Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 61 (1970)

Heft: 4

Artikel: Einsatz von Computern in elektrischen Netzen

Autor: Kolar, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915911

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: 06.01.2026

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

Einsatz von Computern in elektrischen Netzen

Von *A. Kolar*, Suhr

727-735

681.31:621.316.1

Der Artikel gibt einen Überblick über gebräuchliche und vorgesehene Verwendung von elektronischen Rechenmaschinen für Sicherheits- und Schutzzwecke in Netzen; so können u. a. grundlegende Mängel von Distanzrelais überwunden bzw. diese durch qualitativ gleich wirkende, aber einfachere Schutzsysteme ersetzt werden.

L'article fournit un aperçu de l'application usuelle et prévue des machines à calculer électroniques en vue d'assurer la sécurité et la protection des réseaux; on peut ainsi surmonter entre autres les défauts fondamentaux des relais de distance, resp. remplacer ces derniers par des systèmes de protection d'un effet qualitativement équivalent, mais d'une plus grande simplicité.

1. Einleitung

Einleitend soll zur Demonstration der Komplexität des Sicherheitsproblemes von Netzen mit einem kurzen Hinweis auf eines der dunkelsten Kapitel moderner Elektrizitätsversorgung begonnen werden [1...7] [1]).

Am 9. November 1965 löste um 17.16 Uhr und 11 Sekunden das Reserveschutzrelais der vom Kraftwerk Beck 2 zur Unterstation Detweiler führenden Leitung Q 29 BD aus. Dadurch wurden 375 MVA an Leistung abgeschaltet. Als Folge davon wurde ein Gebiet mit einem etwa hundertmal so grossen Leistungsverbrauch, bewohnt von etwa 30 Millionen Einwohnern, zwischen 3 min bis zu 12 h stromlos. Diese Verhundertfachung der Wirkung war auf die kaskadenartige Abschaltung angrenzender Leitungen und Netzteile zurückzuführen. Nachträglich [1...7] wurden diverse Gründe des Zusammenbruches und Abhilfemassnahmen angegeben. Überblickt man kritisch den Ablauf dieser Großstörung, so zieht sich wie ein roter Faden die unkoordinierte Verhaltensweise der einzelnen Lastverteiler (es waren an die 38 von der Störung betroffen) durch das ganze Geschehen: jeder traf die von seinem Standpunkt aus optimalste Entscheidung, welche jedoch auf das ganze Netzgeschehen gesehen nicht voraussehbare Folgen hatte. Zurückblickend kann festgestellt werden, dass der Einsatz eines im folgenden beschriebenen Prozessrechners auf mehrfache Art und Weise mit Sicherheit diesen Zusammenbruch verhindert hätte.

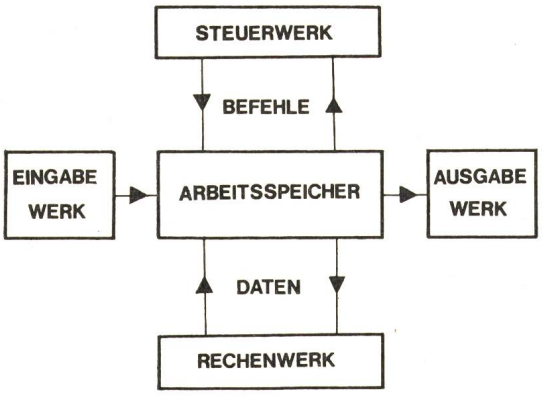

Fig. 1
Allgemeiner Aufbau von Computern

In diesem Zusammenhang ist noch zu erwähnen, dass auch die Schweiz bereits einen ähnlichen Vorfall, vergleichsweise eine Minikatastrophe also, erlebt hat; und zwar fiel in der Nacht des 18. Januar 1963 während 20 min der Strom aus [9].

2. Computersysteme

Anhand von Fig. 1 sei zuerst allgemein der Aufbau von Computern betrachtet. Im Rechenwerk erfolgt die Datenverarbeitung, wobei das Steuerwerk die Art der Verarbeitung (z. B. Addition, Division, logischer Entscheid usw.) bestimmt. Die Eingangsdaten selbst werden über den Arbeitsspeicher in das Rechenwerk transferiert. Mit der Umwelt steht der Computer über das Ein- und Ausgabewerk in Verbindung [10].

Fig. 2 zeigt die Betriebsweise von Computern, aus der sich die Computersysteme ableiten lassen. Hierbei kann an Stelle des zu überwachenden Prozesses auch eine zu steuernde Anlage oder allgemein die vom Computer zu lösende Aufgabe gesetzt werden. Der Prozess wird aufgrund einer Messung geregelt oder i. a. gesteuert.

Damit ist grundsätzlich zwischen drei Betriebsarten zu unterscheiden. Fig. 2a zeigt die bekannteste mit dem bis jetzt grössten Einsatzgebiet von Computern, den «off-line

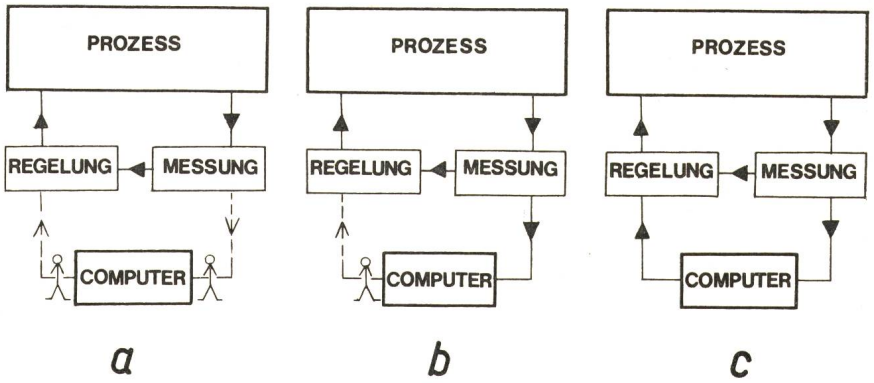

Fig. 2
Betriebsweise von Computern

a Off-line (prozessentkoppelt)
b On-line open-loop (prozessgekoppelt offen)
c On-line closed-loop (prozessgekoppelt geschlossen)
} Prozessrechner

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Betrieb» [2]). Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Ein- und Ausgabedaten stets über Bedienungspersonal geleitet werden. Dies trifft die Entscheidung, ob und welche Informationen dem Computer zugeführt werden. Andrerseits beurteilt das Personal auch im Falle einer Prozessüberwachung, d. h. einer Prozeßsteuerung oder -regelung, aufgrund der Ausgangsinformation des Computers, ob und welche Eingriffe in den Prozess notwendig sind; der Computer hat hier nur beratende Funktion: er kann das Bedienungspersonal völlig selbstverständlich entscheiden lassen oder ihm aber mehrere optimale Strategien empfehlen. Die letzte Entscheidung trifft jedoch immer der Mensch. Vor allem im Falle, dass prozessunabhängige Probleme (z. B. mathematische Berechnungen, Lohnabrechnungen, Lagerbewirtschaftungen usw.) behandelt werden, spricht man dann auch von einer eigentlichen EDV-Anlage (elektronischen Datenverarbeitungsanlage).

Fig. 2b zeigt einen Computer im *on-line open-loop Betrieb*. Hier ist der Computereingang (seltener statt des Einganges der Ausgang) direkt mit dem Prozess unter Umgehung des Menschen gekoppelt. Der Computer erhält seine Informationen unmittelbar vom zu überwachenden Prozess; im one-line Betrieb arbeitende Computer werden somit auch als *Prozessrechner* bezeichnet.

Die höchste Stufe der Automation bilden Prozessrechner, die im *on-line closed-loop Betrieb* arbeiten (Fig. 2c). Nach Eingabe seines Arbeitsprogrammes und dessen Speicherung leitet der Computer den Prozess vollständig unabhängig vom jeglichen menschlichen Zutun. Zeitlich gesehen geht der Rechner ständig mit dem zu überwachenden Prozess mit, weshalb man auch vom real-time Betrieb spricht.

[2]) Die meisten Ausdrücke im Computerwesen stammen aus dem Amerikanischen und werden von den entsprechenden Spezialisten in in einem solchen Ausmass verwendet, dass die entsprechenden deutschen Begriffe oft gar nicht mehr verstanden werden. Es werden daher im folgenden die amerikanischen Fachausdrücke verwendet und im Anhang die deutsche Übersetzung angegeben [11; 12].

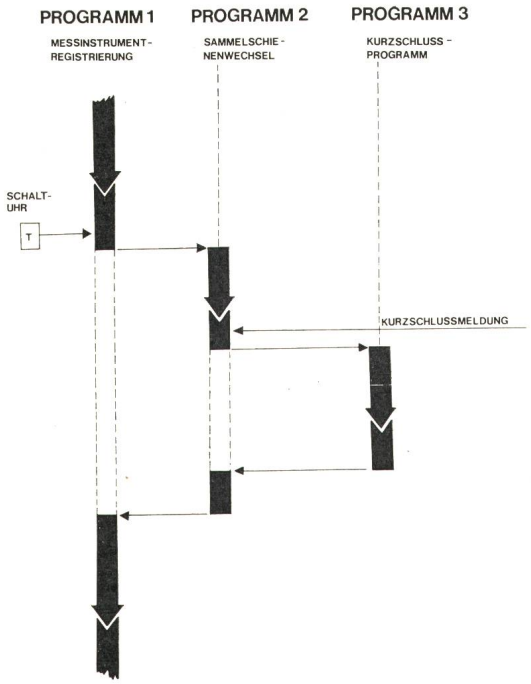

Fig. 3
Unterbruchsprogrammierung eines Prozessrechners
Programm 2 ist zu Programm 1, Programm 3 zu Programm 2 und 1 dominant

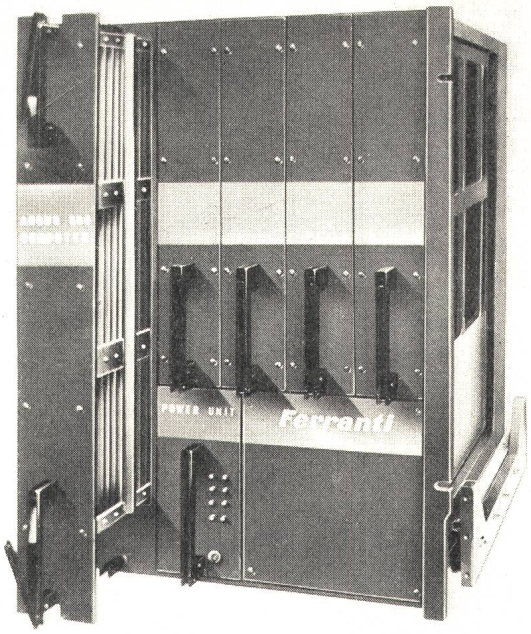

Fig. 4
Prozessrechner mit Speichermöglichkeit bis 64 K

3. Prozessrechner

Obschon Prozessrechner nicht die heute verbreitetste Art von Computern darstellen, sollen hier ihre markantesten Eigenschaften noch kurz erläutert werden, da sie vom Automatisierungsstandpunkt her am meisten interessieren.

Diese Eigenschaften sind:

a) Ausrüstbarkeit mit Peripheriegeräten, die dem Verkehr zwischen Rechner und Prozess angepasst sind. Die vom Prozess einlaufenden Signale sind elektrischer Natur. Sie fallen als stetig veränderliche Signale — Analogsignale — oder als sprunghaft zwischen zwei Werten sich ändernde Signale — Binärsignale in verschlüsselter (codierter) Form, d. h. Digitalsignale — an. Da der Rechner intern alle Signale nur digital verarbeiten kann, müssen durch erwähnte Peripheriegeräte alle Eingangssignale in eine für ihn verwertbare Form umgesetzt werden: daher benötigt es Digital/Digitalwandler und Analog/Digitalwandler bei den Eingängen und nur Digital/Analogwandler bei den Ausgängen; letztere vor allem bei DDC-Verwendungen des Prozessrechners. Ein interessantes Zubehör sind hier auch programmierbare Datensichtgeräte, auf denen z. B. Netzpläne mit Schalterstellungen und Leistungsflüssen (Richtung und Grösse) dargestellt werden können [14; 15].

b) Grosse Schnellspeicher, d. h. vor allem Magnetkernspeicher, die eine sehr kurze Zugriffszeit besitzen. In diesem Sinne werden heute von Prozessrechnern Zykluszeiten (= Lese/Schreiboperation aus dem/in den Kernspeicher) von höchstens 4 µs und eine Speichergrösse von 32 K (1 K = 1024 Worte) gefordert [16].

c) Unterbruchsprogrammierung. Prozessrechner haben nebst der normalen Zeitmultiplexausnutzung ein Organisationsprogramm, das Programmunterbrüche und Sprünge in Vorrangprogramme gestattet. Dies zeigt Fig. 3. Als Normalprogramm 1 wird eine zyklische Instrumentenablesung angenommen. Durch eine interne Schaltuhr wird der Befehl zum Sprung ins Vorrangprogramm 2 «Sammelschienenumschaltung» gegeben. Ein plötzlich entstehender Kurzschluss erzwingt im Rechner ein Springen in das zu 1 und 2 dominante Programm 3. Nach Ablauf des jeweiligen Vorrangprogrammes erfolgt automatisch ein Rückspringen in den normalen Programmzyklus.

d) Existenz von mehreren Rechenregistern, d. h. von mehreren eigentlichen Datenverarbeitungsplätzen. Gemeinsam mit Parallelinformationsverarbeitung wird dadurch an Rechenzeit gespart.

e) Hohe Zuverlässigkeit. Derzeit wird für allgemeine Anwendungen ein MTBF von 2000 h [16], durch Kraftwerke der doppelte Wert gefordert [17]. Jedoch existieren handelsübliche Prozessrechner mit einem MTBF von 15 000 h, also etwa eineinhalb Jahren, was praktisch den scharfen militärischen Anforderungen entspricht. Als weiteres Element kommt der im Abschnitt 5 angegebene systemmässige Sicherheitsaufbau hinzu.

f) Daneben müssen Prozessrechner natürlich alle wesentlichen Eigenschaften und Ausrüstungen herkömmlicher Computer, wie z. B. Programmierbibliothek, Magnetspeicher, Schnelldrucker, Lochstreifenleser und -stanzer, haben.

Fig. 4 zeigt einen kompletten Prozessrechner mit der Speichermöglichkeit bis 64 K, Fig. 5 dessen ausziehbare Grundbauteile (Leit- und Rechenwerk, Kernspeicher und Leistungsteil).

4. Sicherheits- und Schutzaufgaben von Computern in Netzen

Nach der Arbeitsweise gemäss Abschnitt 2 sind hier auch 3 Gruppen zu unterscheiden.

4.1 Off-line Computer

Praktisch gehören zu dieser Gruppe nur Anwendungen für reine Berechnungszwecke.

Die Computeranwendung setzt bereits bei der Planung und dem Ausbau von Netzen ein [18...36] in dem Sinne, dass vor allem optimale Netzkonfigurationen aufgrund des überblickbaren Energiebedarfs bzw. optimale Standorte von Kraftwerken unter Beachtung der vielfältigsten Nebenbedingungen [37] ermittelt werden. Weitere Anwendungen sind hier Kurzschlußstromberechnungen, Lastflussberechnungen, Ermittlung und Minimalisierung von Netzverlusten und Erzeugerkosten [38] oder spezielle Berechnungen wie Stabilitätsberechnungen [39, 40] und das Netzverhalten bei Störungen [41, 42]. Schutztechnisch von Interesse ist die digitale Berechnung der Relaiseinstellungen in vermaschten Netzen [43, 44] sowie überhaupt die mit dem andauernden Ausbau eines jeden Netzes notwendige rechnerische Überprüfung der Relaiseinstellungen und damit des schutztechnischen Sicherheitsgrades des Netzes [45].

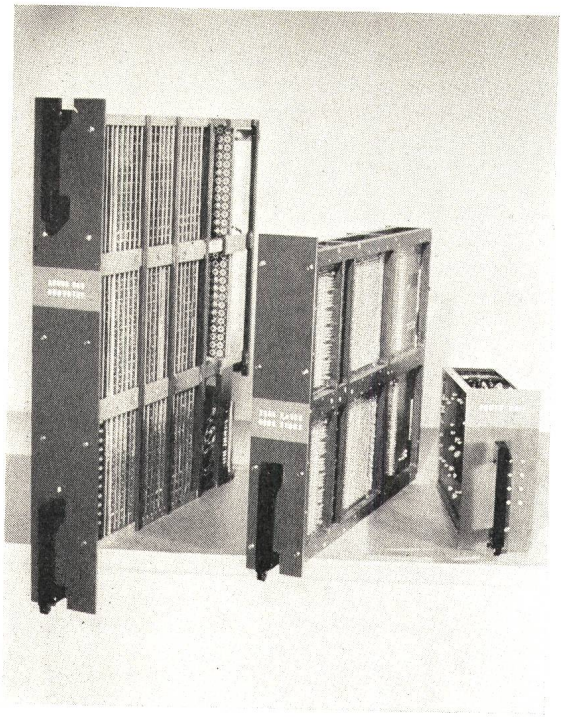

Fig. 5
Grundbauteile des Prozessrechners nach Fig. 4
von *links* nach *rechts:* Leit- und Rechenwerk, Kernspeicher, Leistungsteil

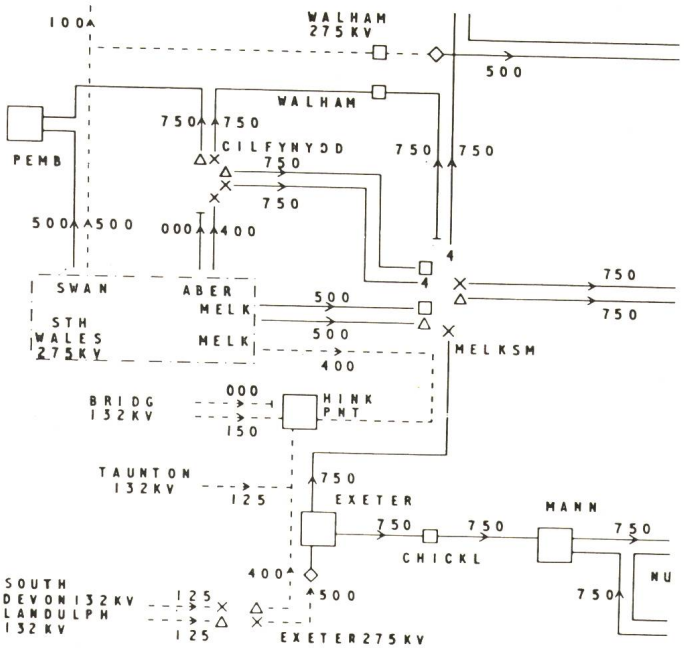

Fig. 6
Elektronisches Leuchtschaltbild als Detail eines grossen Netzschaltbildes

4.2 Prozessrechner im open-loop Betrieb

Die heute in Netzen im Einsatz befindlichen Prozessrechner arbeiten durchwegs im open-loop Betrieb [46...63]. Dies hängt einerseits mit der natürlichen Entwicklung der Prozessrechnerverwendung im Netz zusammen, indem dass dem Rechner nur schrittweise die volle Betriebsführung anvertraut wird. Andrerseits rührt dies auch davon her, dass der Mensch ein natürliches Misstrauen gegenüber schnellen automatischen und kaum beeinflussbaren Prozessabläufen hat. Hier ist bestimmt noch ein entsprechendes Umdenken der zuständigen Stellen und Untersuchungen über angepasste Sicherheitsvorkehren nötig, wobei stets der Leitsatz beachtet werden muss, dass die Automatisierung auf keinen Fall das Sicherheitsniveau des Netzes absenken darf.

Der einfachste Einsatz von Prozessrechnern im open-loop Betrieb besteht in der *Protokollierung* von Messwerten, wie z. B. Zählerständen [64...67]. Die nächste Stufe ist dann die *Messwertverarbeitung* [64], d. h. statt einfacher Registrierung werden bereits Summen, Differenzen usw. gebildet. Ein gleichartiges Einsatzgebiet stellt die *Erfassung von Störungsabläufen* dar oder allgemein gesagt die *zeitfolgerichtige Registrierung des Eintreffens von Signalen,* was vielleicht besser unter der Bezeichnung *Erstsignalisierung* bekannt ist.

Als nächstes sei die *Programmsteuerung* in Netzen erwähnt.

Die Vorstufe für die nachfolgend angegebenen Rechneraufgaben ist die *Zustandserkennung von Systemen:* der Rechner prüft die anfallenden Informationen von den einzelnen Meßstellen des Netzes auf Richtigkeit (Erkennen grober Messfehler) und Wichtigkeit (Unterdrücken überflüssiger

Informationen) und leitet davon den Istzustand des Netzes (Grösse und Richtung aller Lastflüsse, Schalterstellungen, Generatorleistungen usw.) ab.

Aufgrund dieser und anderer Informationen (planmässiger Leistungsbedarf, Wettervorhersage usw.) ist bereits eine *Lastflussprognose bzw. Programmsteuerung* des Netzes möglich [68...71]. Hierbei werden die wirtschaftlichste Lastverteilung und die optimalen Reserven, wie rotierende sowie warm- und kaltstehende Reserven [37] ermittelt.

Die Weiterführung dieser Idee besteht in der Ermittlung der durch Schalthandlungen verursachten gefahrenträchtigen Zustände. Es kann einerseits mit Sicherheitsindizes gearbeitet werden [72]; diese geben an, welcher Prozentsatz der Belastung noch gedeckt werden könnte, wenn bei einer bestimmten Netzschaltung die ungünstigste Störung auftritt. Andrerseits können, wie in der Praxis für ein grosses Netz bereits durchgeführt [73...79] nach jedem Schaltmanöver oder auf Abruf die gefährdetsten Leitungen ausgedruckt werden. Die Darstellung erfolgt auf einem Sichtgerät, das zur Wiedergabe von Details des umfangreichen Leuchtschaltbildes benutzt wird (Fig. 6). Bei überlasteten Leitungen blinken hierbei die Richtungspfeile für die Leistungen. Ebenso die betätigten Schalter. Die in Fig. 6 strichliert eingezeichneten Stationen können separat abgerufen werden (Fig. 7).

4.3 Prozessrechner im closed-loop Betrieb

Diese Betriebsweise entspricht in letzter Konsequenz der vollautomatischen Netzführung [80...85], womit die Eigenschaften des Prozessrechners erst völlig ausgenutzt werden können. Hierher zählen jedoch auch reine Regelungsaufgaben, wie die Frequenzleistungsregelung durch Prozessrechner [86; 87].

Für Netzführungsaufgaben wird der Prozessrechner vorteilhaft eingesetzt, wo Informationen aus 2 und mehr Messstellen miteinander verknüpft werden müssen. Der Rechner kann so vor allem durch Kombination einer Vielzahl von Netzinformationen gefahrenträchtige Zustände eines Teiles oder des ganzen Netzes ermitteln. Hierbei wird er nicht den

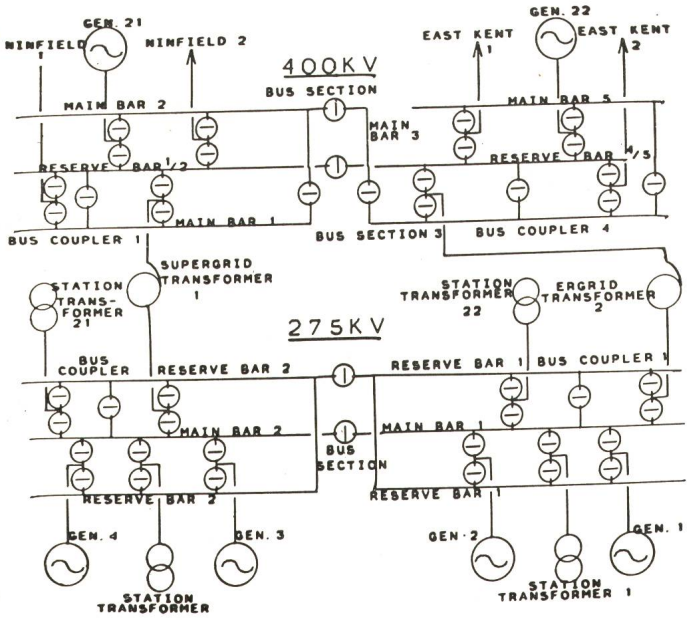

Fig. 7
Darstellung eines elektronischen Leuchtschaltbildes einer Station

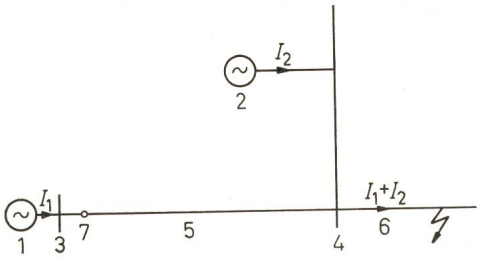

Fig. 8
Elimination des Ferneinspeise-Blockiereffektes bei Distanzrelais durch Prozessrechner

1, 2 Generatoren; *3, 4* Sammelschienen; *5* gesunde Leitung; *6* fehlerbehaftete Leitung; *7* Distanzrelais; I_1 Kurzschlußstrom des Generators *1*; I_2 Kurzschlußstrom des Generators *2*

Störungsfall selbst abwarten und dann erst die notwendige Schalthandlung zur Störungsbeseitigung ermitteln, sondern — schon auch zwecks Ausnutzung der langen Pausen zwischen Störungen — sich selbst für den Störungsfall programmieren, indem er aufgrund der eingegebenen Last- und Netztopologiedaten in-line Programme rechnet; im Ernstfall kann er unverzüglich die notwendigen Massnahmen einleiten, d. h. bei jedem Speisungs-, Leitungs- und eventuell auch Verbraucherausfall das Netz in einen sicheren topologischen Zustand überführen. Gleichermassen kann er die Wiederinbetriebnahme von abgeschalteten Netzteilen durchführen. Zweck ist die Verhinderung von Katastrophenausfällen, wobei als letztes Mittel analog zu den heutigen Frequenzabsenkungsrelais [88...90] eine Aufspaltung des Gesamtnetzes in in sich lebensfähige Teilnetze vorgenommen wird.

Eine weitere dankbare Aufgabe für den Prozessrechner besteht in seiner direkten Verwendung für Schutzzwecke [91]. Hier schliesst sich der Kreis zu der einleitend erwähnten Großstörung, die durch einen Prozessrechner bereits in ihren Anfängen hätte verhindert werden können.

Die einfachste Art, mit Hilfe des Rechners den Schutz integral zu verbessern, besteht in der zwangsläufigen Eingabe der Relaiseinstelldaten anfänglich und bei einer Änderung (z. B. einfach durch Impulsabgabe an den Rechner bei Schliessen des Relaisdeckels mit Hilfe eines Magnetzungenrelais). Weiter kann das Fehlauslösen eines Distanzrelais in seiner Reservestufe oder einer hohen Stufe bei einer stark belasteten Leitung (gemäss der Gleichung $Z = U^2/P$ löst ein Minimalimpedanzrelais bei konstanter Spannung mit steigender Leistung aus) dadurch blockiert werden, dass der Rechner durch Konstatierung von nur in die Leitung hineinfliessender Leistung nur die hohen bzw. Reservestufen jener Distanzrelais freigibt, die eine fehlerbehaftete Leitung schützen; bei Normalbetrieb hingegen sind diese Stufen gesperrt.

Eine andere Art der Qualitätsverbesserung lässt sich nach Fig. 8 für den Fall der Ferneinspeisung *2* auf die gegenüberliegende Sammelschiene *4* erreichen. Bei hinreichend grossem Strom I_2 und Distanz des Kurzschlusses auf der Leitung *6* ist es möglich, dass das Distanzrelais *7* in seiner zweiten oder höheren Stufe nicht mehr auslöst. Ein solches Nichtauslösen lässt sich dadurch verhindern, dass der in-line vom Rechner ermittelte Strom I_2 zur Korrektur (Verlängerung) der Distanzrelaiseinstellung benutzt wird, und zwar bereits *vor Auftreten* des Fehlers.

Fig. 9 zeigt schliesslich eine adaptive Zeitstaffelung. Anstelle der starren Staffelung nach Fig. 9a werden durch den

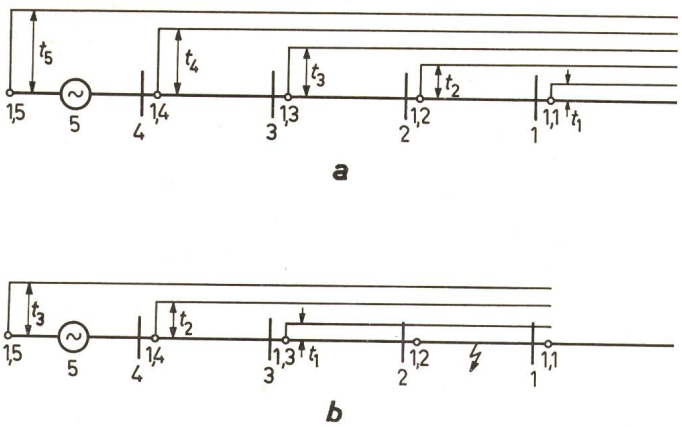

Fig. 9
Durch Prozessrechner gesteuertes, adaptives dynamisches Zeitstaffelsystem
a Anfangstaffelung bzw. starre herkömmliche Staffelung; *b* durch Rechner bewirkte Staffelung bei Fehler zwischen Schiene *1+2*.
1...4 Sammelschienen; 1,1...1,5 Schutzrelais; *5* Generator, $t_1 ... t_5$ Staffelzeiten

Rechner je nach Fehlerlage die Ablaufzeiten der Netzrelais verstellt. In vielen Fällen wird solcherart der Distanzschutz durch einfache Kurzschlussrichtungsrelais ersetzt werden können.

Die völlige Elimination aller Schutzrelais und ihre Konzentration in den Prozessrechner in grossen Schaltstationen und Kraftwerken ist heute bereits in greifbare Nähe gerückt [91]. Für ein Netz jedoch scheint dies vor allem wegen der beschränkten Leistungsfähigkeit der Informationskanäle zur Übertragung von Analogdaten noch in sehr weiter Ferne zu liegen. Auch aus Zuverlässigkeitsgründen wird der Grundsatz der lokalen Schutzautonomie noch für lange Zeit gültig sein.

5. Prozessrechnerorganisation in Netzen

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass die eigentlichen Netzprozessrechner mit den Prozessrechnern anderer Anlagenteile, wie z. B. denen von Generatoren [92] oder ausgewählter Grossverbraucher [93] eng zusammenarbeiten müssen [94]. Untereinander arbeiten Netzcomputer gleichartig zusammen wie die Netze, die sie überwachen, miteinander verbunden sind. Der Rechner jeder übergeordneter Spannungsebene wird hierarchisch gesehen dem Prozessrechner der Netze tiefere Spannung übergeordnet sein.

Systemmässig ist noch zu sagen, dass im einfachsten Falle ein einzelner Rechner (Simplexsystem) für die unterste zu automatisierende Spannungsebene genügt, wobei bei seinem möglichen Ausfall eine Handsteuerung einspringen muss. Zur wesentlichen Erhöhung der Betriebssicherheit wird man auf *Duplexsysteme* übergehen. Hierbei sind die wichtigsten Rechnerteile doppelt ausgeführt, und bei Ausfall eines Teiles des einen Systems übernimmt der entsprechende Teil des anderen die Funktion des defekten Teiles. Sind speichermässig gesehen wesentlich unterschiedliche Informationen zu verarbeiten (grosse Speichermengen mit langsamer Zugriffszeit, geringe Mengen mit kurzer Zugriffszeit), wird man vorteilhafter zwei getrennte Computer, ein *Doppelsystem* benutzen, wobei derjenige mit dem Schnellspeicher den eigentlichen Prozessrechner darstellt. Wird letzterer verdoppelt, so gelangt man zum *Monoduplexsystem*.

6. Wirtschaftlichkeit

In den USA gemachte Wirtschaftlichkeitsberechnungen [48] haben ergeben, dass Computer in Netzen pro Jahr etwa das 5fache dessen, was sie selbst kosten, einsparen.

Um noch gewisse Vorstellungen von den Kosten zu bekommen, sei noch angegeben, dass in dem in Abschnitt 4.2 zitierten Beispiel der Prozessrechnerausrüstung für ein etwa 8mal so grosses Netz als es das Schweizer Netz ist — es wurde ein zentrales und 7 regionale Duplexsysteme und etwa 15 Simplexsysteme verwendet — die Kosten für das zentrale Duplexprozessrechnersystem einschliesslich zugehöriger Peripheriegeräte etwa sechseinhalb Millionen Schweizer Franken betrugen.

Anhang

Verwendete amerikanische Computer-Fachausdrücke

closed-loop on-line	geschlossen prozessgekoppelt
Computer	elektronische Rechenanlage
DDC = direct digital control	direkte digitale Regelung
EDP = Electronic data processing	EDV = elektronische Datenverarbeitung
in-line (program)	vom Rechner zum voraus berechnetes und gespeichertes (Programm), das durch bestimmte Ausseninformationen (z. B. Eintreten einer Störung) automatisch abgerufen wird
MTBF = mean time between failures	mittlere Zeit zwischen zwei Ausfällen
off-line	prozessentkoppelt
on-line	prozessgekoppelt
open-loop on-line	offen prozessgekoppelt
real-time (service)	Echtzeitbetrieb

Literatur

[1] *L. M. Olmsted, W. D. Brown* und *J. Bleiweis:* The blackout: it all happened in 12 minutes. Electr. Wld. 165(1966)4, p. 67...72.

[2] What lessons can be learned from blackout. Electr. Wld. 165(1966)4, p. 72...73.

[3] *G. D. Friedlander:* The Northeast power failure — a blanket of darkness. IEEE Spectrum 3(1966)2, p. 54...73.

[4] Outage traced to Ontario Hydro Relay. Electr. Wld. 164(1965)21, p. 19...22.

[5] Lehren aus dem Stromausfall vom 9. November 1965 in Nordamerika. Bull. SEV 57(1966)14, S. 623...626.

[6] Der Netzzusammenbruch in Nordost-Amerika am 9. November 1965. Auszug aus einem Bericht der Federal Power Commission an den Präsidenten der Vereinigten Staaten von Amerika. Elektrizitätswirtschaft 65(1966)2, S. 62...68.

[7] *M. Cuénod:* Die Netzstörung vom 9./10. November 1965 im Nordosten der Vereinigten Staaten. Bull. SEV 57(1966)5, S. 212...216.

[8] Der Stromausfall vom 9. November 1965 in Nordamerika. Lehren für uns. Bull. SEV 57(1966)5, S. 216...217.

[9] *A. Kolar:* Leitungs- und Netzschutz aus nationaler und internationaler Sicht. Industrie-Rundschau –(1969)10, S. 25...43.

[10] *H. Hotes:* Digitalrechner in technischen Prozessen. Berlin, Walter de Gruyter, 1967.

[11] *J. Heinhold* und *F. L. Bauer:* Fachbegriffe der Programmierungstechnik. Wörterverzeichnis für die Programmierung von Digital Rechenanlagen mit Stichworten in 5 Sprachen. 2. Auflage. München, Oldenbourg, 1962.

[12] Begriffsbestimmungen des elektronischen Rechnens mit Wörterverzeichnis deutsch-englisch, englisch-deutsch. Wiesbaden/Berlin, Bauverlag, 1964.

[13] *D. Rumpel:* Anwendung von Netzprogrammen für die Betriebsführung mittels Prozessrechner. ETZ-A 90(1969)10, S. 229...232.

[14] *C. M. Cundall:* Cathode-ray-tube display systems. Electronics and Power 14(1968)3, p. 115...120.

[15] *R. Lunderstädt:* Technik und Anwendung von Datensichtgeräten. Vorteile und Einsatzmöglichkeiten in Datenverarbeitungssystemen und Fernwirkanlagen. Teil 1. Automatik 14(1969)10, S. 365...370.

[16] *R. Oetker:* Eindrücke vom vierten IFAC-Kongress in Warschau. Regelungstechnik 17(1969)10, S. 437...440.

[17] *J. Rogos:* Entwicklungstendenzen für den Einsatz von Kleinrechnern als Digitalregler. Regelungstechnik 17(1969)2, S. 59...63.

[18] *K. Zollenkopf:* Wirtschaftliche Kraftwerks- und Netzplanung mit elektronischen Rechenanlagen. Elektrizitätswirtsch. 64(1965)19, S. 543...548.

[19] *C. F. DeSieno* and *L. L. Stine:* A probability method for determining the reliability of electric power systems. Trans. IEEE PAS 83(1964)2, p. 174...181.

[20] *R. F. Lawrence, F. E. Montmeat, A. D. Patton* and *D. Wappler:* Automated distribution system planning. Trans. IEEE PAS 83(1964)4, p. 311...316.

[21] *R. Baumann, F. Heinrichsdorf, W. Schneider* und *A. Vorbach:* Die wesentlichen Einflussgrössen bei der mathematischen Nachbildung tatsächlicher Betriebszustände von Energieversorgungsnetzen. ETZ-A 87(1966)23, S. 818...823.

[22] *P. W. Cash* and *E. C. Scott:* Security of supply in planning and operation of European power systems. Part I und Part II. Trans. IEEE PAS 88(1969)1, p. 6...21.

[23] *P. K. Ewelt:* Zur Bestimmung der Versorgungssicherheit von Stromverteilungsnetzen. Elektrizitätswirtsch. 68(1969)9, S. 292...298.

[24] *F. W. Kloeppel:* Berechnungsverfahren für die Bestimmung der Versorgungssicherheit in elektrischen Energienetzen. Energietechnik 14(1964)7, S. 289...296.

[25] *R. Baumann:* Automatisierte digitale Netzberechnung. Elektron. Rechenanlagen 2(1960)2, S. 75...84.

[26] *Z. Szemerey:* Berechnung der Zuverlässigkeit elektrischer Netze. Energietechnik 19(1969)3, S. 119...122.

[27] *D. P. Gaver, F. E. Montmeat* and *A. D. Patton:* Power system reliability. I.: Measures of reliability and methods of calculation. Trans. IEEE PAS 83(1964)7, p. 727...737.

[28] *E. Steinbauer:* Einsatz elektronischer Rechenanlagen in der Elektrizitätswirtschaft. Das Rechenzentrum der STEWEAG. ÖZE 22(1969)6, S. 293...299.

[29] *H. Edelmann:* Berechnung des optimalen Verbundbetriebes in Energieübertragungsnetzen. Siemens Z. 35(1961)1, S. 57...58.

[30] *E. Süss:* Der Aufbau von Energieversorgungsnetzen unter Berücksichtigung des Netzschutzes. Energietechnik 16(1966)6, S. 257...260.

[31] *F. W. Kloeppel* und *D. Schaller:* Schadenorientiertes Verfahren zur Berechnung der Zuverlässigkeit der Elektroenergieversorgung. Energietechnik 18(1968)8, S. 357...361.

[32] *J. R. Dunki-Jacobs:* Some effects of conceptual design principles on power system reliability. Trans. IEEE IGA 4(1968)2, p. 145...150.

[33] *A. Soci:* L'influence de l'interconnexion des systèmes électroénergétiques sur leur sécurité de fonctionnement. Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. Energ. 12(1967)1, p. 151...161.

[34] *V. Romert:* Leistungen und Aufgaben des digitalen Rechners in der neuen zentralen Lastverteilungswarte. Energetica 15(1967)8, S. 344...346. (rum.)

[35] *K. C. Parton:* Electrical-system design by computer. Electronics and Power 12(1966)6, p. 174...179.

[36] *P. Auges:* Die Anwendung von Digitalrechnern für die Untersuchung und den Entwurf von Netzen. ETZ-A 87(1966)12, S. 404...407.

[37] *K. Goldsmith, H. A. Luder* und *J. Wahl:* Der Einfluss der Vergrösserung der Leistung thermischer und nuklearer Einheiten auf den internationalen Energieaustausch in Westeuropa. Bull. SEV 60(1969)15, S. 685...692.

[38] *H. Dommel:* Digitale Rechenverfahren für elektrische Netze. Teil I. Archiv Elektrotechn. 48(1963)1, S. 41...68.

[39] *H. Dommel:* Berechnung elektromagnetischer Ausgleichsvorgänge in elektrischen Netzen mit Digitalrechnern. Bull. SEV 60(1969)12, S. 538...548.

[40] *G. Moraite:* The selection of the «dangerous» dynamic states by means of the «dimo» nodal analysis. Rev. Roum. Sci. Techn. Electrotechn. Energ. 11(1966)2, p. 205...216.

[41] *A. Ölwegard* et *P. Langer:* Détermination de la capacité de transport de réseaux et de lignes d'interconnexion lors de perturbation graves. Rapport CIGRE No. 32-04, 1968.

[42] *M. Strehlík* und *K. Hořický:* Mathematische Modelle der Störungsausfälle der Leistung in einem elektroenergetischen System. Elektrotechn. obzor 56(1967)2, S. 66...73. (tschech.)

[43] *H. Y. Tsien:* An automatic digital computer program for setting transmission line directional overcurrent relays. Trans. IEEE PAS 83(1964)10, p. 1048...1053.

[44] *R. E. Albrecht a. o.:* Digital computer protection device co-ordination program. I.: General program description. Trans. IEEE PAS 83(1964)4, p. 402...410 + Nr. 5, p. 547...548.

[45] *K. Naumann* und *H. Storch:* Die Behandlung von Netzschutzproblemen am ZRA 1. Energietechnik 18(1968)12, S. 566...569.

[46] *D. Rumpel:* Der Einsatz von Prozessrechnern im Netzbetrieb der Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Elektrizitätswirtsch. 67(1968)20, S. 602...609.

[47] *H. Dommel:* Neuere Methoden beim Einsatz von Digitalrechnern in der Netztechnik. Energie 21(1969)6, S. 206...215.

[48] *G. W. Stagg:* Einsatz von Computern in einen EVU in den USA, aufgezeigt am Beispiel der American Electric Corporation. Elektrizitätswirtsch. 68(1969)8, S. 238...245.

[49] *D. Rumpel:* Der Einsatz von Digitalrechnern in der Elektrizitätsversorgung der USA. Techn. Rdsch. 57(1965)14, S. 33...37.

[50] *R. Hahn* und *D. Rumpel:* Zur Automatisierung des Netzbetriebes. Elektrizitätswirtsch. 65(1966)18, S. 568...573.

[51] *A. Vorbach:* Technische Datenverarbeitung aus der Sicht deutscher Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Elektrizitätswirtsch. 67(1968)20, S. 598...602.

[52] *G. D. Friedlander:* Computer controlled power systems. Part II: Area controls and load dispatch. IEEE Spectrum 2(1965)5, p. 72...91.

[53] *G. Funk:* Der Ziffernrechner als Hilfsmittel für Netzplanung und Netzbetrieb. AEG-Mitt. 56(1966)5, S. 350...357.

[54] *W. Schäfer:* Neue Möglichkeiten der Prozessrechner-Steuerung, aufgezeigt an Hand von arbeitenden Maschinen. Haus der Technik E. V. Essen, Vortragsveröffentlichungen Heft 44(1965), S. 19...32.

[55] *G. Ehlers:* Der Aufbau von Prozessrechenanlagen des «Libratol-Systems» und ihr Einsatz in Kraftwerken. Haus der Technik E. V. Essen, Vortragsveröffentlichungen Heft 44(1965), S. 7...18.

[56] *K. F. Früh:* Prozessrechner. ETZ-B 21(1969)15, S. 371...373.

[57] *N. Cohn:* The automatic control of electric power in the United States. IEEE Spectrum 2(1965)11, p. 67...77.

[58] *A. Vorbach:* Anwendung von elektronischen Rechenanlagen für den Netzbetrieb. ETZ-A 87(1966)12, S. 385...389.

[59] *K. Reinhardt* und *G. Schellstede:* Einsatz von Prozessrechnern im Lastverteiler. Siemens Z. 42(1968)9, S. 660...664.

[60] *T. Martin:* Technik der elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. ETZ-A 90(1969)10, S. 219...224.

[61] *U. Welker:* EDV-Anlagen in der Elektrizitätsversorgung. ETZ-A 90(1969)10, S. 224...229.

[62] *D. Best:* Progress in on-line control by computer. Radio and Electronic Engr. 37(1969)2, p. 85...93.

[63] *J. L. Dineley:* The use of digital computers in electric power systems. Newcastle upon Tyne, Oriel Press, 1967.

[64] *G. Isay:* Datenverarbeitung und Datenerfassung. Neue Technik 8A(1966)3, S. 169...176.

[65] *E. Doetsch* und *A. Sauer:* Prozessrechner für Aufgaben der Gefahrmeldungsprotokollierung. Siemens Z. 42(1968)11, S. 879...883.

[66] *L. M. Wedepohl:* Fernwirksysteme und Prozessrechner in Energieversorgungsunternehmen. E und M 86(1969)5, S. 185...190.

[67] *P. G. Harhammer:* Der Einsatz des Prozessdatenverarbeitungssystems IBM 1800 in der Elektrizitätswirtschaft. ÖZE 19(1966)1, S. 21...26.

[68] *C. Brewer* a. o.: Performance of a preditive automatic load-dispatching system. Proc. IEE 115(1968)10, p. 1577...1586.

[69] *L. T. Anstine* a. o.: Application of digital computer techniques to the economic scheduling of marginal generating units for the Pennsylvania-New Jersey-Maryland interconnection. Trans. IEEE PAS 83(1964)4, p. 316...320.

[70] *E. D. Farmer* and *M. J. Potton:* Development of online load-prediction techniques with results from trials in the south-west region of the CEGB. Proc. IEE 115(1968)10, p. 1549...1558.

[71] *P. D. Matthewman* and *H. Nicholson:* Techniques for load prediction in the electricity-supply industry. Proc. IEE 115(1968)10, p. 1451...1457.

[72] *H. Glavitsch* und *R. Pichard:* Überlegungen zu einer zentralen Netzüberwachung. BBC-Mitt. 55(1968)7, S. 359...364.

[73] *K. W. James:* Progress in power-system automatic control. Electronics and Power 11(1965)8, S. 278...280.

[74] Experiment in automatic control of electricity supply. Engineer 221(1966)–, p. 202...203.

[75] *H. E. Pulsford* and *P. F. Gunning:* Power-system control — the CEGB's plans. Electronics and Power 13(1967)7, p. 245...249.

[76] *H. E. Pulsford* and *P. F. Gunning:* Developments in power-system control. Proc. IEE 114(1967)8, p. 1139...1148.

[77] Computer to optimise system. Project involves 31 sets in six stations. Electr. Times 149(1966)–, p. 119...121.

[78] *A. G. Oughton:* Der Einsatz von Rechenmaschinen beim Central Electricity Generating Board (CEGB). ETZ-A 87(1966)12, S. 408...413.

[79] *J. Davey:* Computer directs supervisory systems. Electr. Wld. 172(1969)11, p. 120.

[80] *G. S. Hope* and *B. J. Cory:* Development of digital computer programs for the automatic switching of power networks. Trans. IEEE PAS 87(1968)7, p. 1587...1599.

[81] *I. F. Morrison:* Prospects for on-line computer control in transmission systems and sub-stations. Electr. Engng. Trans. Inst. Engr. Australia 3(1967)2, p. 234...236.

[82] Digitalcomputer steuert Kraftwerknetz. Techn. Rdsch. 60(1968)50, S. 33...37.

[83] *W. Dhen:* Automatisierung in der Betriebsführung elektrischer Netze. Techn. Mitt. AEG-Telefunken 68(1968)7, S. 388...395.

[84] *D. Ernst:* Automatisierung beim Erzeugen und Verteilen elektrischer Energie. ETZ-A 89(1968)24, S. 650...658.

[85] *T. E. Dy Liacco* and *T. J. Kraynak:* Processing by logic programming of circuit-breaker and protective-relaying information. Trans. IEEE PAS 88(1969)2, p. 171...175.

[86] *C. W. Ross:* Error adaptive control computer for interconnected power systems. Trans. IEEE PAS 85(1966)7, p. 742...749.

[87] *K. Edwin:* Übergeordnete Spannungs-Blindleistungs-Regelung durch Prozessrechenanlagen. E und M 86(1969)6, S. 229...233.

[88] *N. M. Sul:* Zuverlässigkeit und Wirksamkeit des Betriebes von Verteilnetzen mit automatischer Netzaufspaltung. Električestwo –(1966)2, S. 19...23. (russ.)

[89] *S. E. Stepunin* und *W. M. Strelkow:* Aufspaltschutz bei dauerndem Asynchronbetrieb eines Energiesystems. Električestwo –(1966)4, S. 56...61. (russ.)

[90] *T. Bendes:* Méthodes de contrôle automatique d'exploitation des grands réseaux intégrés en période troublée, eu égard notamment aux surcharges des éléments de réseaux engendrées par des perturbations. Rapport CIGRE No. 322, 1966.

[91] *G. D. Rockefeller:* Fault protection with a digital computer. Trans. IEEE PAS 88(1969)4, p. 438...464.

[92] *F. Frischenschlager, B. Banati* und *A. Blum:* Datenverarbeitung in Wasserkraftwerken. BBC Nachrichten 50(1968)10, S. 620...627.

[93] *J. Tippelt, A. Whitwell* and *L. F. Fielder:* Computer control in an electric arc furnace melting shop. Iron and Steel 26(1965)5, p. 1...8.

[94] *P. E. Couture* and *J. C. Russel:* Multicomputer approach to reliable power system operation. Westinghouse Engr. 29(1969)3, p. 66...70.

Adresse des Autors:

A. Kolar, Diplom-Ingenieur, Sprecher & Schuh AG, Suhr.