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: 81 (1990)

Heft: 3

Artikel: Lösung von Problemen elektrischer Energiesysteme mit dem Personal Computer

Autor: Chan, Kevin / Ding, Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-903075

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: 08.08.2025

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

Lösung von Problemen elektrischer Energiesysteme mit dem Personal Computer

Kevin Chan und Jacques Ding

Die Planung und Berechnung elektrischer Energienetze kann heute ohne Hilfe der Informatik nicht mehr effizient durchgeführt werden. Der Personal-Computer erlaubt bei Verwendung anwenderfreundlicher Software eine kostengünstige Abwicklung von Netzstudien. Die Vorteile und Möglichkeiten der Netzplanung auf Basis dieses Rechnertyps werden an verschiedenen, der Praxis entnommenen Problemen erläutert.

La planification et l'analyse de réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique ne peut s'effectuer efficacement aujourd'hui sans l'aide de moyens informatiques. Avec l'apparition des ordinateurs personnels, il est possible d'opérer des études de réseaux à peu de frais et avec un excellent confort d'utilisation. Les avantages et possibilités de planifier et de calculer les réseaux au moyen de ce type d'ordinateur sont démontrés.

Adresse der Autoren
Kevin Chan, M.Sc., und *Jacques Ding*, Dipl.-Ing., Hauptgruppe Netzprogramme und Studien
ABB Netzleittechnik AG, 5300 Turgi

In den letzten fünf Jahren unterlag der Personal-Computer einer schnellen Entwicklung. Parallel zur Vergrösserung der Speicherkapazität, zur Erhöhung der Taktfrequenz und zum Einsatz neuentwickelter CPU wurden die Rechner durch die Rationalisierung der Massenfertigung und den Kampf der Hersteller und Verteiler um Marktanteile immer kostengünstiger.

Neben diesem wirtschaftlichen Aspekt ist der Erfolg des PC aber vor allem auf seine einfache Bedienung sowie die Verfügbarkeit von Software für fast alle Anwendungsgebiete zurückzuführen. Modernere Programme sind menügesteuert und weisen zahlreiche Help-Funktionen auf. Dadurch reduziert sich das Studium der oft umfangreichen Programmhandbücher auf ein Minimum. Der Anwender erhält durch die Benutzung dieser Help-Funktionen Antwort auf fast alle Fragen, die sich bei der Programmbenützung ergeben. Er kann sich voll auf die Lösung seiner Aufgabe konzentrieren, da die zur Lösung benötigten Hilfsmittel sehr anwenderbezogen sind und keine Probleme aufwerfen. Es besteht die Möglichkeit, die tabellarischen Ergebnisse direkt in die Berichte einzubinden, die in der Regel mit Hilfe eines Textverarbeitungsprogrammes auf dem PC erstellt werden. Weiterhin kann man die Ergebnisse auf dem Farbbildschirm vorbewerten und auf einem Plotter graphisch darstellen.

Die hier vorgestellten Anwenderprogramme sind ebenfalls aus diesen Überlegungen entstanden. Der Benützerkreis, der sich aus Industrie, Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, den Hochschulen und zahlreichen Beratungs- und Ingenieurbüros zusammensetzt, vergrössert sich von Tag zu Tag. Dies hat eine breite Verteilung der Software sowie eine ständige, praxisbezogene Weiterentwicklung der Programme und die Anpassung an neue Normen zur Folge.

Der Kleinrechner beim Einsatz in der Netzberechnung

Die heutige Software für Personal-Computer ist kostengünstig und bereits so leistungsfähig, dass eine Vielzahl der in der Praxis auftretenden Probleme damit gelöst werden kann. Aufgrund der hohen Standardisierung der Speichermedien und der Betriebssysteme ist eine problemlose Installation der Programme auf den verschiedenen in der Praxis verwendeten Rechnertypen möglich. Fast alle Anwenderprogramme unterstützen die üblichen Bildschirmtreiber wie Hercules, CGA und VGA. Aus der räumlichen Aufstellungsnähe von Rechner und Peripherie resultiert ein weiterer Vorzug. Dadurch wird ein nicht zu unterschätzender zeitsparender Effekt in der Projektabwicklung erzielt, da die Anfälligkeit des Systems auf Störungen verringert und ein sehr schnelles Arbeiten ermöglicht wird.

Durch den Einsatz graphischer Benutzeroberflächen gestaltet sich die Gerätebedienung problemlos. Die Bewertung der Zwischenergebnisse am Graphikbildschirm bewirkt Kosteneinsparungen, da der Verbrauch von Plottermaterial wie Stiften und Papier stark reduziert wird. Durch die dezentrale Ausgabe über PC-kompatible Plotter am Arbeitsplatz fällt zudem der Transport der Zeichnungen weg, was zu einer weiteren Erhöhung der Effizienz beiträgt.

Auch für jene Benützerkreise, die an einen Zentralrechner angeschlossen sind und die Rechenzeit bezahlen müssen, bietet die Kleinrechnerlösung für viele Anwendungen eine Alternative

und somit eine substantielle Kostenreduktion. Daneben sind die hohe Flexibilität der Kleinrechner und der moderne Entwicklungsstand der verwendeten Software weitere Hauptvorteile der Netzplanung mit diesem Rechnertyp.

Wesentliche Aspekte bei der Netzplanung

Bedingt durch die Komplexität der heutigen Energienetze sowie den hohen Investitionswert der verwendeten Betriebsmittel ist bei jeder Ergänzung oder Änderung des Netzes eine Untersuchung über die Auswirkungen der geplanten Bau- oder Betriebsmassnahmen von Vorteil. Da bei solchen Untersuchungen eine Vielzahl von Randbedingungen einzuhalten sind und zudem jede Spannungsebene ihre spezifischen Probleme aufweist, bietet sich die Simulation der verschiedenen Betriebszustände des Netzes auf einem Rechner geradezu an.

Neben den Ergebnissen über die Betriebszustände liefern Rechneruntersuchungen auch wichtige Informationen über die Dimensionierung der Systemkomponenten. So lässt sich bereits im Planungsstadium sicherstellen, dass die Betriebsmittel richtig dimensioniert werden, ohne dass nachträgliche Folgekosten infolge falscher Auslegung entstehen. Ist das Netzabbild erst einmal im Rechner vorhanden, kann man ohne grossen Aufwand Alternativen im Leitungsverlauf und in den Betriebsmitteln hinsichtlich Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit austesten. Der Bearbeiter ist in der Lage, innerhalb relativ kurzer Zeit alle in Frage kommenden Varianten zu untersuchen und mit fundierten Ergebnissen den Entscheidungsgremien eine Lösung zu erleichtern.

Typische PC-Anwendungen in der Energietechnik

Die nachfolgend erwähnten Programmsysteme ATP, Poscodam und Relpro werden für die Berechnung transienter und dynamischer Vorgänge, für die Lastfluss- und Kurzschlussberechnung sowie für die Zuverlässigkeitsplanung eingesetzt.

Das Bild 1 zeigt die wesentlichen Eigenschaften der vorgestellten Netzprogramme. In Bild 2 sind die wichtigsten Untersuchungen aufgelistet, die mit den Programmen ATP und Poscodam durchgeführt werden können. Einige wesentliche Einsatzmöglichkeiten der Zuverlässigkeitsanalyse in der Energietechnik, für die das Programm Relpro geeignet erscheint, sind in Bild 3 zusammengefasst.

Programmname	ATP	Poscodam	Relpro
Anwendungsgebiet	Berechnung transienter Vorgänge [1]	Quasistationäre Netzberechnung [2]	Zuverlässigkeit eines technischen Systemes
Berechnungs-methode	Numerische Lösung der Differentialgleichungen	Lösung der finiten Gleichungen	Wahrscheinlichkeitsrechnung [3]
Hauptberechnungs-möglichkeiten	Stationäre Vorgänge Transiente Vorgänge Frequenzverhalten Fourieranalyse Leitungs- und Kabeldaten	Kurzschluss-berechnung nach VDE 0102 (IEC 909) oder Überlagerungs-verfahren und Lastflussberechnung	Serie/Parallel-systeme mit mehrfach redundanten Elementen
Wesentliche modellierbare Elemente	Spannungs- und Stromquellen Generatoren/Motoren RLC Elemente Sättigbare Elemente Zeitabhängige Widerstände Leitungsmodelle Transformatoren Ableiter Schalter Dioden GTO-Thyristoren Steuerfunktionen (TACS)	Äquivalente Netze Generatoren/Motoren Transformatoren Leitungen (π-Glieder) Lasten	Komponenten mit Berücksichtigung von λ (outage rate) und MTTR (mean time to repair)
Einsetzbare Rechner	AT-Rechner mit Hercules, VGA- oder EGA-Karte IBM System/2 μVax2, Vax 2000 Apollo usw.	AT-Rechner mit Hercules, VGA- oder EGA-Karte IBM System/2	AT-Rechner mit Hercules, VGA- oder EGA-Karte IBM System/2
Betriebssysteme	MS-DOS, VMS, UNIX[1)]	MS-DOS	MS-DOS
Programmier-sprache	Fortran	Pascal	Fortran
Eingabe	Batch mode	Interaktiv mit Maskensteuerung (Bilder 4 und 5)	Batch mode
Ausgabe	Bildschirm/Printer/Datei Graphische Darstellung der Spannungen, Ströme usw. (Bilder 6 und 7)	Bildschirm/Printer/Datei (Bild 9) Graphische Darstellung des Netzes (einpoliges Schema) mit Ergebnissen (Bild 8)	Bildschirm/Printer/Datei Tabellarische Darstellung der Resultate (Bild 10)
Beginn der Entwicklung	um 1970	1983	1985
Quelle	Bonneville Power Administration (USA)	Asea Brown Boveri AG Baden/Schweiz	Asea Brown Boveri AG Baden/Schweiz

Bild 1 Beschreibung der PC-Programme für die Netzberechnung
1) in Vorbereitung

Stationäre Betriebszustände	Quasistationäre Betriebszustände	Transientes Verhalten
Lastflussberechnung Berechnung der Verluste Blindleistungskompensation Ausfalluntersuchungen Oberwellenprobleme Störfälle	Kurzschlussberechnung Erdungsprobleme Schutzkoordination Störfälle	Schaltvorgänge aller Art - Einschaltvorgänge - Hochlauf von Maschinen Isolationskoordination - Blitzeinschläge - Einsatz von Ableitern Resonanzprobleme Gleichrichtermodellierung Störfälle

Bild 2 Mögliche Einsatzgebiete für die Kleinrechner-Netzprogramme ATP und Poscodam

ATP

Die Hauptvorteil von ATP(*A*lternative *T*ransients *P*rogramm) [1] liegt in den sehr umfangreichen Berechnungsmöglichkeiten. Das sehr breite Anwendungsspektrum erstreckt sich von der Behandlung sehr schneller transienter Vorgänge im µs-Bereich über Probleme im Sekundenbereich (z.B. dynamisches Verhalten elektrischer Maschinen) bis zur Untersuchung nichtlinearer quasistationärer Vorgänge, wie sie z.B. beim Zusammenwirken von Ventilschaltungen mit dem Netz auftreten. Die Eingabedatei wird konventionell mit einem Editor geschrieben. Das Programm liefert die Resultate in tabellarischer Form und erzeugt Plotterbilder. Für sehr umfangreiche Untersuchungen kann auch eine Workstation-Version des Programmes verwendet werden (VMS Betriebssystem).

Poscodam

Poscodam (*Po*wer *S*ystem *Co*mputation and *Da*ta *M*anagement) ist ein menügesteuertes Programmpaket für die Lastfluss- und Kurzschlussberechnung (Bild 4) [2]. Die Eingabe der Netzelemente erfolgt interaktiv mit Hilfe der sehr anwenderfreundlichen Maskentechnik (Bild 5). Netzpläne können mit und ohne Berechnungsresultate am Bildschirm, über den Plotter oder einen graphikfähigen Laser Printer ausgegeben werden. Es gibt gegenwärtig die folgenden Poscodam Module:

- Datenverwaltung mit Elementdatenbank
- Lastflussberechnung mit einer stabilen Stromiterationsmethode
- Kurzschlussberechnung nach VDE (IEC)-Vorschriften oder dem Überlagerungsverfahren
- Graphik zur Erstellung von Netzplänen

Nach der Poscodam-Version 1.0 (1983) für Netze bis 200 Knoten steht heute nach verschiedenen Zwischenstadien die CAD-fähige Version 3.0 zur Verfügung. Neben den Berechnungsmethoden nach den VDE 0102 (IEC 909)-Vorschriften und dem Überlagerungsverfahren für die Kurzschlussstromberechnung enthält die Programmversion 3.0 auch eine Elementdatenbank. Darin können vom Anwender sehr häufig gebrauchte und später nur durch die zugeordnete Bezeichnung abzurufende Grundelementdaten abgelegt werden.

Da die zu untersuchenden Netze bei den verschiedenen Anwendungen unterschiedlich gross sind, werden standardmässig *verschieden dimensionierte Programmvarianten* zur Verfügung gestellt. Während sich Variante P50 für die Untersuchung kleinerer Netze bis zu 50 Netzknoten oder für Ausbildungszwecke an Hochschulen eignet, können mit P200 auch regionale EVU-Netze problemlos analysiert werden. Die Standardvariante P800 mit bis zu 800 Knoten und 2000 Elementen erlaubt es, auch grosse Netze zu untersuchen.

Systeme und Subsysteme	
Kraftwerke Übertragungs- und Verteilnetze Industrienetze HGÜ-Anlagen Statische Kompensatoren Notstromanlagen	Generatoren Transformatoren Sammelschienen Abzweige Schalter Filter Schutzapparate Übermittlungssysteme (PLC) Rundsteuerungen Messketten

Bild 3: Einsatzmöglichkeiten von Programmen für die Zuverlässigkeitsplanung in der Energietechnik

Relpro

In Energienetzen ist eine möglichst hohe Verfügbarkeit eine der wesentlichen Forderungen, die man schon im Planungsstadium berücksichtigen muss. Das Zuverlässigkeitsanalyseprogramm Relpro (*Rel*iability *Pro*gram) [3] ist in der Lage, aufgrund von eingegebenen Blockdiagrammen Zuverlässigkeitskennzahlen von Systemen zu ermitteln wie z.B. Ausfallraten, Ausfall- und Reparaturzeiten, falls die Komponentendaten bekannt sind. Das Programm kommt ausser für die Untersuchung von Systemen in der Energietechnik auch für viele andere Anwendungsgebiete, bei denen sich die Systeme in der Form von logischen Zustandsdiagrammen darstellen lassen, in Betracht.

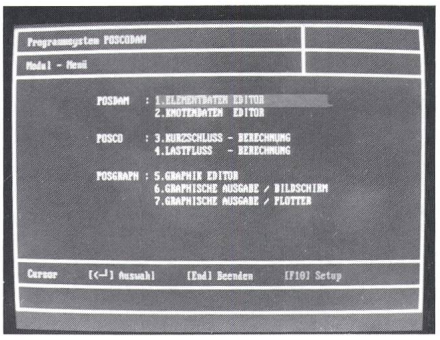


Bild 4 Poscodam-Hauptmenü mit drei Modulen und insgesamt sieben Grundfunktionen

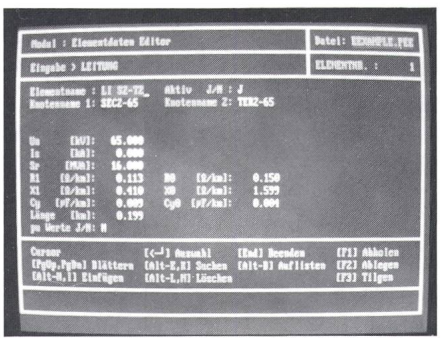


Bild 5 Eingabemaske für Freileitungen oder Kabel im Programm Poscodam

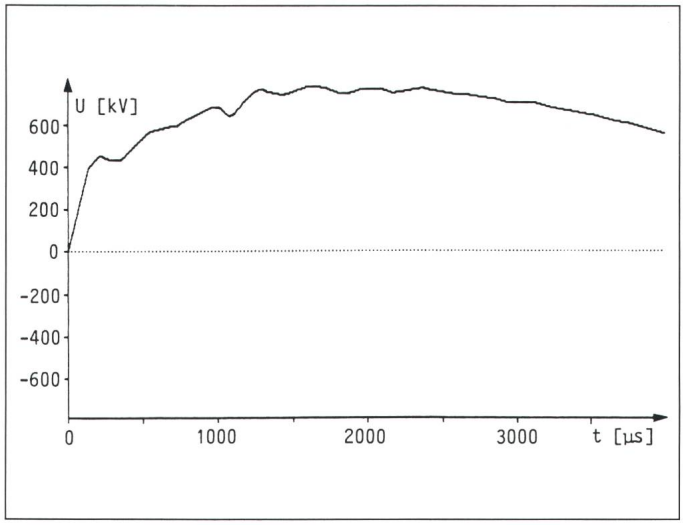


Bild 6 Abschaltung eines dreipoligen Fehlers in einem 420-kV-Netz

U transiente wiederkehrende Spannung am erstlöschenden Pol
t Zeit nach Abschaltung

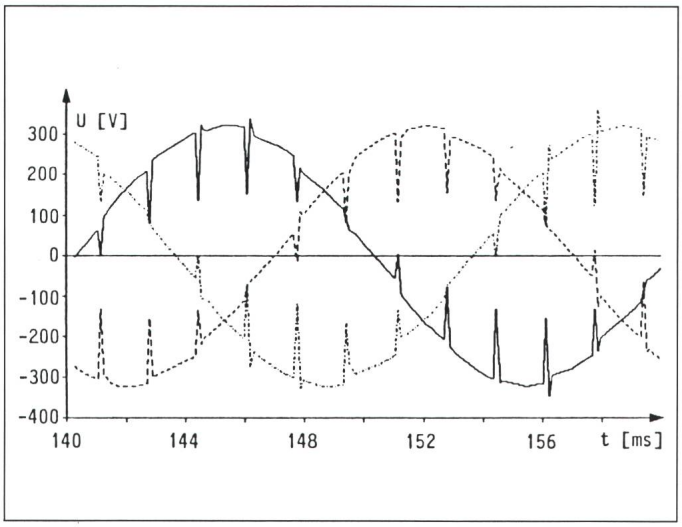


Bild 7 Simulation einer Synchronmaschine mit zwölfpulsiger Gleichrichterbrücke

U Spannungsverlauf mit Kommutierungseinbrüchen auf Generatorseite
t Zeit

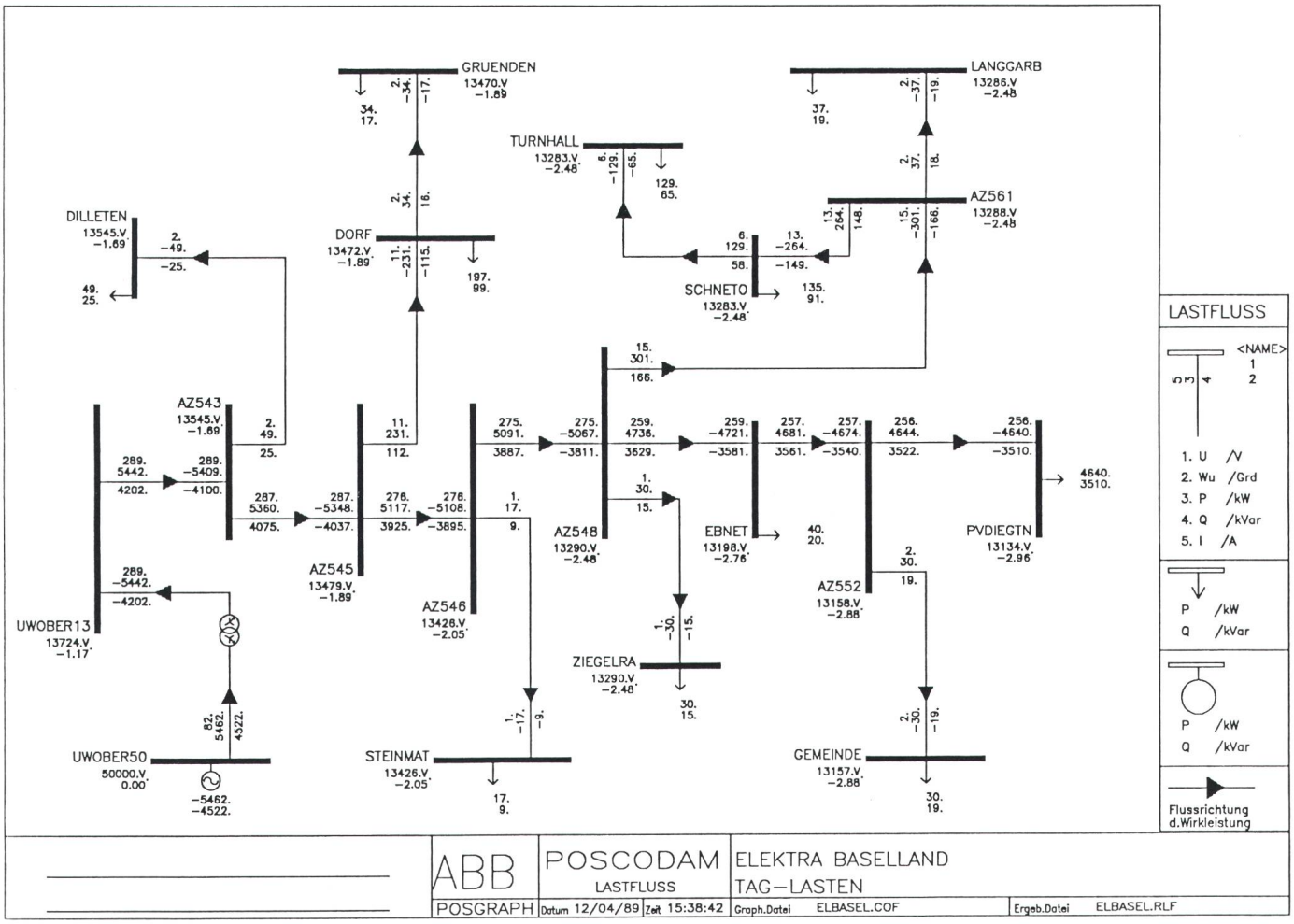


Bild 8 Lastflussberechnung für das 13,5-kV-Teilnetz Oberdorf der Elektra Baselland
graphische Ausgabe

Anwendungsbeispiele

Berechnung der transienten wiederkehrenden Spannung mit dem Programm ATP

Dieses Beispiel (Bild 6) zeigt die Berechnung der transienten wiederkehrenden Spannung am erstlöschenden Pol nach Abschaltung eines dreipoligen Fehlers auf einer 420-kV-Leitung. Die transiente wiederkehrende Spannung (TWS) ist die Spannung, die sich nach Öffnen eines Schalterpols an den Schalterklemmen dieses Pols ergibt [4]. Diese Spannung besteht aus einer Grundfrequenzkomponente und einer überlagerten höherfrequenten Schwingung. Die Steilheit der TWS in kV/µs ist von wesentlicher Bedeutung für die Wahl der geeigneten Schalter. Je steiler die TWS, desto grösser ist bei ungeeigneter Wahl des Schaltelements das Risiko der Rückzündung in der Schaltkammer.

Insgesamt wurden für diese Untersuchung 90 Knoten und 195 Zweige modelliert. Das ganze Netz wurde dreiphasig dargestellt; die Daten der Freileitungen, Transformatoren und Kurzschlussimpedanzen der Netze also im Mit- und Nullsystem eingegeben. Solche Studien werden nach dem Verfahren der eingeprägten Ströme durchgeführt. Der erste Berechnungsschritt besteht dabei aus der Bestimmung des Anfangs-Kurzschlusswechselstromes I_K'' am Fehlerort sowie den Beiträgen der mit dem Fehlerort verbundenen Netzzweige. Für die Bestimmung der TWS werden diese Ströme mittels zweier Stromquellen pro Leitung vom Fehlerort aus in die Leitung eingeprägt; der Strom über dem erstlöschenden Pol wird so zu null ergänzt.

Simulation von Synchronmaschinen mit Gleichrichterbrücken

Das Bild 7 zeigt ein anderes Anwendungsbeispiel von ATP. Es handelt sich um die Simulation einer Synchronmaschine mit einer zwölfpulsigen Gleichrichterbrücke. Der Generator speist die Brücke über einen Transformator mit Doppelsekundärwicklung. Es sind Spannungen mit Kommutierungseinbrüchen an den Generatorklemmen dargestellt. Dabei ist zu bemerken, dass die Synchronmaschine mit dem vollständigen Parkschen Modell dargestellt wurde. Vergleichsberechnungen mit ähnlich aufgebauten Synchronmaschinenprogrammen haben für viele Fälle gezeigt, dass sich ATP für solche Anwendungen sehr gut eignet.

ABB ASEA BROWN BOVERI

Programmsystem : P O S C O D A M — 04-12-89
Dateien: E: ELBASEL.PEE K: ELBASEL.PNE — 09:57:33

ELEKTRA BASELLAND
TAG-LASTEN

Lastfluss - Ergebnisse

Basisleistung	[MVA]	100.0
Netzfrequenz	[Hz]	50.0
Anzahl Netzelemente	-	18
Anzahl Knoten	-	19
Anzahl Slackknoten	-	1
Anzahl PV-Knoten	-	0
Maximale Anzahl Iterationen	-	20
Abbruchkriterium	-	1.0E-3
Faktor für erzeugte Leistung	-	1.0
Faktor für verbrauchte Leistung	-	1.0
Untere Spannungsgrenze für Ausgabe	[pu]	0.8
Obere Spannungsgrenze für Ausgabe	[pu]	1.2
Maximal zulässige Auslastung d. Elemente	[%]	100.0
Auto-Regelungstransf. berücksichtigt	-	Nein
Gewichtungsfaktor für PV-Knoten	-	0.100

Iterationsdaten :

Benötigte Anzahl Iterationen : 4
Berechnetes Abbruchkriterium : 0.00044864

Totaler Lastfluss :

		[MW]	[MVar]
Slackleistung	:	-5.462	-4.522
Totale Netzverluste	:	0.123	0.633
Totale Lastelement Leistung	:	0.000	0.000
Totale Generator Leistung (Vorgabe)	:	0.000	0.000
Totale Generator Leistung (berechnet)	:	0.000	0.000
Totale Last Leistung (Vorgabe)	:	5.338	3.889
Totale Last Leistung (berechnet)	:	5.338	3.889
Totale Leistungsabweichung(mismatch)	:	-0.001	0.000

Von Knoten	Art	[V]	U [°]	[kW]	S ein [kVar]	[kW]	S ber [kVar]
AZ552	PQ	13158.4	-2.9	0.0	0.0	0.0	0.0

Nach Knot.	Art	Zweig	[kW]	S 1-2 [kVar]	I 1-2[A]	rat [%]
PVDIEGTN	LEITUNG	L554	4644.2	3521.6	255.7	0.000
			v 4.3	v 11.6		v 0.000
GEMEINDE	LEITUNG	L553	30.0	18.7	1.6	0.000
			v 0.0	v -0.3		v 0.000
EBNET	LEITUNG	L552	-4674.3	-3540.2	257.3	0.000
			v 6.4	v 20.7		v 0.000

Bild 9 Lastflussberechnung für das 13,5-kV-Teilnetz Oberdorf der Elektra Baselland
tabellarische Ausgabe

Lastflussberechnung mit Poscodam

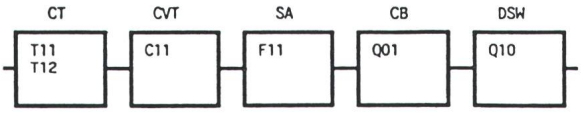
In diesem Beispiel wird die Ausgabe einer Lastflussberechnung für das 13,5-kV-Teilnetz Oberdorf der Elektra Baselland gezeigt (s. Bild 8 und 9). Die Studie wurde von dem Energieversorgungsunternehmen mit dem Programm Poscodam durchgeführt. Das 13,5-kV-Netz besteht im wesentlichen aus kurzen Freileitungen (< 2 km) und wird vom 50-kV-Netz im Knoten UWOBER50 gespeist (Bilanzknoten

auf der linken Seite). Alle anderen Sammelschienen sind als PQ-Knoten mit Wirk- und Blindleistungsvorgabe definiert. Neben den Spannungen an den einzelnen Knoten werden die Wirk- und Blindleistungsflüsse ausgegeben. Der Richtungspfeil in der Ausgabe bezieht sich auf den Wirkleistungsfluss. Eine übersichtliche Bildlegende am rechten Zeichnungsrand gibt Aufschluss über die verschiedenen Variablen. Es ist zu bemerken, dass das in Poscodam enthaltene Rechenverfahren auch bei sehr kurzen Leitungen sicher konvergiert.

Berechnung der Verfügbarkeit eines Sammelschienenabganges mit Relpro

Eine weitere Anwendung zeigt die Zuverlässigkeitsberechnung eines Abganges mit dem Programm Relpro. Das Bild 10 zeigt das logische Diagramm des Abganges. Es wurde eine theoretische Nichtverfügbarkeit von 0,1518 Stunden/Jahr ermittelt. Der resultierende Block kann als Untersystem für die übergeordneten Berechnungen benutzt werden, falls z.B. die Verfügbarkeit der ganzen Schaltanlage untersucht werden muss.

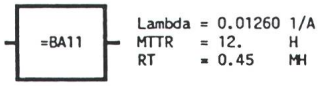
Block diagram and designation of the components:



Calculation table:

Subsystem/ Component	Typ	System Structure N	R	T	-- Outage rate -- Component (1/A)	System (1/A)	Outage Time (H)	Unavailability (H/A)	Man-Hours (MH)
75 Line Feeder (=BA11)	S								
Current Transformer (CT)		6	0		.00030	.00180	8.	.0144	.04
Capac. Volt. Transformer(CVT)		1	0		.00030	.00030	8.	.0024	.01
Surge Arrester (SA)		3	0		.00050	.00150	6.	.0090	.02
Circuit Breaker (CB)		1	0		.00300	.00300	18.	.0540	.19
Disconnect Switch (DSW)		2	0		.00300	.00600	12.	.0720	.18
						---	---	---	---
						.01260	12.	.1518	.45

Resulting block diagram:



Lambda = 0.01260 1/A
MTTR = 12. H
RT = 0.45 MH

Bild 10 Berechnung der Zuverlässigkeit eines Sammelschienenabganges mit dem Programm Relpro

Schlussfolgerung

Einige Jahre nach der Einführung der Personal-Computer stehen jetzt ausgereifte PC-Programme für die Planung elektrischer Netze zur Verfügung. Diese Art der Planung bietet einen hohen Bedienungskomfort, ohne dabei grosse Investitions- und Betriebskosten zu verursachen. Mit der wachsenden Speicherkapazität, der Vergrösserung des Arbeitsspeichers sowie der Erhöhung der Taktfrequenz sind nahezu alle üblichen Netzuntersuchungen auf dem Arbeitsplatzrechner möglich. Preisgünstige Workstations (wie z.B. Vax 2000) erweitern die Anwendungsmöglichkeiten der Kleinrechner für die Lösung von Problemen der elektrischen Energiesysteme zusätzlich.

Literatur

[1] Alternative transients program rule book. B-Leuven, Katholieke Universiteit, Electro-Magnetic Transients Program Center, July 1987.

[2] *K. Chan* u. a.: Poscodam V3, das neue Planungssystem für Energieversorgungsnetze auf Arbeitsplatzcomputer. ABB-Bericht HELVTNO190. Baden, ABB Netzleittechnik AG, Januar 1990.

[3] *J. Ding*:Description of program Relpro. ABB-Bericht HELVTN1589. Baden, Asea Brown Boveri AG, June 1989.

[4] *A. Braun, A. Eidinger* und *E. Ruoss:* Das Ausschalten von Kurzschluss-Wechselströmen in Hochspannungsnetzen. Brown Boveri Mitt. 66(1979)4, S. 240...254.