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: 72 (1981)

Heft: 3

Artikel: Die Berechnung elektrischer Felder und Optimierung von Elektrodenformen mit Hilfe von Tischrechnern

Autor: Metz, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905070

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: 12.07.2025

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

Die Berechnung elektrischer Felder und Optimierung von Elektrodenformen mit Hilfe von Tischrechnern

Von D. Metz

537.212:621.3.035.2

Die Dimensionierung von Isolationssystemen kann durch eine numerische Feldberechnung und Elektrodenoptimierung wesentlich erleichtert werden. Nach der Entwicklung effektiver Rechenverfahren einerseits und den Fortschritten in der Halbleitertechnologie anderseits sind kostengünstige, bequem handhabbare und mobile Hilfsmittel möglich geworden. Hier werden die Probleme dargestellt, die aufgrund der speziellen Randbedingung von Tischrechnern bei der Entwicklung und Implementierung auftreten. Die Systemkonfiguration (Geräte und Programm) eines Ausführungsbeispiels wird konzeptmässig vorgestellt und der Rechenablauf an einem Beispiel verdeutlicht.

Le dimensionnement de systèmes d'isolement peut être grandement facilité par le calcul des champs et l'optimalisation des formes d'électrodes au moyen de l'ordinateur. Grâce au développement de procédés de calcul efficaces et aux progrès de la technologie des semi-conducteurs, on dispose maintenant de moyens peu coûteux, commodes et mobiles. Les problèmes que posent les contraintes particulières de calculateurs de table lors du développement et de la mise en pratique sont exposés. On montre une configuration du système (appareillage et logiciel), ainsi que le déroulement du calcul, pour un exemple d'exécution.

1. Einleitung

Für die Konstruktion von Hochspannungsgeräten ist es wichtig, die im Betrieb möglichen maximalen Feldstärken auf den Elektrodenoberflächen im voraus bestimmen zu können. Wegen der komplizierten Elektrodengeometrien ist eine Feldberechnung nur mit Hilfe numerischer Verfahren möglich. In jüngster Zeit sind – über eine reine Feldberechnung hinausgehend – Strategien und Verfahren für eine Elektrodenoptimierungsrechnung entwickelt worden. Diese erlaubt es, Elektrodenformen zu berechnen, die eine optimale Ausnutzung des Feldraumes ermöglichen. Die Verteilung der elektrischen Feldstärke längs der Oberfläche ist dann in den kritischen Elektrodenabschnitten konstant, und die Feldstärke hat den kleinstmöglichen Betrag.

Für die Umsetzung der numerischen Verfahren in ein für den Entwicklungsingenieur leicht handhabbares Handwerkszeug sind hinsichtlich der reinen Feldberechnung eine Reihe von Programmsystemen batch- oder dialogorientiert entwickelt worden. Hinsichtlich der Elektrodenoptimierung existieren nur sehr wenige Arbeiten.

Die bisher entstandenen Programmsysteme wurden ausschliesslich für eine Implementierung auf Grossrechenanlagen entwickelt. Inzwischen sind jedoch Tischrechner und Mikrocomputersysteme aufgrund der Verbesserungen der Integrationsdichte und Schaltzeit so leistungsfähig geworden, dass ihr Einsatz für die Aufgabenkreise Feldberechnung und Elektrodenoptimierung möglich geworden ist.

Dies stellt eine sehr kostengünstige Lösung dar. Sie ermöglicht eine hohe Verfügbarkeit direkt am Arbeitsplatz des Entwicklungsingenieurs, eine gewisse Mobilität und vermeidet die Auseinandersetzung mit den vergleichsweise komplizierten Betriebssystemen von Grossrechnern.

In dieser Arbeit wird ein im Institut für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen entwickeltes und bei AEG-Telefunken im Hochspannungsinstitut Kassel auf einem Tischrechner implementiertes Programmsystem zur Feldberechnung und Elektrodenoptimierung dargestellt. Das im Programmpaket einbezogene Verfahren zur Elektrodenoptimierung ermöglicht erstmalig eine Optimierungsrechnung per Rechnerdialog. Ziel der Arbeit ist vor allem, die aufgrund der speziellen Randbedingungen von Tischrechnern entstehenden Probleme beim Softwareentwurf und bei der Implementierung sowie die Lösungen darzustellen und zu diskutieren. Auf eine ausführliche Darstellung der mathematischen Grundlagen wird hier verzichtet, diese sind an anderer Stelle veröffentlicht.

2. Rechenverfahren

Bei der Auswahl eines für die Implementierung auf Tischrechner geeigneten numerischen Verfahrens zur Feldberechnung bieten sich eine Reihe von Methoden an. Diese sind durch eine umfangreiche Literatur bekannt, z.B. [1...5], und sollen hier nur unter dem Aspekt der Anwendung auf Tischrechnern diskutiert werden. Die Finite-Elemente-Methode und das Differenzenverfahren lösen das Feldproblem über eine differentielle Betrachtung des Problems, d.h. mit Hilfe einer Gitterzerlegung des Feldraumes. Während das Differenzenverfahren auf einer Approximation der Potentialgleichung durch einen Differenzenansatz beruht, wird beim Verfahren der Finitenelemente eine Energieminimierung durchgeführt. Zur Lösung muss in beiden Fällen ein lineares Gleichungssystem direkt oder iterativ nach den unbekannten Gitterpotentialen aufgelöst werden. Es entsteht eine grosse Systemmatrix, die aber schwach besetzt ist.

Eine integrale Betrachtung des Feldproblems führt zur Methode der Ersatzladungen [5]. Hierbei werden Partikulärlösungen der Potentialgleichung (Potentialfunktionen von Ersatzladungen) so überlagert, dass die Randbedingungen (z.B. des Potentials) in einer Anzahl von vorgegebenen Elektrodenoberflächenpunkten (Konturpunkten) erfüllt werden. Bei diesem Verfahren entsteht eine im Vergleich zu den vorgenannten Methoden sehr kleine Systemmatrix, die aber auf allen Plätzen besetzt ist. Es ist das lineare Gleichungssystem

$$(p) \cdot (Q) = (U) \qquad (1)$$

für die unbekannten Ladungsbeträge (Q) zu lösen. Hierbei ist (p) die Matrix der Koeffizienten und (U) der Spaltenvektor der zu realisierenden Randbedingungen.

Der Einsatz aller genannten Verfahren auf Tischrechnern ist zwar prinzipiell möglich. In einem Vergleich der Verfahren [6] zeigte sich jedoch, dass die Ersatzladungsmethode für viele Probleme der Hochspannungstechnik bei gleicher Genauigkeit mit geringerem Speicherplatz und Rechenaufwand arbeitet. Aus diesem Grund und im Hinblick auf den meist knappen Arbeitsspeicher von Tischrechnern empfiehlt sich die Anwendung der Ersatzladungsmethode.

Darüber hinaus eröffnet eine Modifizierung der Ersatzladungsmethode ein Verfahren zur Optimierung der Feldstärkeverteilung auf Elektrodenoberflächen [7; 8]. Das Prinzip des Optimierungsverfahrens ist im folgenden kurz dargestellt:

Das Elektrodensystem kann in unkritische Bereiche, die eine feste Kontur behalten sollen, und in kritische, zu optimie-

rende Bereiche aufgeteilt werden. Die unkritischen Elektrodenabschnitte werden durch Konturpunkte mit zugeordneten Ladungen (Q) nachgebildet. Die zu optimierenden Bereiche bleiben konturpunktfrei und erhalten Optimierungsladungen $(\tilde{Q})$, die zunächst betrags- und lagemässig vorgegeben werden. Im Verlauf der Optimierungsrechnung wird durch Betragsänderungen und Ortsverschiebungen der Optimierungsladungen die Äquipotentialfläche im Sinne der Optimierung verformt. Die Verformung der Äquipotentialfläche wird nur in den konturpunktfreien Gebieten durchgeführt. Die den Konturpunkten zugeordneten Ladungen werden jeweils betragsmässig so bestimmt, dass die Äquipotentialfläche die Konturpunkte schneidet und damit stets die festen Elektrodenteile nachbildet. Zur Simulation der Feldkonfiguration ist das Gleichungssystem

$$(p)\ (Q) + (\tilde{p})\ (\tilde{Q}) = (U) \tag{2}$$

für die unbekannten Ladungsbeträge (Q) zu lösen. Hierbei ist $(\tilde{p})$ die Potentialkoeffizientenmatrix der Optimierungsladungen bezüglich der Konturpunkte, (p) die Matrix der Potentialkoeffizienten der Ladungen (Q) bezüglich der Konturpunkte und (U) der Vektor der zu realisierenden Randbedingungen (z.B. Potentiale).

Das Produkt $(\tilde{p}) \cdot (\tilde{Q})$ stellt den Potentialanteil (U_v) aller Optimierungsladungen in den Konturpunkten dar. Mit der Abkürzung

$$(\tilde{p}) \cdot (\tilde{Q}) = (U_v) \tag{3}$$

lässt sich das Gleichungssystem (2) wie folgt schreiben:

$$(p) \cdot (Q) = (U) - (U_v) \tag{4}$$

Das Gleichungssystem (4) ist hinsichtlich der Ladungsbeträge (Q) zu lösen.

Es genügt die einmalige Aufstellung und Inversion der Systemmatrix (p) für die gesamte Rechnung, da die für die Optimierung notwendige Variation der Optimierungsladungen bei der Rechnung in Form einer Modifizierung der Potential-Randbedingungen der Konturpunkte eingeht, d.h. auf der rechten Seite des Gleichungssystems (4). Ausserdem wird die Matrix klein, da in den Optimierungsgebieten die Konturpunkte wegfallen. Das Verfahren arbeitet daher mit wenig Speicherplatz.

3. Ausführungsbeispiel

Die Bearbeitung eines Programmsystems zur Feldstärkeberechnung und Optimierung ist an einer Reihe handelsüblicher Tischrechner möglich. Diese bieten Arbeitsspeicher zwischen 8 k- und 64 k-Bytes, ausnahmsweise sogar noch mehr an. Während ein Arbeitsspeicher von 8 k-Bytes nur für ca. 20 Ladungen ausreicht und damit die Lösung komplizierter Probleme nicht zulässt, bietet ein 32-k-Bytes-Speicher die Möglichkeit, mit etwas mehr als 50 Ladungen zu rechnen. 64-k-Bytes-Speicher erlauben ca. 80 Ladungen.

Mit den letzten beiden Arbeitsspeichergrössen ist der Einsatz einer ausreichend grossen Anzahl von Ladungen möglich, um Standardaufgaben, z.B. rotationssymmetrische Dreielektroden-Trennstreckenkonfigurationen, ausreichend genau zu lösen. Im Hinblick auf die Genauigkeit der Lösung hat jedoch nicht allein die Anzahl der Ladungen, sondern vor allem die optimale geometrische Zuordnung der Ersatzladungen und Konturpunkte eine grosse Bedeutung [10].

3.1 Systemstruktur

Im vorliegenden Fall wurde das Programmsystem auf einem Tischrechner Tektronix 4051 entwickelt und ist im AEG-Hochspannungsinstitut in Kassel auf dem Nachfolgemodell 4052 implementiert. Dieser Tischrechner arbeitet mit einem LSI-Mikroprozessor als Zentraleinheit, besitzt ein graphisches Display, eine Magnetband-Kassetteneinheit und ist in einer um Graphikbefehle erweiterten BASIC-Sprache programmierbar. Der Arbeitsspeicher beträgt 64 k-Bytes. Zur Dokumentation stehen Hardcopy und Plotter als Peripherie zur Verfügung (Fig. 1).

Der Arbeitsspeicher kann als Programmspeicher oder als Datenspeicher benutzt werden. Das Programmsystem ohne Daten erfordert insgesamt etwa 250 k-Bytes Programmspeicher. Da die Struktur des Ersatzladungsverfahrens eine Segmentierung des Programmlaufs zulässt, ist eine wesentliche Senkung des Arbeitsspeicherbedarfs möglich. Das Programmsystem befindet sich dabei modular aufgeteilt auf einem peripheren Speicher (Kassette); im Arbeitsspeicher ist nur der jeweils aktuelle Programmteil vorhanden. Die Organisation des Ladens der Module und des Datentransfers übernimmt ein Ablaufsteuerprogramm. Die in Figur 2 gezeigte Struktur – links Datenfiles, in der Mitte der Arbeitsspeicher, rechts die Programmodule – wird in den folgenden Figuren konsequent eingehalten.

Zum Zeitpunkt der Berechnung und Inversion der Koeffizientenmatrix ist der Bedarf an Datenspeicherplatz besonders hoch. Eine $n \times n$-Matrix benötigt $8\,n^2 + 18$ Bytes im Arbeitsspeicher. Eine direkte Aufstellung der Koeffizientenmatrix ist möglich, wenn Punkt-, Linien- und Ringladungen verwendet werden, da der Programmspeicher der Routinen zur Berechnung der Koeffizienten dieser Ladungen klein ist. Die Routine für Punktladungen erfordert ca. 150 Bytes, die für Linienladungen ca. 550 Bytes und für Ringladungen einschliesslich der

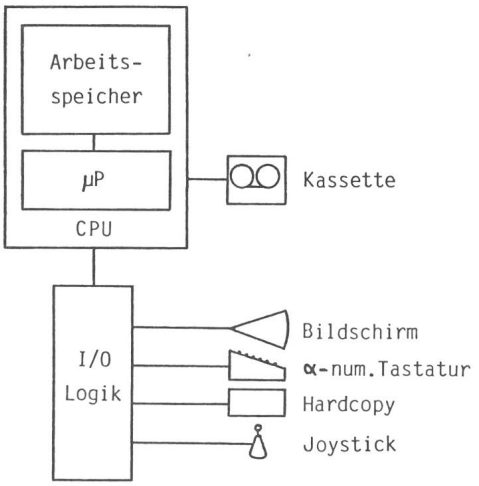

Fig. 1 Hardwarekonfiguration des Systems

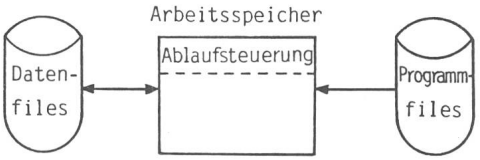

Fig. 2 Struktur der Software und Verarbeitung der Daten und Programmodule

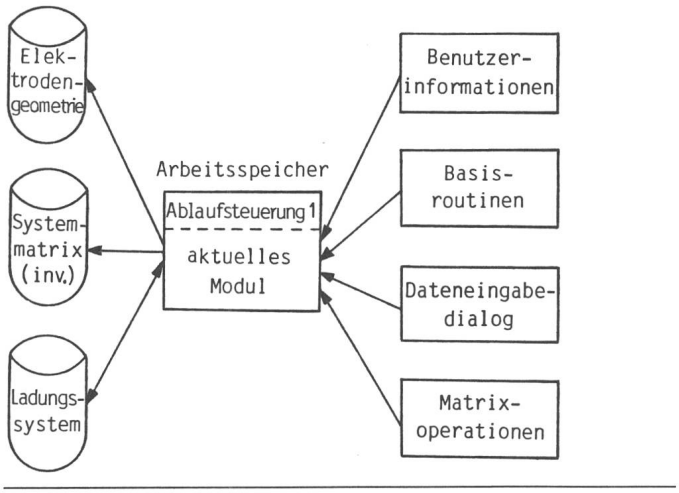

Fig. 3 Programmorganisation und Rechenablauf zur Simulation der Elektrodenkonfiguration

Berechnung elliptischer Integrale 1. Gattung ca. 600 Bytes. Die Koeffizientenroutine für Flächenladungen benötigt hingegen ca. 9 k-Bytes. Bei Anwendung von Flächenladungen ist daher ein wesentlich grösserer Programmspeicher notwendig, so dass bei grossen Gleichungssystemen ein zeilenweises Berechnen und peripheres Speichern der Matrix erforderlich ist. In diesem Fall wird die Matrix erst nach Beendigung der Koeffizientenberechnung und Löschen der Koeffizientenroutinen von der Kassette in den Arbeitsspeicher geladen und weiterverarbeitet.

Routinen für Matrixmanipulationen sind im allgemeinen nicht Bestandteil der Grundsoftware von Tischrechnern. Sie müssen entweder selbst programmiert werden, belasten aber dann den Arbeitsspeicher, oder als festverdrahtete Unterprogramme auf ROMs bezogen werden, deren Code keinen Platz im Arbeitsspeicher belegt.

Die Rechenzeiten für die Koeffizientenroutinen betragen bei Punktladungen ca. 4 ms, bei Ringladungen ca. 16,5 ms, bei Linienladungen ca. 14,5 ms und für Flächenladungen je nach Entfernung Aufpunktladung zwischen 60 ms und 1 s. Die Aufstellung einer 30×30-Matrix erfordert ca. 13,5 s, die Inversion ca. 6,5 s (4 Punkt-, 12 Linien- und 14 Ringladungen).

3.2 Rechenablauf

Der Rechenablauf wird durch eine Ablaufsteuerung organisiert. Die Ablaufsteuerung besteht aus zwei Programmteilen, die unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen haben. Der erste Teil organisiert die Module, die den Dialog zur Adoption des Programmpaketes an die aktuelle Aufgabe durchführen bis hin zur Lösung des Gleichungssystems und Berechnung der Ersatzladungen. Das geschieht wie folgt:

Zunächst wird das System initiiert (Fig. 3). Der Benutzer erhält Hinweise über die Leistungen und Bedienung des Programmsystems (Modul «Benutzerinformation»), und die Basisroutinen der Koeffizientenberechnung werden in den Arbeitsspeicher geladen. Dann kann der Benutzer mit Ja/Nein-Antwort entscheiden, ob mit dem zuletzt gespeicherten Elektrodensystem weitergerechnet oder ein neues Elektrodensystem berechnet werden soll (Modul «Dateneingabedialog»). Bei Weiterrechnung mit dem zuletzt gespeicherten Elektrodensystem sind die zugehörigen Daten von der Kassette in den Arbeitsspeicher zu übertragen. Hier zeigt sich ein Vorteil des Ersatzladungsverfahrens: Zur Nachbildung des Elektrodensystems sind nur die Orte und Beträge der Ersatzladungen (Datei «Daten des Ladungssystems») zu übertragen. Dieses Ladungssystem bestimmt die Äquipotentialflächen und damit die Feldkonfiguration.

Soll ein neues Elektrodensystem berechnet werden, so werden Programmodule zugeladen, die die neuen Daten – Konturpunkte und deren Sollpotentiale – in einer benutzerfreundlichen Weise erfragen (Modul «Dateneingabedialog») und speichern (Datei «Elektrodengeometrie»). Dies geschieht an Hand einer vom Benutzer vorbereiteten Zeichnung und entsprechenden Tabelle der Konturpunkte- und Ladungsortekoordinaten. Nach Zuladen der Koeffizientenprogramme wird die Systemmatrix automatisch berechnet, invertiert und in der Datei «Systemmatrix» gespeichert. Mit Hilfe der invertierten Matrix wird das Ladungssystem berechnet und gespeichert (Datei «Ladungssystem»). Damit ist die Feldkonfiguration simuliert.

Den weiteren Verlauf der Rechnung übernimmt nun der zweite Teil des Ablaufsteuerprogramms. Dieser Teil (Fig. 4) organisiert den Programmablauf zur Auswertung. Er informiert den Benutzer zunächst über die Dienstleistungsmöglichkeiten des Programmsystems in Form einer «Speisekarte». Der Benutzer gibt die Kennzahl der gewünschten Dienstleistung ein; das Ablaufsteuerprogramm übernimmt die Speicherung notwendiger Programmbausteine von der Kassette in den Arbeitsspeicher und ebenso die Manipulation der Daten. Im einzelnen werden folgende Dienstleistungen erbracht:

Die Serviceroutine 1 ermöglicht die Potentialberechnung in einzelnen Punkten. Diese Routine ist vor allem als eine Kontrollmöglichkeit gedacht. Hiermit kann durch Berechnung des Potentials in Punkten der Elektrodenoberfläche, die nicht Konturpunkte sind, eine Aussage über die Güte der Lösung erhalten werden. Der Benutzer gibt per Dialog die Anzahl und die Koordinaten der Kontrollpunkte ein; das Potentialergebnis Φ_i jedes Punktes wird über die Superposition

$$\Phi_p = \sum_{i=1}^{k} \Phi_i = \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot Q_i \qquad (5)$$

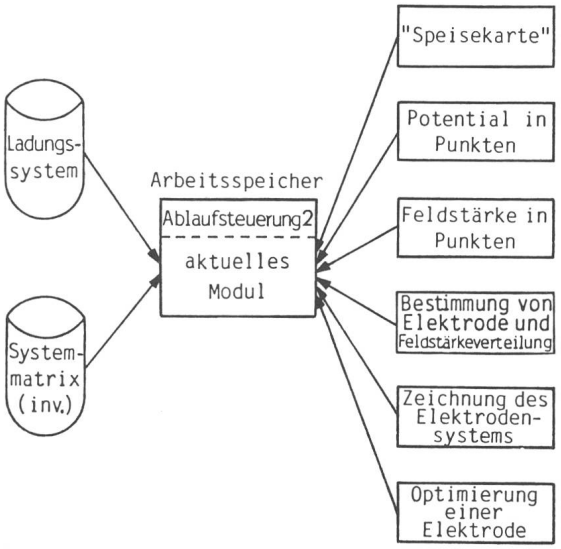

Fig. 4 Programmorganisation und Rechenablauf zur Auswertung

der Potentialanteile Φ_i aller k Ladungen Q_i erhalten. p_i ist der Potentialkoeffizient des betrachteten Punktes P zur Ladung Q_i. Bei einer gelungenen Feldsimulation darf das Potential der Kontrollpunkte nur wenige Promille vom Elektrodenpotential abweichen.

Die Serviceroutine 2 ermöglicht die Feldstärkeberechnung nach Betrag und Richtung in einer Anzahl von Punkten, die wie in Serviceroutine 1 per Dialog eingegeben werden können. Die Komponenten der Feldstärke werden über einen 4-Punkte-Differenzansatz ermittelt.

Die Serviceroutine 3 ermöglicht die Berechnung einer Äquipotentialfläche, so wie sie sich aus dem Ladungssystem ergibt, sowie deren Feldstärkeverteilung. Sie dient sowohl der Kontrolle der Lösung durch Vergleich mit der Lage der eingegebenen Konturpunkte als auch der Feldstärkeauswertung. Es sind folgende Dialogeingaben notwendig: die Startpunktkoordination der Äquipotentialsuche, die Startrichtung, das Sollpotential sowie die Bereichsgrenzen (X_{min}, X_{max}, R_{min}, R_{max} in Fig. 5).

Die Angabe der Bereiche wird bei der graphischen Ergebnisdarstellung so genutzt, dass immer über den ganzen Bildschirm gezeichnet wird. Bei Angabe eines kleinen Bereichs wird eine sehr hohe Auflösung erzielt.

Die Serviceroutine 4 liefert eine graphische Darstellung des Feldraumes durch Äquipotentialflächen und Feldlinien. Es sind per Dialog einzugeben: die Bereichsgrenzen (X_{min}, X_{max}, R_{min}, R_{max}); die Äquipotentialfläche, auf der die Feldlinien starten sollen, durch Startpunkt, Startrichtung und Sollpotential; die Zahl der Feldlinien und das Potential der Feldlinienpunkte sowie die Zahl der Äquipotentialflächen und deren Potentiale.

Die Serviceroutine 5 ermöglicht die Formoptimierung einer Elektrode hinsichtlich betragskonstanter und kleinstmöglicher Feldstärkeverteilung auf den Oberflächen. Der Benutzer wird aufgefordert, eine erste Annahme für die Orte und Beträge der Optimierungsladungen zu treffen. Daraufhin werden die den Konturpunkten zugeordneten Ladungen betragsmässig so

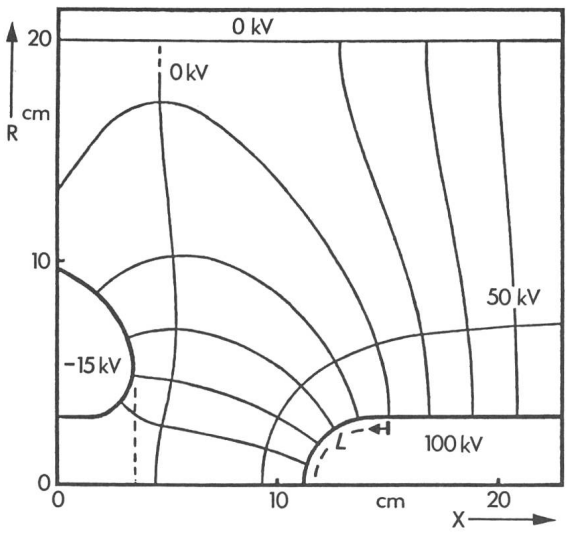

Fig. 5 Zeichnung des Elektrodensystems (Beispiel)
Rotationssymmetrischer Trennschalter mit Rotationsachse in der X-Achse. Feldlinien ausgehend von der Schaltstiftelektrode (rechte Elektrode mit 100 kV Spannung), zwei Äquipotentialflächen (50 kV, 0 kV) im Raum

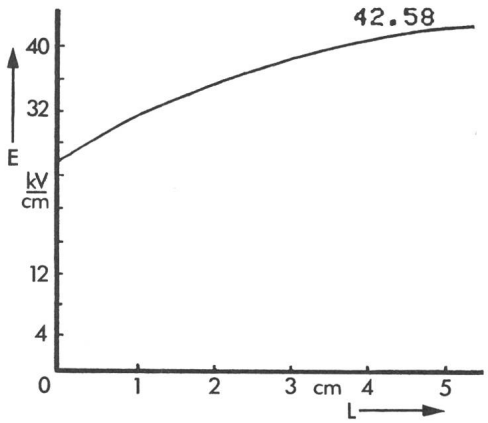

Fig. 6 Feldstärkeverteilung auf der Schaltstiftelektrode in abgewickelter Darstellung
Parameter L in Figur 5

bestimmt, dass die Äquipotentialfläche mit Elektrodenpotential die Konturpunkte schneidet. Diese Äquipotentialfläche wird anschliessend mit ihrer Feldstärkeverteilung graphisch dargestellt. Der Benutzer wird zu einer weiteren Änderung der Beträge oder Orte (oder auch Zahl) der Optimierungsladungen aufgefordert. Dies führt zu einem iterativen Optimierungsprozess, der vom Benutzer mit der Strategie geführt wird, die Feldstärkespitzen durch Verkleinerung der Krümmung der Oberfläche abzubauen [7]. Das Einbringen von ingenieurmässigen Erfahrungen kann bei dieser Strategie schon nach 3...5 Iterationen zu einer sehr nahe am Optimum liegenden Lösung führen.

Nach Abschluss jeder Serviceroutine übernimmt die Ablaufsteuerung die Regie über den Programmablauf und bietet wieder die «Speisekarte» zur Auswahl an.

3.3 Beispiel

Der Rechenablauf soll am Beispiel der Feldberechnung für eine Trennstrecke in einer SF_6-gekapselten Schaltanlage dargestellt werden. Durch die einphasige Kapselung der Sammelschienen ergeben sich bereichsweise konzentrische Elektrodenanordnungen, beispielsweise eine rotationssymmetrische Trennstrecke, wie sie in Figur 5 dargestellt ist. Der Schaltstift (rechte Elektrode mit + 100 kV) befindet sich kurz vor der Gegenelektrode (linke Elektrode mit − 15 kV). Die Hüllelektrode ist am oberen Bildrand anzunehmen und als geerdet zu betrachten.

Das Elektrodensystem wird mit 2 Punktladungen, 5 Linienladungen und 13 Ringladungen nachgebildet. Einzugeben sind die Koordinaten der Konturpunkte und der Ersatzladungen sowie die Randpotentiale, insgesamt 98 Werte. Nach der Eingabe erfolgen automatisch die Matrixmanipulationen. Das Berechnen der Koeffizientenmatrix erfordert im Beispiel 6 s, die Inversion ca. 3 s. Danach steht das Ersatzladungssystem für die weitere Auswertung zur Verfügung. Die Potentialberechnung (Serviceroutine 1) in einem Punkt benötigt 0,3 s, die Feldstärkeberechnung (Serviceroutine 2) in einem Punkt ca. 1,5 s. Die Berechnung der rechten Innenelektrode (Serviceroutine 3) mit der Feldstärkeverteilung (Fig. 6) erfordert ca. 1 min. Die graphische Darstellung der Elektroden und Feldlinien nach Figur 5 braucht ca. 10 min.

1982 INTERNATIONAL ZURICH SEMINAR ON DIGITAL COMMUNICATIONS

MAN–MACHINE INTERACTION

MARCH 9 – 11, 1982

ZURICH/SWITZERLAND

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Steering Committee
H. Mey, Universität Bern
President of the 1982 Seminar
M.S. Buser, Siemens-Albis AG, Zürich
Chairman of the 1982 Seminar
C.J. Jenny, IBM Forschungslabor, Zürich
Vice Chairman of the 1982 Seminar
H. Diggelmann, Hasler AG, Bern
P.G. Fontolliet, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
R. Isler, Gruppe für Rüstungsdienste, Bern
A. Kündig, PTT, Bern
F. Zübli, Siemens-Albis AG, Zürich

Advisory Board
F. Bagdasarjanz, BBC Brown, Boveri Ltd., Baden
W. Guggenbühl, ETHZ, Zurich
E. Grandjean, ETHZ, Zurich
J. Harms, CUI, University of Geneva
K. Hirano, Kobe University, Japan
H. Inose, University of Tokyo, Japan
M. Joindot, C.N.E.T., France
P. Kartaschoff, PTT, Bern
L. Kristiansson, Chalmers University, Sweden
P. Leuthold, ETHZ, Zurich
G.S. Moschytz, ETHZ, Zurich

1982 INTERNATIONAL ZURICH SEMINAR ON DIGITAL COMMUNICATIONS CALL FOR PAPERS

Conference Topics
The seventh International Zurich Seminar (82 IZS) will concentrate like its predecessors on selected topics within the field of Digital Communications. It will be held at the Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 1982, March 9 – 11, with the main theme:

Man-Machine Interaction (MMI)
The aim of the Seminar is to present recent advances in theory and application at the user and subscriber as well as at the maintenance and operation side of digital communication systems. Services, facilities, ergonomics, and their impact on peripheral equipment, systems architecture and design, as well as input/output concepts and principles are encompassed.

(1) MMI Impact on Communication Systems Design
(1.1) systems architecture; service features and facilities
(1.2) decentralized and centralized intelligence; terminal and systems resource allocation
(1.3) authorization and access aspects

(2) Terminal-System Interfaces
(2.1) physical aspects; standards, codes, rates, response times
(2.2) communication software aspects; signalling and protocols
(2.3) networking aspects; impact on terminal/system structures

(3) Terminal equipment; concepts and principles

Panel Discussion
As a complement to the main conference topics, a panel discussion is planned.

Submission of Papers
Contributions to the mentioned topics are invited. They should comprise novel results, not previously published in any form. The conference language is English. Simultaneous translation will not be provided. Summaries and final manuscripts will be reviewed by the Technical Program Committee.

Schedule of Events – Deadlines:

–July 21, 1981, Summary
Deadline for submitting a 500-word English summary.
The title of the paper and the corresponding topic number(s) must be specified. The summary should clearly outline the scope of the paper. It should state where significant results have been obtained, contain the author's conclusions and a reference list. Diagrams and tables may be added.
Author(s) must be identified by name, title, affiliation, complete address and telephone and telex number.

– October, 1981, Notice to Authors
Notification to authors of acceptance/rejection. Authors of accepted papers will receive instructions and forms for preparing camera-ready manuscripts.

(3.4) ergonomics (human factors)

(4) Man-Machine Dialogue
(4.1) command languages
(4.2) skilled versus casual users; user guidance
(4.3) operations and maintenance

Contact Address:
For all contributions and further information please contact:
Secretariat '82 IZS
Miss M. Frey, EAE
Siemens-Albis AG
POB

CH-8047 Zurich/Switzerland

Please detach and mail to the address above

I am interested in the 1982 International Zurich Seminar on Digital Communications and wish to receive subsequent information to the address given below:

Mr./Mrs./Miss _____
Family Name First Name Middle Initial

Title and Position _____

Name of Company or Institution _____

Mailing Address ☐ Home ☐ Business _____

_____

Telephone: Telex: _____

I plan to submit a paper with the following title: _____

Appropriate topic No(s): ☐
(See list above)

Please send me: Advance program, hotel information ☐ Yes ☐ No

Technical Program Committee
M. Dècina, University of Rome, Italy
K.H. Edwards, Northern Telecom (U.K.) Ltd., Great Britain
A.G. Hare, British Telecom, Great Britain
R. Kersten, Siemens Ltd., Germany
W.C. Lindsey, University of Southern California, USA
R.W. Lucky, Bell Labs., USA
H. Malleck, OeFEG, Austria
J.L. Massey, ETHZ, Zurich
J. Nievergelt, ETHZ, Zurich
H. Ohnsorge, SEL-Res. Center, Germany
P. Schmid, Standard Telefon u. Radio Ltd., Zurich
P. Stucki, IBM Research Lab., Zurich
J.E. Thompson, British Telecom, Great Britain
L.E. Zegers, Philips Research Lab., Netherlands

Organizer
IEEE Switzerland Chapter on Digital
Communication Systems in cooperation with (provisional list):

IEEE Switzerland Section
IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing Society
IEEE Circuits and Systems Society
IEEE Communications Society
IEEE Computer Society
IEEE Instrumentation and Measurement Society
Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (EUREL)
Schweizerischer Elektrotechnischer Verein (SEV)
Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG)
Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEI)
Institution of Electrical Engineers (IEE)
Swiss Chapter of the ACM
Eidgenössische Technische Hochschule, Zurich (ETHZ)
Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne (EPFL)
SWISSAIR Official Carrier for this Conference

CALL FOR PAPERS

4. Schlussbemerkung

Der Einsatz von Tischrechnersystemen ermöglicht eine bequeme und wirtschaftliche Entwicklung von Hochspannungsgeräten direkt am Arbeitsplatz des Ingenieurs. Der Rechenzeitnachteil gegenüber Grossrechnern wird durch den besseren Zugriff weitgehend ausgeglichen.

Literatur

[1] *H. Prinz:* Hochspannungsfelder. München/Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1969.

[2] *H. Böcker* und *K. Reichert:* Digitale Berechnung von elektrischen Feldern in metallgekapselten Anlagen. ETZ–A 94(1973)7, S. 374...377.

[3] *O.C. Zienkiewicz:* The finite element method in engineering science. London, McGraw-Hill, 1971.

[4] *K. Reichert:* Über Verfahren zur numerischen Berechnung elektrostatischer Felder. ETZ–A 93(1972)6, S. 338...339.

[5] *H. Singer, H. Steinbigler* and *P. Weiss:* A charge simulation method for the calculation of high voltage fields. IEEE Trans. PAS 93(1974)5, p. 1660...1668.

[6] *H. Okubo* und *D. Metz:* Vergleichende Feldberechnungen und Optimierung in Elektrodensystemen von Hochspannungsanlagen. Arch. Elektrotechn. 60(1978)1, S. 27...35.

[7] *D. Metz:* Ein Verfahren zur Feldoptimierung in Hochspannungsanlagen. Dissertation der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 1979.

[8] *D. Metz:* Optimization of high voltage fields. Third International Symposium on High Voltage Engineering, Milan, september 1979; paper No. 11.12.

[9] *H. Okubo* and *T. Amemiya:* Borda's profile and electric field optimization by using charge simulation method. Third International Symposium on High Voltage Engineering. Milan, september 1979, paper No. 11.16.

[10] *Y.L. Chow* and *C. Charalambous:* Static-field computations by the method of optimised simulated images. Proc. IEE 126(1979)1, p. 123...125.

Adresse des Autors

Dr.-Ing. *Dieter Metz,* AEG-Telefunken, Abt. E 46 V2292-F, Goldsteinstrasse 238, D-6000 Frankfurt/Main.