

各種電力潮流計算手法的 概觀

● 技術資料

宋 吉 永*

— 차 —

1. 序 論
2. 潮流計算手法的 分類와 體系化

3. 今後的 動向과 研究課題
4. 프로그램과 裝置에 關한 今後的 檢討 課題

1. 序 論

電力潮流問題에 대해서는 일찌기 1947년부터 그 計算手法에 關한 論文이 발표되었고 digital計算機가 出現하면서 부터 이제까지 交流計算盤을 用해서 計算되던 潮流가 완전히 digital計算機를 用하는 方向으로 바뀌어졌다. 實質的으로 digital計算機로 潮流計算을 試圖한 것은 美國 Purdue大學의 J.B. Ward와 H.W. Hale의 兩人이라고 할 수 있다. 1956年 IEEE雜誌에 실린 그들의 論文은 오늘날에 이르기까지 수많은 사람들의 研究의 始初를 揭發한 것이었으며 이 分野에서는 말하자면 記念碑的인 意義를 가지는 것이라고 하겠다.

이후 실로 數 많은 論文들이 발표되기도 하였는데 최근에 이들 電力潮流計算手法를 總정리해서 要約報告하는 報告書 및 研究論文이 入手되었기에 여기에 그 내용을 간단히 紹介하고자 한다.

먼저 報告書는 日本電力中央研究所 技術研究所에서 刊行된 “電力潮流計算手法”—調查報告: 73002, 이며 後者의 論文은 최근에 IEEE의 招待論文으로 發表된 Brain Stott氏의 Review of Load Flow Calculation Methods (Proc. IEEE Vol. 62 No. 7 1974 p.916—929)이다*. 그 밖에 최근의 關心事로 되고 있는 最適潮流計算問題에 대해서도 A.M. Sasson 및 H.M. Merrill 兩氏가 역시 IEEE의 招待論文으로서 발표한 “Some Applications of Optimization Techniques to Power Systems Problems(Proc. IEEE. Vol. 62. No. 7. 1974 p. 959—972)에서** 다루고 있기 때문에 이들을 아울러 參考로 하는 것이 좋을 것이다.

여기서는 비교적 內容이 잘 정리된 前者의 報告書에 의해서 電力潮流

計算手法的 分類와 그 體系化의 概要 그리고 아울러 이 分野에 있어서의 動向과 今後的 課題를 紹介하고 마지막으로 이들 各資料에 收錄된 電力潮流計算手法에 關한 論文 List를 실기로 한다.

2. 潮流計算手法的 分類와 體系化

電力系統의 電氣의 狀態는 그림 1에 보인 바와 같은 電力方程式(非線形多元連立方程式)으로 표시된다.

電力潮流計算이란 한마디로 말해서 이 方程式의 數值解를 求하는 計算인 것이다. 上記 報告書에서는 이들 計算手法를 嚴密解法과 簡略解法의 두가지로 크게 나누고 다시 이들을 그림 2 및 그림 3에 보인 것처럼 여러가지로 分類해서 정리하고 있다.

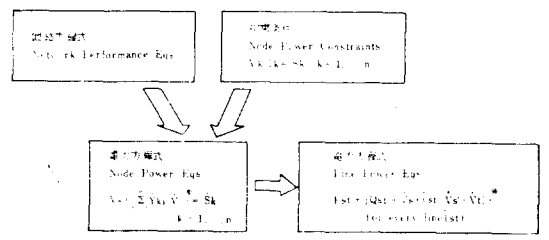


그림 1. 電力潮流計算

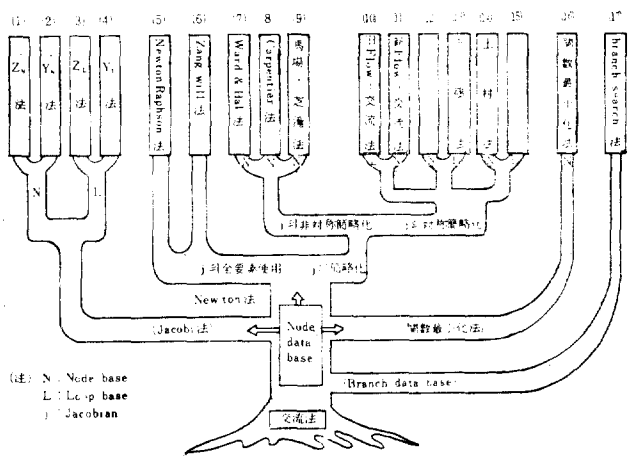


그림 2. 嚴密解法의 分類

* 正會員 · 漢陽大教授(工博) · 當學會理事

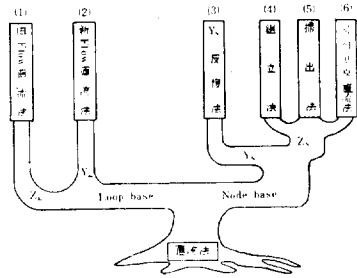


그림 3. 簡略解法의 分類

(i) 嚴密解法—交流法(그림 2參照)

이것은 우선 方程式의 定式化的 面으로 부터 Node data에 基礎를 두는 方法과 Branch data에 기초를 두는 方法으로 나누었다. 前者는 종래부터 널리 사용되어 온 것이며 그 解法으로도 여러가지 것이 開發되고 있다. 後者는 극히 최근에와서 開發되기 시작한 것으로 系統의 on-line data(線路潮流值, 電壓值等)을 사용해서 on-line의 潮流計算에 이용되는 方法이다.

(ii) Node data에 基礎를 두는 方法을 方程式의 解法에서의 數值計算의인 立場에 서서 다시 이것이 Jacobi 法型, Newton 法型, 函數最小化型의 세가지 種類로 體系를 잡았다.

(iii) Jacobi 法型의 手法은 電力方程式을 回路方程式과 拘束條件의 두가지로 나누게로 취급하면서 Jacobi 法에 의한 解法을 基礎로 하는 手法이다. 이것은 다시 回路 方程式을 어떻게 세우느냐에 따라 Node base에 의한 方法과 Loop base에 의한 方法의 두가지로 分類하였으며 다시 이들을 Impedance 行列을 취급하는 方法과 Admittance 行列을 취급하는 方法으로 分類하였다.

(iv) Newton 法型의 手法은 電力方程式을 Newton Raphson 法으로 풀어나가는 方法이다. 이 方法에서는 方程式의 Jacobian 行列이 중요한 역할을 하게 되지만 Jacobian 行列의 簡略化의 程度라는 觀點에 서서 이 type에 속하는 모든 手法을 體系의으로 설명하도록 하였다.

(V) 函數最小化 type란 解法에 函數의 最小化라는 개념을 집어넣은 方法으로서 上述한 두가지 方法과는 약간 異質의인 것이다. 특히 이 方法은 最適潮流問題의 解法에 알맞는 것으로 評價되고 있다.

(VI) 簡略解法—直流法(그림 3參照)

이것은 電力方程式이라던가 系統 Model의 표현을 간략화해서 有効電力 또는 無効電力潮流의 分布만을 얻고자 하는 解法이다. 이것은 回路方程式을 Node base로 취급하느냐 Loop base로 취급하느냐에 따라

두가지로 大別된다. 다시 이들 각 方法은 Impedance 行列과 Admittance 行列中 어느것을 택하느냐에 따라 細分되기도 한다.

3. 今後의 動向과 研究課題

digital 計算機에 의한 潮流計算手法의 연구가운데서 종래 主流를 차지해 온 大規模系統의 高速解法에 관한 研究는 최근 거의 完了의 단계에 들어선 느낌이지만 앞으로 이 分野에 있어서의 研究의 방향과 장래에 남겨진 課題들을 列擧하면 대략 다음과 같은 것들이 있다고 하겠다.

1. 計算手法에 관한 今後의 檢討 課題

(i) 數值計算의 簡略化와 解의 收束性의 關係

電力方程式은 非線形이기 때문에 一般의으로 그 求解는 反復計算이 필요하게 된다. 各反復Step에 있어서의 數值計算을 간략화하면 Step當의 計算量은 줄어들겠지만 反面 그만큼 收束性이 떨어지게 될 것이다. 計算을 어느정도 簡略化하는 것이 適當하겠는가 하는데 대한 理論的, 實驗的檢證을 施行해 나간다는 것이 필요할 것이다.

(ii) 最適化潮流의 計算手法

一般의 潮流計算처럼 그저 단순히 주어진 電力方程式의 解를 求하는 것이 아니라 예를들면 條件付ELD 計算처럼 運用上의 어떤 目的에 가장 適合한 潮流狀態를 주는 解를 자동적으로 찾아내는 이른바 最適化潮流의 計算手法의 確立이 필요할 것이다.

(iii) 交直連系系統의 效率의 潮流計算法

交·直連系系統의 潮流計算을 直流系의 制御效果등을 加味해서 효율적으로 풀어나가는 手法의 開發이 필요시 된다.

(iv) 事故評價計算手法

事故豫防制御등에 있어서 想定事故에 대한 豫測計算을 하는 것을 事故評價計算(Contingency analysis)라고 부른다. 이 計算에 있어서 對象系統의 電力方程式의 定式化라던가 想定事故의 효과적인 設定方法등에 관한 問題가 새로운 課題로서 남겨지고 있다.

(v) 系統의 等價表現法

大規模系統의 潮流라던가 安定度를 계산할 경우 實用上 誤差를 지니게 하지않는 範圍內에서 系統을 어떻게 集約해 나가면 좋을 것인가 하는 것이 중요할 것이다.

(vi) On-line用 潮流計算手法

系統의 on-line狀態把握을 위해서 사용되는 潮流計算法의 연구는 아직 새로운 分野인 것이며 이에 대한 定式化라던가 解法은 아직 未解決의 것이 많기 때문에 이에 관한 研究가 추진되어야 할 것이다.

4. 프로그램과 裝置에 관한 今後의 檢討課題

(i) 프로그램의 Compact化

潮流計算의 프로그램을 機械語등으로 變換해서 Compact化하고 計算機의 利用技術의 向上을 期하도록 한다.

(ii) Data Bank의 整備

潮流計算에 使用하는 諸data를 data bank에 기억시켜 두었다가 필요로할 때 언제라도 쉽게 data를 끄집어 내어 쓰거나 更新할 수 있겠끔 한다. 동시에 潮流計算프로그램을 主體로 해서 다른 技術計算프로그램을 統合한 Total system을 개발한다.

iii) 對話型潮流計算 system의 開發

計算結果가 자동적으로 整理되어 CRT 등으로 圖表형식으로 表示되는 한편 計算條件등도 쉽게 入力되거나 修正될 수 있는 裝置를 개발한다.

(iv) Hybrid型 高速計算裝置의 實現性檢討

系統安定度의 高速解析裝置와 關聯해서 Hybrid型 計算機에 의한 潮流計算의 可能性을 檢討한다.

添附資料

(1) 海外論文

(註) No. 1~No. 153 文獻 *에서 收錄
No. 154~No. 166 文獻 **에서 收錄

1947

- (1) L.A. Dunstan : Machine Computation of Power Network Performance. AIEE Trans., Vol. 66, p. 610, 1947.

1954

- (2) L.A. Dunstan : Digital Load Flow Studies. AIEE Trans., (DAS) Vol. 73, p. 825-831, Aug. 1954.

1955

- (3) J.M. Henderson : Automatic Digital Computer Solution of Load Flow Studies. AIEE Trans., Vol. 74 Pt III, p. 1696-1702, Feb. 1955.

- (4) A.F. Glimn, R. Habermann, J.M. Henderson, L.K. Kirchmay er : Digital Calculations of Network Impedances, AIEE Trans., Vol. 74 Pt III, p. 1285, 1955.

1956

- (5) J.B. Ward, H.W. Hale : Digital Computer Solution of Power Flow Problems. AIEE Trans., Vol. 75, Pt. III p. 398-404 June, 1956.

- (6) R.J. Arms, L.D. Gates, B. Zondeck : A Met-

hod of Block Iteration. Journal of Society Industrial & Applied Mathematics, Vol. 4 p. 220-229, Dec., 1956.

- (7) R.B. Shipley, M. Hochdorf : Exact Economic Dispatch Digital Computer Solution. AIEE Trans., Pt. III, Vol. 75. p. 1147-1153, Dec., 1956.

- (8) J.M. Bennett : Digital Computers and the Load Flow Problem. Proc. IEE, Vol. 103B, Suppl. 1, p. 16, 1956.

- (9) C. Robinson, D.H. Tompsett : Power System Engineering Problems with Reference to the Use of Digital Computers. Prcc., IEE Vol. 103B, Suppl. 1, p. 26, 1956

1957

- (10) A.F. Glimn, G.W. Stagg : Automatic Calculation of Load Flow. AIEE, Trans., Vol. 76, Pt. III, p. 817-828. Oct. 1957
- (11) R.S. Brown, W.F. Tinney : Digital Solution for Large Power Network. AIEET rans., (PA&S) Vol. 76, p. 347, June 1957.

- (12) D. McGillis : Nodal Iteratine Solution of Power Flow Problem Using IBM-604 Digital Computer. AIEE Trans., (PA&S) Vol. 76, p. 803-809, Oct. 1957.

- (13) L.W. Coombe, D.G. Lewis : Digital Calculation of Short Circuit Currents in Large Complex Impedance Networks. AIEE Trans., (PA&S) Vol. 76, p. 1934, 1957.

1958

- (14) J.C. Siegel, G.W. Bills : Nodal Representation of Large Complex Element Networks including Mutual Reactances. AIEE. Conference Paper 58-1023. 1958.

- (15) G.K. Carter : Some Practical Mathematical Techniques. AIEE Trans., Vol. 77, Pt. I, p. 295, 1958.

- (16) R.H. Jordan : Rapid Converging Digital Load Flow AIEE Trans., Pt. III, Vol. 77, p. 1433-1438, Feb. 1958.

- (17) H.P. Clair, G.W. Stagg : Experience in Computation of Load Flow Studies Using High

- Speed Computers.
AIEE Trans., (PA&S), Vol. 77, p. 1275—1285, Feb. 1958.
- (18) J.T. Carleton, C.J. Baldwin, Jr. : Use of Compiler Programs to Solve Power System Problems on a Large Digital Computer.
AIEE Trans., (PA&S) Vol. 77, p. 1319—1324, Feb. 1958.
- (19) E.I. Jury, F.J. Mullin : A Note on the Operational Solution of Linear Difference Equations.
Journal, Franklin Institute. Philadelphia. Pa. Vol. 266, No. 3, p. 189—205, Sept. 1958.
- (20) R.T. Byerly, R.W. Long, C.W. King : Logic for Applying Topological Methods to Electric Networks.
AIEE Trans., Vol. 77, Pt. III, p. 657—667, Nov. 1958.
- (21) M.J. Lantz : Digital Short Circuit Solution of Power System Networks including Mutual Impedances.
AIEE Trans., Vol. 77, Pt. III, p. 1230, 1958.
- 1959**
- (22) H.W. Hale, R. Goodrich : Digital Computation of Power Flow Some New Aspects.
AIEE Trans., Vol. 78, Pt. III, 1959.
- (23) M.S. Dyrkacz, F.J. Maginniss : A New Automatic Program for Load Flow Studies.
AIEE. Trans., Vol. 78, Pt. III, April, 1959.
- (24) J.E. VanNess : Iteration Methods for Digital Load Flow Studies.
AIEE Trans., Vol. 78—A, p. 583, Aug. 1959.
- (25) R.B. Shipley, D. Coleman : A New Direct Matrix Inversion Method, AIEE Trans. Vol. 78, Pt. I p. 568—572 Nov. 1959
- (26) R.H. Branin, Jr. : The Relations between Kron's Method and the Classical Method of Network Analysis. 1959 IRE Wescon Conv. Rec. Pt II, p. 3—28
- (27) R.T. Byerly, R.W. Long, C.W. Baldwin, Jr. C.W. King : Digital Calculation of Power System Network under Faulted Conditions.
AIEE Trans., Vol. 77, Pt. III, p. 1296—1307. Feb. 1959
- (28) R.J. Thomas : Digital Calculation of Short Circuit Impedances by Network Subdivision using Complex Impedances. AEEE Conf. Paper 59—104, 1959.
- (29) V. Converti : Applications of Row by Row Matrix Inversion to Power System Problems.
AIEE Trans., Vol. 78, Pt. III p. 143, 1959
- (30) R.R. Sabrott : New Concepts and Generalizations of Kron's Method of Tearing.
Matrix Tensor Quart. Vol. 10, p. 8, 1959.
- 1960**
- (31) J.E. VanNess : Convergence of Iterative Load Flow Studies.
AIEE Trans., (PA&S) Vol. 78—B p. 1590—1597, Feb. 1960
- (32) N. Sato : Digital Calculation of Network Inverse and Mesh Transformation Matrices' AIEE Trans., (PA&S) Vol. 79, p. 719—726 Oct. 1960
- (33) H.E. Brown, C.E. Person, L.K. Kirchmayer, G.W. Stagg : Digital Calculation of 3—phase Circuit by Matrix Method.
AIEE Trans., (PA&S) Vol. 79, p. 1277—1282, 1960
- (34) W.F. Tinney, C.M. McIntyre : A Digital Method for Obtaining a Loop Connection Matrix.
AIEE Trans., (PA&S) Vol. 79, p. 740, 1960
- (35) A.H. El-Abiad : Digital Calculation of Line to Ground Short-Circuit by Matrix Method.
AIEE Trans, Vol. 79 Pt. III, p. 323, 1960
- 1961**
- (36) J.E. VanNess, J.H. Griffin : Elimination Method for Load Flow Studies.
AIEE (PA&S), Vol. 80, p. 299—304, June, 1961
- (37) P.P. Gupta, M.W.H. Davis : Digital Computers in Power System Analysis. Proc. IEE, Pt. A, Vol. 108, p. 383—404, 1961
- (38) H.E. Brown, C.E. Person, L.K. Kirchmayer, G.W. Stagg : Digital Calculation of 3—Phase Short Circuits by Matrix Method.
AIEE Trans, Vol. 79 Pt. III p. 1277—1282 1961
- (39) M.B. Reed, A. Read, H. Mokinley, B. Polk

- V. Hugo, C. Martin : A Digital Approach to Power System Engineering. Part 1—Part 4. AIEE, Vol. 80, Pt. III, p. 198—228, 1961
- (40) A.H. El-Abiad, R. Guidone, G.W. Stagg : Calculation of Short-Circuit Using a High Speed Computer. AIEE Trans., Vol. 80, Pt. III p. 702, 1961
- (41) A.H. El-Abiad, M. Watson, G.W. Stagg : The Load Flow Problem—Its Formation and Solution Part 1. AIEE Conf, Paper 61—1054, 1961
- (42) H.W. Hale : A Logic for Identifying the Tree of A Graph. AIEE. Trans., Vol. 80, Pt. III p. 195, 1961
- (43) M.N. John : A General Method of Digital Network Analysis Particularly Suitable for Use With Low Speed Computers. Proc. IEE, Vol, 108A, p. 369, 1961
- (44) G. Macarther : Transmission Limitations Computed by Superposition. AIEE Trans., Vol. 80, Pt. III, p. 827, 1961
- 1962**
- (45) J.K. Dolson : The Spurious Solution in Load Flow Calculations. AIEE Conf. Paper. 62—277, 1962
- (46) A.H. El-Abiad, G.W. Stagg : Automatic Evaluation of Power System Performance Effects, of Line and Transformer Outages. AIEE Trans., Vol. 81, Pt. III, p. 712, 1962
- (47) A. Brameller, J.K. Demmead : Some Improved Method for Digital Network Analysis. Proc. IEE, Vol. 109, Pt. A, p. 109—116, 1962
- 1963**
- (48) N. Sato, W.F. Tinney : Techniques for Exploiting the Sparsity of the Network Admittance Matrix. IEEE. Trans., (PA&S) Vol. 82, p. 944—950, Dec. 1963
- (49) R. Baumann : Power Flow Solution With Optimal Reactive Flow. Arch. Elektrotech., Vol. 48, 1963
- (50) D. Feingold, D. Spohn : Bounded Variables Load Flow Problems. Psc, Sec. 43 London, 1963
- (51) H.E. Brown, G.K. Carter, H.H. Happ, C.E. Person : Power flow Solution by Impedance Matrix Iterative Method. AIEE Trans., Vol. 82, Pt. III, p. 1—11, 1963
- (52) L. Carpentier : Ordered Eliminations. Psc, London, 1963
- (53) H.H. Happ : Analysis of Network with Complex Auto-Transformers II—Relations between all Open-Path and Open Path Closed Path Impedance Matrices. AIEE Trans., (PA&S) Vol. 82, p. 958—965, Dec. 1963
- (54) A.H. El-Abiad : Algorithms for Direct Computation and Modification of Solution Matrices of Networks including Mutual Impedance. PICA Conf. Phoenix. April 1963
- (55) H. Edelmann : Numerical and Algebraic Generation of Mesh Impedance Matrices by Set.—Theoretical Intersection on a Digital Computer. PICA Conf. Alizona, p. 135, 1963.
- 1964**
- (56) M.A. Laughton, M.W.H. Davis : Numerical Techniques in the Solution of Power System Load Flow Problems. Proc. IEE, Vol. No. 9, p. 1575—1588, Sept. 1964
- 1965**
- (57) C.G. Broyden : A class of Methods for Solving Nonlinear Simultaneous Equations. Mathematics of Computation Vol, 19 p. 577 1965
- (58) J. E. VanNess, J.M. Boyle, E.P. Imad : Sensitivities of Large Multiple-Loop Control Systems. IEEE Trans., Automatic Control, Vol. AC—10 p. 308—315, 1965
- (59) R. Baumann : Some New Aspects of Load Flow Calculations. PICA Clearwater, Florida, 1965. p. 91 (IEEE. Trans., PAS—85, p. 1146—1176, Nov. 1966)
- 1966**
- (60) D. Feingold, D. Spohn : Direct Method for

- Linear Networks of Load Flow Computations.
PSCC Sec. 4—4 1966
- (61) H. Edelmann : Most Rapid Load Flow Computation.
ETZ—A'87, 1966
- (62) D. Feingold, D. Spohn : Bounded Variable Load Flow Problems.
PSCC Sec. 4—3, Stockholm, 1966
- (63) H. Edelmann : Ordered Triangular Factorization of Matrices.
PSCC, Sec. 4—12, Stockholm, 1966
- (64) H.W. Dommel : A Method for Solving Transient Phenomena in Multi-Phase Systems
PSCC. Stockholm 1966
- (65) H.H. Happ : Orthogonal Networks.
IEEE Trans., PA&S Vol. 85, No. 3 p. 281—294, 1966
- (66) H.H. Happ : Special Case of Orthogonal Networks. —Tree and Link.
IEEE Trans., PA&S Vol. 85, No. 8 p. 880—891 1966
- 1967**
- (67) W.F. Tinney, C.E. Hart : Power Flow Solutions by Newton's Method.
IEEE Trans., PA&S, Vol. 86, p. 1449—1460, 1967
- (68) W.F. Tinney, J.W. Walker. : Direct Solutions of Network Equation by Optimally Ordered Triangular Factorization. PICA p.367—376 Piffsburg PA. May 1967
Cproc. IEEE Vol. 55 p. 1801—1809, Nov. 1967)
- (69) H.H. Happ Z-diakoptics. Town Subdivision, Radially Affached.
IEEE Trans., PA&S, Vol. 86, p. 751—769, 1967
- (70) Y. Wallach, R.K. Even : Application of Newton's Method to Load Flow Calculations.
Proc. IEE. Vol. 114 p. 372—374, 1967
- (71) A. Nathan, R.K. Even : The Inversion of Sparse Matrices by a Strategy Derived from their Graphs.
Computer Journal Vol. 10, p. 190—194, Aug. 1967
- (72) D.G. Taylor, J.A. Treece : Load Flow Analysis by the Gauss-Seidel Method.
Power System Load Flow Analysis Symposium. 1967, London
- (73) M. Zollenkoph : Load Flow Calculation Using Loss Minimization Techniques.
Power System Load Flow Analysis Symposium, 1967, London
- (74) W.D. Humpage : Analytical Formulation of the Load flow Problem.
Power System Load Flow Analysis Symposium, 1967, London,
- (75) J. Peschon, W.F. Tinney, D.S. Piercy, O.J. Tveit : Optimum Control of Reactive Power Flow.
IEEE Winter Meeting, 1967
- (76) A.M. Sasson, F.J. Jaimes : Digital Methods Applied to Power Flow Studies.
IEEE Trans. PA&S, Vol. 86, No. 7 p. 860—867, 1967
- (77) J.E. Bonaparte, W.W. Maslin : Simplified Load Flow. PICA, 1967, p. 385—394
- (78) J.V. Schmill : New Scheme Applicable to Network Analysis Studies, Diakoptics and other Fields.
IEEE. Trans., (PA&S) Vol. 86, No. 11 p. 1437—1448, 1967
- 1968**
- (79) H.W. Dommel, W.F. Tinney : Optimal Power Flow Solutions.
IEEE Trans., PA&S Vol. 87, p. 1866—1867 1968
- (80) Y. Wallach : Gradient Methods for Load Flow Problems.
IEEE Trans., PA&S Vol. 87 p. 1314—1318, 1968
- (81) K. Takahashi, Y. Sekine, T. Umezu : Network-Flow Method Applied to Load Flow Calculation.
IEEE Trans., PA&S Vol. 87 p. 1939—1949, 1968
- (82) B.A. Carre : Solution of Load Flow Problems by Partitioning Systems into Trees.
IEEE Trans., PA&S Vol. 87 p. 1931—1938, 1968
- (83) H.E. Brown, G.K. Carter, H.H. Happ, C.E. Person : Z-matrix Algorithms in Load Flow Programs.

- IEEE Trans., PA&S Vol. 87, p. 807—814, 1968
- (84) R.G. Andretich, H.E. Brown, H.H. Happ, C.E. Person : The Piecewise Solution of the Impedance Matrix Load Flow.
IEEE Trans., PA&S, Vol. 87, p. 1877—1882, 1968
- 1969**
- (85) J.P. Britton : Improved Area Interchange Control for Newton's Method Load Flows.
IEEE Winter Meeting. 69—TP—124—PWR, Jan. 1969
- (86) E.C. Ogbuobiri, W.F. Tinney, J.W. Walker : Sparsity Directed Decomposition for Gaussian Elimination on Matrices.
PICA, Denver, Colorado, p. 215—225, May 1969
- (87) E.C. Ogbuobiri : Dynamic Storage and Retrieval in Sparsity Programming.
PICA, Denver, Colorado, p. 226—232, 1969
- (88) H. Edelmann : Accelerated Calculations of Numerous Load Flow on Process Computers.
PSCC, Part. I, Rome, 1969
- (89) E. Ferrara, R. Galiero : Application of Linear Programming and Special Load Flow Algorithms to Optimum Scheduling Computations.
PSCC, Rome, 1969
- (90) F. Ariatti, D. Grohmann, D. Venturiui : A Method for Economic Load Dispatching in a Thermal Power System. PSCC, Rome, 1969
- (91) I. Hans, Y. Tamura, S. Narita, K. Matsmoto : Real time Control of System Voltage and Reactive Power.
IEEE, Winter Meeting 69—TP—39—PWR, 1969
- (92) H.W. Dommel : Digital Computer Solution of Electromagnetic Transient in Single and Multiphase Networks.
IEEE Trans., PA&S, Vol. 88, p. 388—399, 1969
- (93) G. Funk : The Voltage Dependence of Three phase Loads.
PSCC, Rome, 1969
- (94) A.M. Sasson : Nonlinear Programming Solutions for Load Flow, Minimum Loss and Economic Dispatching Problems.
IEEE Trans., PA&S, Vol. 88, No. 4 p. 399—412, 1969
- (95) O.J.M. Smith : Power System State Estimation.
IEEE. Summer Meeting 69—TP—640—PWR. June. 1969
- (96) R.W. Hawkins : Recent Development in Load Flow Analysis.
Elect. Rev. Nov. 1969 p. 717—718
- (97) A.M. Sasson : Combined Use of the Powell and Fletcher-Powell Nonlinear Programming Methods for Optimal Load Flow.
IEEE Trans, PA&S, Vol. 88, p. 1530—1537, 1969
- (98) H.H. Happ, J.M. Undrill : Multicomputer Configurations and Diakoptics; Real Power Flow in Power Pools.
IEEE Trans., PA&S. Vol. 88 p. 789—796 1969
- (99) D.K. Subramanian, H.N.R. Rao : Computation of Load flows a Comparison of Methods.
PICA Conf. Proc.(Power Ind. Computer Appl Conf.) No. 6 1969
- (100) O.J.M. Smith, A. Zarate, G.E. Mauersberger : State Estimation of Power Systems
IEEE Conf. Res. Asilomar Conf. Circuit syst. 1969
- (101) A.M. Sasson : Decomposition Techniques Applied to the Nonlinear Programming Load Flow Method.
PICA Conf. Proc.(Power Ind. Computer Appl Conf.) No. 6 1969
- (102) J. Meisel, R.D. Barnard : Application of fixed-point Techniques to Load Flow Studies.
PICA Conf. Proc.(Power Ind. Computer Appl. Conf) No. 6, 1969
- (103) W.F. Tinney, J. Peschon : On the Use of Power Flow Models for System Planning and Operations.
Proc. Am. Power Conf. Vol. 31, 1969
- 1970**
- (104) N.M. Peterson, W. Scott Meyer : Automatic Adjustment of Transformer and Phase Shifter Tap in the Newton Power Flow.
IEEE Winter Meeting Feb. 1970

- (105) J.P. Britton : Improved Load Flow Performance Through A More General Equation Form.
IEEE Winter Meeting Feb. 1970, TP-25-PWR.
- (106) J.M. Undrill, H.H. Happ : Automatic Sectionalization of Power System Network Solutions.
IEEE Winter Meeting Feb. 1970, TP-50-PWR
- (107) Y. Wallach, R.K. Even. Y. Yavin : Improved Method for Load Flow Calculations.
IEEE Winter Meeting Feb. 1970, TP-162-PWR
- (108) H.W. Dommel, W.F. Tinney, W.L. Powell : Further Developments in Newton's Method for Power System Applications.
IEEE Winter Meeting, Feb. 1970, TP-161-PWR
- (109) S.T. Despotovic, B.S. Babic, V.P. Mastilovic : A Rapid and Reliable Method for Solving Load Flow Problems.
IEEE Winter Meeting, Feb. 1970, TP-163-PWR
- (110) W. Mollwitz : Ein erweitertes Program für Lastfluss-berechnungen nach dem Iteration Suerfahen.
Elektrizitaests wirtschaft, Vol. 69-1, 1970
- (111) A.M. Sasson : Combined Use of the Powell and Fletcher-Powell Nonlinear Programming methods for Optimal Load flows.
IEEE Trans., PA&S Vol. 88-10, 1969
- (112) R.H. Galloway, J. Taylor, W.D. Hogg, M. Scott : New Approach to Power System Load Flow Analysis in a Digital Computer.
Proc. Inst. Elec. Engrs. Vol. 117-1 1970
- (113) A.M. Sasson : Decomposition Techniques applied to the Nonlinear Programming Load Flow Method.
IEEE Trans., PA&S. Vol. 89-1, 1970
- (114) Discussion on Investigation of the Load Flow Problems and Bootstrap Gauss-Seidel Load Flow.
Proc. Inst. Elec. Engrs. Vol. 117-2, 1970
- (115) R.E. Larson, W.F. Tinney, J. Peschon : State estimation in Power System—I. Theory and Feasibility
IEEE Trans., PA&S Vol. 89-3, 1970
- (116) R.E. Larson, W.F. Tinney, L.P. Hajda, D.S. Piercy : State Estimation in Power Systems—II. Implementation and Applications.
IEEE Trans., PA&S Vol. 89-3, 1970
- (117) O.J.M. Smith : Power System state Estimation
IEEE Trans., PA&S Vol. 89-3, 1970
- (118) A.S. Debs, R.E. Larson : A Dynamic Estimator for Tracking the State of Power System
IEEE Paper (70 TP-143-PWR) 1970
- (119) J.F. Dopazo, O.A. Klitin, G.W. Stagg, L.S. Van Slyck : State Calculation of Power Systems from line flow Measurements.
IEEE Paper (70 TP. 146-PWR) 1970.
- (120) F.J. Hubert, D.R. Hayes : A rapid digital Computer Solution for Power System Network load-flow.
IEEE Paper (70 TP-685 PWR) 1970
- (121) B. Borokowska : Prohabilistyczne ujecie rozplywow mocyw Sieciach elektroenergetycznych
Energetyka, Vol. 24 No. 1 1970
- (122) J.V. Olpfield : Distribution Load Flows with a Computer Display System.
IEEE Conf. Publ. No. 73, 1970
- (123) Y.P. Dusonchet, H.E. Sinnott, S.N. Talukdar, A.H. Elabiad : Load Flows using a Combination of Point Jacobi and Newton's Method.
IEEE Paper (70, TP-686-PWR) 1970.
- (124) R.G. Andretich, D.H. Hansen, H.E. Brown H.H. Happ : Piecewise Load Flow Solutions very Large Size Networks.
IEEE Paper (70 TP-687-PWR) 1970
- (125) R.D. Hasiello, F.C. Schewppe : A Tracking Static State Estimator.
IEEE Paper (70 TP-707-PWR) 1970
- (126) J.F. Dopazo, O.A. Klitin, G.W. Stagg, L.S. Van Slyck : State Calculation of Power Systems from Line Flow Measurements.
IEEE Trans., PA&S Vol. 89, 1970

1971

- (128) J.P. Britton : Improved Load Flow Performances Through a More General Equation. Form
IEEE Trans., PA&S Vol.90, No. 1, 1971
- (129) Y. Wallach, R.K. Even, Y. Yabin : Improved Methods for Load Flow Calculations.
IEEE Trans., PA&S Vol.90—1, 1971
- (130) S.T. Despotoric, B.S. Babic, V.P. Mastilovic : A rapid and reliable Method for Solving Load Flow Problems.
IEEE Trans., PA&S, Vol.90—1, 1971
- (131) A.M. Sasson, C. Trevino, F. Aboytes : Improved Newton's Load Flow Through a Minimization Techniques.
IEEE Paper (71 TP 18—PWR) 1971
- (132) L. Racz, A. Bertalan, Z. Reguly : Load Flow Calculations in Large Multiloop Networks on Digital Computers.
Period Polytech Elec. Eng. Vol.15—2, 1971
- (133) C.H. Jolissaint, N. V. Arvanitidis, D.G. Luenberger : Decomposition of Real and Reactive Power Flows-A Method Suited for On-line Applications
IEEE Paper (71 TP 113—PWR) 1971
- (134) B. Stott : Effective Starting Process for Newton-Raphson Load Flows.
Proc. Inst. Elec. Engrs. Vol.118—8, 1971
- (135) R.A. Kumar : Load Flow by Nonlinearity Decomposition.
IEEE Paper (71 CP 11—POR) 1971
- (136) L. Trevino : Cases of Difficult Convergence in Load Flow Problems
IEEE Paper (71 CP 62—POR) 1971
- (137) J.P. O'Malley : Timing and Storage Requirements for Load Flow Analysis Software.
IEEE Paper (71 CP 612—PWR) 1971
- (138) L. Roy : Piecewise Solution of Large Electrical Systems by Nodal Admittance Matrix.
IEEE Paper (71 TP 614—PWR) 1971
- (139) J. Peschon, H. Dommel, W. Powell, D. Bree : Optimum Power Flow for Systems with Area Interchange Controls.
IEEE Paper(71 TP 584—PWR) 1971
- (140) H.K. Kesavan, M.A. Pai, M.V. Bhat : Piecewise Solution of Load Flow Problem.
IEEE Paper (71 TP 613—PWR) 1971
- (141) E. Handschin, K. Reichert : A Convergent Load Flow Algorithms using Nonlinear Optimization Techniques. Theory and experiences.
IEEE Paper (71 TP 613—PWR) 1971
- (142) A.M. Sasson, F. Viroria, F. Aboytes : Optimal Load Flow Solutions using the Hession Matrix.
PICA Conf. Proc. (Power Ind. Compute Appl. Conf.) Vol.7, 1971
- (143) J.F. Dopazo, O.A. Klitin, L.S. Vanslyck : State Calculation of Power Systems from Line Flow Mesurements. II.
PICA Conf. Proc. (Power Ind. Computer Appl. Conf.) Vol.7, 1971
- (144) A.S. Debs, W.H. Litzenger : Experimental Evaluation of Tracking State Estimation.
PICA Conf. Proc. (Power Ind. Computer Appl. Conf.) Vol.7, 1971
- (145) K. Vemura : Power Flow Solution by a Z-Matrix type Method and Application to Contingency Evaluation.
PICA Conf. Proc. (Power Ind. Computer Appi. Conf.) Vol.7, 1971
- (146) T.C. Ciras, N.R. Carlson, M. Enns : Load Flows by Hybrid Computation for Power System Operatons.
PICA Conf. Proc. (Power Ind. Computer Appi. Conf.) Vol.7, 1971
- (147) H.H. Happ, C.C. Young : Tearing Algorithms for Large Scale Network Programs.
PICA Conf. Proc. (Power Ind Computer Appl. Conf) Vol.7, 1971
- (148) A.M. Sasson, C. Trevino, F. Aboytes : Improved Newton's Load Flow Through Minimization Techniques
IEEE Trans., PA&S Vol.90, No.5, 1971
- (149) W.L. Miller, J.B. Lewis : Dynamic State Estimation in Power Systems.
IEEE Trans., Autom Control Vol.16, No.6,

1971

(150) W.L. Miller, J.B. Lewis : Dynamic State Estimation in Power Systems
K-71-0058 Papers Case Studies Syst. Control, St. Leou's 1-25, 1971

1972

(151) J. Peschon, D.W. Bree, Jr., L.P. Hajuda : Optimal Power Flow Solutions for Power System Planning. Proc. IEEE Vol. 60, No. 1 1972

(152) N.M. Peterson, W.F. Tinney, D.W. Bree : Iterative Linear AC. Power Flow Solution for Fast Approximate Outage Studies. IEEE Paper (T 72, 140-7) 1972

(153) B. Stott : Decoupled Newton Load Flow. IEEE Winter Power Meeting (T 72, 135-7) 1972
IEEE Tr. Vol. PAS-91, No.5 Sept 1972. p. 1955-1959

(154) N.M. Peterson, W.F. Tinney, D.W. Bree, Jr. : "Iterative linear ac Power flow Solutions for fast approximate Outage Studies" IEEE Trans., PA&S, Vol. PAS-91 P. 2048-2056, 1972

(155) B. Fox, A.M. Revington : Network Calculation for on-line Control of Power System Proc. IEEE Conf. on Computer in Power System Operation and Control pp. 261-275, 1972

(156) H.W. Dommel, N. Sato : Fast transient Stability Solutions
IEEE Trans., PA&S Vol. PAS-91 p. 1643-1650, 1972

(157) A.J. Korsak : On the question of Uniqueness of Stable load-flow Solutions
IEEE Trans., PA&S Vol. PAS-91 p. 1093-1100 1972

1973

(158) R. Podmore, J.M. Undrill : "Modified nodal iterative load flow algorithm to handle Series Capacitive branches"
IEEE Trans., PA&S Vol PAS-92 p. 1397-1387, 1973

(159) K.Takahashi, J. Fagan, M. Chen : Format-

ion of a Sparse bus impedance matrix and its application to Short Circuit Study.

Presented at IEEE PICA Conf. Mineapolis 1973

(160) O. Aslac B. Stott : Optimal load flow with Steady-State Security. Presented at IEEE PES Summer Meeting, Vancouver, 1973 (T 73 484-3)

(161) B. Stott : Formation and Solution of matrix equations in multi machine Stability Calculations. Presented at Symp. on Power System Dynamics, Univ. of Manchester Institute of Science and Technology Manchester, U.K. Spet. 1973

(162) W.E. Bosarge, J.A. Jordan, W. A. Murray : A non-linear block SOR-newton load flow algorithm
Presented at IEEE PES Summer Meeting Vancouver, July 1973, Paper C 73 644-5

(163) L.S. Van Slyck, J.F. Dopazo : Conventional load flow not Suited for real-time Power System Monitoring
Presented at IEEE PICA Conf. Mineapolis, 1973

1974

(164) W.F. Tinney, W.L. Powell : Comparison of Matrix inversion and Sparse triangular factorization for Solution of Power network Problems.
Presented at Romania/U.S.A. Research Seminar, Bucharest, Romania June-3, 1974

(165) B. Stott and O. Aslac : Fast decoupled Load Flow
IEEE Trans., PA&S Vol. PAS-93p. 859-869 1974

(166) J.F. Dopazo, O.A. Klitin, A.M. Sasson : Stochastic load flows. presented at IEEE PES Summer meeting Anaheim Calif. 1974, Paper T 74 308-3

(2) 参考圖書
(167) B. Wendroff Theoretical Numerical Analysis New York Academic Press, 1969

- (168) J. Abadie, J. Carpentier Generalization of the Wolfe Reduced Gradient Method to the Case of Nonlinear Constraints
Proc. 4th International Conference on Operations Research, Wiley, Interscience, New York p.1041—1053
- (169) A.S. Householder
Principle of Numerical Analysis
New York, McGraw-Hill 1953
- (170) G. Hadley
Nonlinear and Dynamic Programming
Reading, Mass. Addison-Wesley, 1964
- (171) A. Ralston
A First Course in Numerical Analysis
New York, McGraw-Hill, 1965
- (172) G. Kron
Diakoptics-The Piece Wise Solution of Large Scale Systems London, Macdonald, 1963
- (173) E. Bodewig
Matrix Calculus
New York, Interscience Publishers, 1959
- (174) G. Kron
Tensor Analysis of Networks
New York, Wiley 1939
- (175) S.J. McMinn
Matricies for Structural Analysis
New York, Wiley, 1962
- (176) Electrical Transmission and Distribution Reference, Book 4th,
Westinghouse Electric Corp. 1950
- (177) E.W. Kimbark
Power System Stability
John Wiley of Sons. New York, 1948
- (178) K.S. Kunz
Numerical Analysis
McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 1957
- (179) E.F. Beckenbach (Editor)
McGraw-Hill Book Co. Inc. New York 1956
(C.H. Forsythe, What are Relaxation Methods)
- (180) E.I. Jury
Sampled Data Control Systems
John Wiley and Sons. 1958 p.299—311
- (181) L. Weinberg
Network Analysis and Synthesis
McGraw-Hill, New York, 1962
- (182) F.B. Hilderbrand
Methods of Applied Mathematics
Prentice-Hall, N.Y., 1952
- (183) R.M. Thrall, L. Tornheim
Vector Spaces and Matricies
John Wiley and Sons. N.Y 1957
- (184) G. Kron
Tensor Analysis of Networks
London, Macdonald, 1964
- (185) P. Le Corbeiller
Matrix Analysis of Networks
Harvard Univ. Press, 1950
- (186) E.A. Guillemein
Theory of Linear Physical Systems
Wiley. N.Y. 1963
- (187) W.J. Gibbs
Tensors in Electrical Machine Theory.
London, Chapman Hall, 1952
- (188) S. Seshu, M.B. Reed
Linear Graphs and Electrical Networks
Reading, Mass. Addison-Wesley, 1961
- (189) A.D. Booth
Numerical Methodes
Academic Press, 1955
- (190) G.W. Stagg, A.H. El-Abiad
Computer Methods in Power System Analysis
McGraw-Hill, 1968
- 191) Hisao Kimura
Calculation of Power Flows on a Network involving Series Condensers or Three Winding Transformers
Denki-Shoin Programming, Research Series No.5, 1954
- (192) 戸川隼人: Matrix의 數值計算 OHM社 1971
- (193) 關根泰次: 電力系統解析理論 電氣書院 1971
- (194) 深尾毅, 豊田淳一: 電力系統에의 컴퓨터應用. 産業圖書 1972
- 日本國內의 文獻
1961
- (195) 小宮, 増茂, 梅津: 新潟 Model系統調相設備 適正配置檢討
電力中央技研依頼研究 No.1 送 6101, 9, 61'
- (196) 小宮: 電子計算機의 使用法에 그 應用

電學東京支部 講習會資料 9. 61'

(197) 埴野, 田村, 宋, 成田: Digital計算機에 의한 電力潮流自動計算(Ⅱ) 電學連大 766, 61'

1962

(198) 馬場, 芝瀧: 電力潮流의 Digital計算 電學誌 Vol. 82 No. 891 Dec. 1962

(199) 電氣學會電力系統工學 專門委: 電力潮流의 Digital計算(其 1) (Vol I-1) Sep. 1962

1973

(200) 電氣學會電力系統工學專門委: 電力潮流의 Digital計算 (Vol. I-2) 1963. 1

(201) 電氣學會電力系統工學專門委: 電力潮流의 Digital計算 (Vol. I-3) 1963. 2

1964

(202) 小宮, 梅津: 總合 Impedance行列 電氣學會 東京支部大會 No. 247 1964

(203) 乘松, 泥堂, 田村: 電力潮流의 Digital計算 電學誌 Vol. 84 No. 5(908) 1964

1965

204) 佐藤: 直列 Condenser 補償系統의 電力潮流計算法 電學誌 Vol. 85 No. 5 1965

1966

(205) 沖崎, 島村, 川原: 拘束條件의 指定方法을 擴張한 潮流 計算法 電力 50卷 4號, 1966

1967

(206) 高橋: Flow理論에 의한 潮流計算의 開發 電力技研報[670 14] 1967

1968

(207) 高橋, 關根: Flow潮流法에 의한 潮流計算 Flow交流法에 의한 潮流計算 電學誌 Vol. 88-10, 1968

1969

(208) 小山: 交直連系送電系統의 電力潮流計算法 電學誌 89卷 4號 1969

1970

(209) 檀上, 杉板, 中前: Newton-Raphson法의 係數行列의 分割에 의한 여러가지 拘束條件下의 電力潮流計算 廣島大工研報 18卷 2號 1970

1971

(210) 深尾, 渡邊 電力回路網의 反復計算法에 대한 誤差修正法 電學誌 90卷 10號 1970

(211) 上村: 電力系統의 狀態推定에 있어서의 分割手法 시스템과 制御 15卷 9號 1971

(212) 小川: 電力系統의 狀態推定法의 開發一定常時 狀態推定法(I) 電力中研一研報 No. 71043, 1971

(213) 下條, 五嶋: On line用 電力潮流計算의 手法 九州電力總研, 研究期報 Vol. 37 1972

(214) 高橋: 電力系統에 있어서의 調相設備運用과 擴充을 위한 最適化 計算手法 電力中研一研報 70115 1971. 3

1972

(215) 上村: 攝動 Newton法을 사용한 電力潮流計算法 電學誌 91卷 9號 1972

(216) 小川: 電力系統의 狀態推定法의 開發一定常時 狀態推定(Ⅱ) 電力中研一研報 72077, 73

(217) 上村, 松木: 電力系統의 安全制御에 있어서의 潮流計算法 電學誌 Vol. 92-B No. 5 1972

<p. 25 계속>

이에 대한 근거를 제공하고 환자의 의료보험 청구가 정당한지 그렇지 않은 지를 판단한다. 여기서는 자료의 준비나 정보를 편집하기 위한 기억장치가 필요하고 "W-ATS"라고 중앙연산기구에 신호를 보냄으로 자동적으로 일의 처리를 할 수 있고 FORMATTING능력을 갖고 있으므로 불필요하게 중앙연산기구의 사용을 피할 수 있으며 CASSETTE FUNCTIONS으로 매우 편리하다.

MICROPROCESSOR를 사용하여 만든 MICROCOMPUTER와 MINICOMPUTER의 차이는 무엇인가 하고 의심이 가겠지만 이는 아래 글로써 충분히 설명이

된다. 비록 MINICOMPUTER가 수행할 수 있는 것은 MICROCOMPUTER가 수행한다 할지라도 MICROCOMPUTER는 MINICOMPUTER보다 크기에 있어서 작고 전력소모도 적고 값이 싸고 FLEXIBILITY가 좋으며 단지 일의 처리 속도가 느린 것 뿐이다. 앞으로는 이 속도 문제도 N-Channel silicon gate의 출현으로 상당히 좋아질 것으로 보이며 IC 만드는 기술의 발달로 현재는 GSI(GRAND SCALED INTEGRATION)까지 도달하였다. GSI라 함은 한개의 CHIP속에 여러개의 CPU를 갖고 있음을 말한다. 한마디로 MICROPROCESSOR의 전망은 밝기만 하다