] DVG: GridCode 2000 – Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Heidelberg, 2000.

[4] VDEW, DVG: Fachtagung GridCode 2000. Heidelberg 2000.

[5] DIN: DIN EN 50160 – Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen. Berlin, 1995.

[6] VDEW, VIK, BDI: Verbändevereinbarung über Kriterien zur Bestimmung von Netznutzungsentgelten für elektrische Energie. Berlin, Essen, Frankfurt, 1999.

[7] VDEW: Digitale Stationsleittechnik – Ergänzende Empfehlungen zur Anwendung in Verteilnetzstationen. Frankfurt, 1998.

[8] IEC: IEC 61850 – Communication Networks and System in Substations, Parts 1 till 10 (Entwürfe). Genf, 2000.

[9] *Ch. Gaertner, P. Meinhardt, C. Pansegrau:* Energieversorgungsanlage richtig überwacht und geschützt. ETZ Heft 3–4/1999.

[10] *T. Rudolph:* Moderne Sekundärtechnik – Neue Generation von kombinierten Schutz- und Steuereinrichtungen. Elektrizitätswirtschaft Heft 21/1999.

[11] *H. Syed, R. Simon, T. Rudolph:* Applications and Benefits of a New Generation of Combined Protection and Control Devices. Tagungsband CEPSI 2000; Manila 2000.

[12] *T. Rudolph:* Lösungen für die Erfassung und Überwachung der Netzqualität in deregulierten Energiemärkten. Tagungsband «Qualität des Produktes Strom im deregulierten Markt», ETG des SEV, 2000.

[13] *R.-D. Walz, K. Ferling, M. Igel:* Concept for a highly sophisticated generation of protection and control devices. Cigré Symposium, Nizza 1999.