

氏 名	迎 久 雄
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和63年11月9日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最 終 学 歴	昭和29年3月 東京大学工学部電気工学科卒業
学 位 論 文 題 目	電力系統運用支援コンピュータシステムの開発に 関する研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 豊田 淳一 東北大学教授 木村 正行 東北大学教授 竹田 宏

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 序 論

本論文は、負荷の増大に伴う電力系統規模の拡大により複雑化した電力系統運用の信頼度を向上させるために要求されたシステムを実現することを動機として行った、電力系統運用を支援するコンピュータ・システムの開発研究の内容をまとめたものであり、全編5章よりなる。

第1章は序論であり、最近の電力系統の持つ特質とそれに伴って生じた問題点を概説し、電力系統の信頼度向上を目的として系統運用を支援するために導入すべきコンピュータ・システムの発展の経緯を整理している。そして、その発展の節々における技術課題を克服し、あるいは進んだ技術を取り入れながら著者が進めた研究を要約した。

また、電力系統運用の信頼度を向上するための対策の全体像と、本論文に報告している研究開発の成果との関連を整理している。

第 2 章 給電指令所用電力流通コンピュータ

(1) この章は1960年代後期から1970年代前期における、電力需要の急増に伴う電力系統運用の実態から、給電指令所での日常の流通計画の作成を人手によって行うことが不可能となってきたため、給電指令所で、指令所員が必要に応じて随時潮流計算を実施することができて、かつ、潮流計算を一目で全系の電力流通状態が把握できるように表示する計算システムを給電指令所に設置する必要

性が生じ、これを実現することを目的として著者が行った研究開発の内容をまとめたものである。

(2) 著者は、要求される機能を満足するシステムを実現するためには、従来のデジタル・コンピュータでもなく通常のアナログ・コンピュータでもない、全く新しい計算システムの開発が必要であると判断し、その実現のための研究開発を行った。

(3) 研究開発のポイントは次の通りである。

(3-1) 新しいシステムを実現するという観点から、既存の計算手法の得失の評価を行った。すなわち、すでに開発されていた nodal 法と直流フロー法とについて計算速度、システムを実現するときの複雑さを評価し、直流フロー法を応用して非線形計算である潮流計算を線形化し、スカラー量である $(P-\theta)$ 、 $(Q-V)$ 計算の組合わせで計算を行う方式を新たに考案、開発した。

(3-2) この計算方式を応用して、計算速度の点で優れているアナログ方式を採用し、系統ネットワークを線路リアクタンス分による抵抗回路網で、そのまま模擬構成させて装置化する事により、各ノードに供給する直流電流源を P および Q に対応させれば $P-\theta$ 計算および $Q-V$ 計算の組合わせで潮流計算を 1 回計算させればよく、また、そのまま電力系統を系統表示盤として模擬することになり、計算結果として得られる電圧・電流というアナログ量をデジタル変換して表示盤上の所要の個所に表示させることによって、潮流計算および計算結果の表示のいずれも要求を満足することができた。

(4) この研究開発の成果を要約すれば次の通りである。

(4-1) 電力流通コンピュータのために開発した計算方式は非線形計算である潮流計算を線形化し、スカラー量化して計算する方式であるが、オール・デジタル方式のコンピュータ・システムとして生まれかわっている現在でも、計算速度の優れた方式として、リアルタイムの要求を満たすために使用されている。

(4-2) 1960年代後半という時期はデジタル・コンピュータの入出力方式は、入力はカードリーダー、出力はラインプリンタによるプリント印字であり、計算結果を全系を模擬した表示盤上の所要の個所に表示し、一目で系統の電力流通状態が把握できるようにすることは不可能であった。また、 A/D 変換器も満足な性能を持つものがなかった時期に、3桁の下1桁の数値の変動を ± 1 に抑える専用の A/D 変換器を開発し、上記のような要求を満足する表示方式を実現した事はコンピュータ・システムとして画期的であったと同時に、その後のCRTディスプレイ装置によるデジタル・コンピュータ・システムにおけるグラフィック・ディスプレイの考え方の先導的役割を果たしたと評価されている。

第3章 電力系統のセキュリティ自動監視システム

(1) 1970年代に入ると、電力への依存度が一層増大し、電力系統のセキュリティを確保する事が強く要請されてきたが、基幹系統の複雑化、ネットワーク化に伴って人間の判断では万全を期する事が困難となり、給電指令所において指令所員が必要に応じて随時系統のセキュリティ確保の度合を自動的にオンライン・リアルタイムに監視することによって、指令所員の判断を支援するシステムの実現が強く求められた。

この章は、著者がいくつかの新しい計算方式と新しい技術とによって必要性を満たすシステムを実現するために行った研究開発の内容をまとめたものである。

(2) 著者は、目的とするシステムをいかにして実現するか、という観点から、解析手法、ソフトウェア体系およびハードウェア体系の得失の評価を行い、システム構築を行ったが、研究開発のポイントは次の通りである。

(2-1) 解析手法

電力システムのセキュリティ監視に必要な機能である、セキュリティ・チェック、セキュリティ確保のための予防措置について、従来からの手法も含めて幅広く検討を加えた。

1) セキュリティ・チェック

候補として選定した手法について、計算速度、所要メモリー容量、計算精度の評価を行い、過渡安定度判別手法として、エネルギー関数法を、高速潮流計算手法として、オン・ライン電力流通コンピュータとのハイブリッド式高速潮流計算手法を、高速周波数動揺計算手法として、発電機および負荷を1機モデルとした計算手法を選定した。

2) セキュリティ確保のための予防措置

セキュリティ確保のための予防措置としては、発電電力調整、負荷の切替え、系統の切替え、調相設備の開閉などが考えられるが、日常運用に当って適用が容易な、発電電力調整、調相設備の開閉を手段とした、過渡安定度予防措置、過負荷予防措置、電圧予防措置を選定して研究開発を行い、実用手法としてまとめた。

(2-2) ソフトウェア体系の構築

上記(2-1)で開発した解析手法を組み合わせ、セキュリティ自動監視の主要な機能である、系統状態の把握、セキュリティ確保の度合のチェック、予防措置の算定、上記の結果の分かり易い表示、の各機能を満足するセキュリティ自動監視システムとしてのソフトウェア体系の研究開発を行い、実用体系を構築した。

(2-3) ハードウェア・システムの構築

第2章に詳述した電力流通コンピュータを利用して、セキュリティ・チェックや予防措置算定の過程で行われる潮流計算や回路網計算は電力流通コンピュータを利用して計算させ、トータルとしての演算時間を大巾に向上させることによって、当時のデジタル・コンピュータの持つ性能上の制約を克服し、給電指令所でのセキュリティ確保の常時監視システムの実現を可能にした、デジタル・コンピュータとアナログ・システムとのハイブリッド方式のハードウェア・システムを構築した。

(2-4) 1975年に、実運用システムに必要な機能をすべて搭載した試作装置を作成し、その機能評価を行い、満足すべき成果を得た。

(3) この研究開発の成果を要約すれば次の通りである。

(3-1) オンライン・リアルタイム・コンピュータで計算ができるように、従来からの手法を含めて各種の電力系統解析手法の評価を行ったが、その過程において培った技術の成果として、系統解析技術が幅広く蓄積され、その後の電力系統計画のための解析、系統運用に対する新しいシステ

ム導入における評価技術に役立つ結果となった。

(3-2) ハードウェア・システムとして採用したハイブリッド方式のシステム設計の基本思想は、専用機能の分散化であり、それぞれの機能の役割り分担を明確にして設計すれば、トータル・システムとして機能性、信頼性、経済性に優れたシステムを構築することができる事を示した。

本論文に報告した研究開発当時は、デジタル・コンピュータの性能上の制約から電力流通コンピュータを使用した、アナログーデジタルのハイブリッド方式となったが、デジタル・コンピュータの性能が飛躍的に向上し、オール・デジタル方式が主流となっている現在でも分散形システム構築の思想は生かされており、また、高速演算を必要とする場合には、アレイプロセサーで機能分担させるハイブリッド・システム構成も採用されている。

第4章 開発した系統解析技術の応用：特殊連系装置の評価と設計

(1) 1970年代の電力系統は需要の急伸により急速に大規模化したため、巨大化した電力系統の複雑化、短絡容量の増大による広域運用と事故波及抑制の矛盾が顕在化し、何等かの手段を講じて主回路を制御することによって、系統の信頼度を向上させる方式を開発する事が必要となり、東京電力より特殊連系装置という極めて斬新なアイデアが示された。

この章は、特殊連系装置という極めて斬新なアイデアを実際の装置として具体化するために、第2章および第3章で報告した開発の過程で蓄積された系統解析技術を利用して評価を加えることにより所期の目的を十分満足する装置の開発に寄与した研究内容をまとめたものである。

(2) 研究の成果の要旨は次の通りである。

(2-1) 著者は、有望と考えられる7種類の方式について提案し、デジタル・コンピュータによる解析を行い、モデル装置を試作して模擬送電線で定量的な評価をした結果、結合変圧器式特殊連系装置を選定した。

(2-2) 選定した装置の系統に与える影響と効果を明らかにし、その外部仕様を明確化して設計を進めるため、第2章および第3章の研究開発の成果である系統解析技術を利用して、オフライン・コンピュータ・システムによる系統解析を行い、特殊連系装置の制御の振舞いが系統の様態に与える影響と効果を明らかにした。

(2-3) このように、電力流通コンピュータ、セキュリティ自動監視システムの研究開発において蓄積された系統解析技術を利用して、理論検討段階であった系統解析を実際の技術計算に応用したコンピュータによるシミュレーション計算により、系統運用から要求される外部仕様を十分検討することで、基本機能、付加機能を高精度に設計でき、所期の目的を十分満足する特殊連系装置の開発に寄与することができた。

(2-4) ここで採用した開発の進め方の妥当性が証明されるとともに、このアプローチはその後の系統機器開発のモデルとなり、現在ではCAD、CAMと組合わされて、その応用は発展して広く実用化されている。

第5章 結 論

この章では、第2章から第4章にかけて説明した、著者の行った、電力系統運用支援コンピュータ・システムの開発に関する研究の内容を整理して評価を加え、その後、今日まで生かされている技術的成果および研究開発段階から後に残らなかった技術について明確にした。

さらに、この研究開発の成果を踏まえて、今後の開発の動向を展望し、将来は、コンピュータ・システムと人間との融合システムが開発され、停電状況、事故状況の提示、復旧制御ガイド等、インストラクション運転支援システムにより、電力系統運用の信頼度向上対策も飛躍的に発展するであろうと予測している。

審査結果の要旨

複雑で大規模な電力系統の運転は、供給電力品質の維持、発電機群と流通設備からなる巨大ネットワークの安定運転の確保、経済運用の追求など多面にわたる運用目標を達成する必要がある。このような電力系統の運転信頼度を向上させるために、電力系統の特徴を生かした運用支援コンピュータシステムの導入が必要不可欠となっている。

著者は、系統運用の自動化に関して初期の段階から開発研究を進め、運用支援コンピュータシステムに適した潮流計算、安定度評価、周波数動揺計算など系統解析技術に関する実用的手法を開発し、セキュリティ自動監視システムを構築してきた。本論文は、その研究成果をまとめたものであり、全編5章よりなる。

第1章は序論である。

第2章では、給電指令所用電力流通コンピュータの開発について述べている。有効電力潮流と無効電力潮流の相互作用が弱いという性質に着目し、本来非線形現象である電力潮流の計算を線形化し、アナログ素子で高速に計算する手法を開発し実用化している。計算部分がアナログで、表示部分がデジタルのハイブリッド型装置は、運用支援コンピュータのシステムとして初めて実用化され、その有効性が実証されている。

第3章では、電力系統のセキュリティ自動監視システムについて述べている。この装置の基本機能は、セキュリティ検査機能とセキュリティ確保のための予防処置の機能を有している。検査機能について、過負荷潮流、周波数動揺、過渡安定度を高速に総合的に判定する手法の開発と、ソフトウェア体系の構築を行っている。予防処置については、エネルギー関数を利用した発電電力調整、負荷切換、系統切換の手法を開発しており、実用上有用な知見を得ている。ハードウェアの構成に関しては専用機能の分散化を図り、機能性・信頼性・経済性を備えた装置を試作して機能評価を行っている。

第4章では、本論文で開発した手法を利用し、大規模系統に発生する緊急時の事故波及を抑制する特殊連系装置を実用化するため、モデルを用いて定量評価を行っている。その結果、電力系統からみた連系装置に対する要求など外部仕様を確定することができ、開発手法の有用性を立証している。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、電力系統運用支援コンピュータシステムに適した実用的な解析手法を開発し、これを総合して実用システムを構築する方法を示したもので、電力工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。