

권 피 원\*  
박 의 현

한국전력 기술연구원  
서울대학교

1. 서론

생활수준의 향상 및 산업발달로 인하여 부하수요가 증가함에 따라 배전계통도 중대하고 배전설비 건설을 위한 투자규모 또한 크게 신장되고 있는 실정이다. 그러므로 보다 효과적이고 체계적인 배전계통 계획을 통하여 배전투자비용을 최소로 하고 건설공기를 감축하여 소요자원을 확보할 것이 필요하다.

배전계통 최적 장기 계획의 목적은 계획기간중 변동하는 부하수요에 대한 전력수급 조건과 과부하 방지등 설비운전 허용범위 유지를 위한 제약 조건을 만족 하면서 배전설비 건설 및 운전시 발생하는 총 비용을 최소화 하는 설비확충안의 경제적 우선순위를 결정하는 것이다.

이 배전 계획문제를 1960년대 이후 여러가지 방법으로 해결방법이 시도되어 왔으나, (1) - (6) 가장 큰 문제점은 대상 설비에 대한 변수가 대단히 많아서 최적해를 얻는데 많은 계산 시간이 소요되는 것이었다.

본 연구에서는 이를 해결하고자 배전계통 계획 문제를 고정비용부 최소화 문제로 모형화하고 그 해법으로 분기간정법을 채택하였으며 이를 기초로 한 목표년도 이동 계획법을 적용하여 투자자금의 제약조건이 있는 경우에도 계획가능하도록 제시하였다.

2. 계획의 전제조건

배전계통 계획을 수행함에 있어서 합리적인

이론 배경하에서 관련변수를 감소시켜져 위하여 다음과 같은 전제조건을 둔다.

가. 설비의 대체 : 계획기간중 일단 건설된 설비는 내용년수 경과후 동일설비로 대체됨.

나. 부하성장 : 시간 경과에 따라 부하는 단조증가하며 목표년도 계통은 중간년도 부하수요를 충족시킴.

다. 공급신뢰도 : 별도 공급신뢰도 지수는 반영치 않고 설비정격을 조정하여 비상시 운전을 가능하도록 함.

라. 계통분해 : 전체계통을 부계통으로 분해하고 1차단상선로 및 2차측 설비는 계획대상에서 제외함.

마. 전압강하 : 전압강하는 전압조정장치와 관련하여 검토되어야 하므로 계산은 하되 최적화 과정에서는 제외함.

바. 경제여건 : 계획기간중 이자율은 동화평창율보다 높은 것으로 가정함.

3. 배전계통 계획 기본 문제의 정식화와 그 해법

가. 배전계통 구성요소(부계통)의 모형  
부계통은 아래와 같이 branch 형태 모형으로 모형화한다.

○ 변전소 : 기준모선에서 변전소모선으로 향하는 일방향 branch 이며 상하한치는 최대, 최소부하이고 고정비=건설비+무부하 손실비용, 변동비= 부하손실비용으로 함.

○ 1차 3상선로 : 2모선간 일도는 양방향 branch 이며 상하한치는 최대, 최소부하이고

고정비 = 건설비, 변동비 = 부하손실비용임.

◦ 단상회로 : 3상 선로 모선에서 부하모선을 향하는 일방향 branch이며 상하한치는 임의의 큰 수, 0이고 비용발생은 없음.

◦ 부하 : 부하모선에서 기준모선으로 향하는 일방향 branch이며 상하한치는 임의의 큰 수, 하한치는 부하수요이고 비용발생은 없음.

나. 본제의 정식화

본전소로부터 부하까지 최소경비로 전력을 전송하는 고정비용부 회로망 모형의 수학적 표시는 아래와 같이 비선형 혼합정수 계획 문제로 된다.

$$\min \sum_{k \in A} (C_k X_k + F_k Y_k) \text{ ----- (1)}$$

$$\sum_{k \in O_i} X_k - \sum_{k \in I_i} X_k = I_i \text{ ----- (2)}$$

$$L_k \leq X_k \leq U_k Y_k \text{ ----- (3)}$$

$$Y_k \in (0, 1) \text{ ----- (4)}$$

(거호 정의는 생략함)

다. 분기 한정법의 적용

상기 비선형 혼합정수 계획 문제는 그림 1과 같이 분기 한정법을 사용하여 과변수와 이산치에 의하여 발생하는 한정된 수의 해를 모두 찾아보는 방법을 취한다.

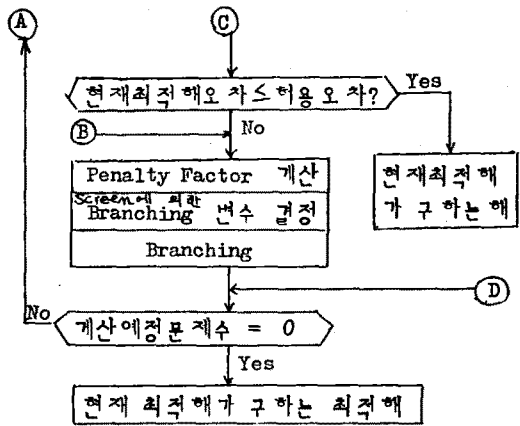


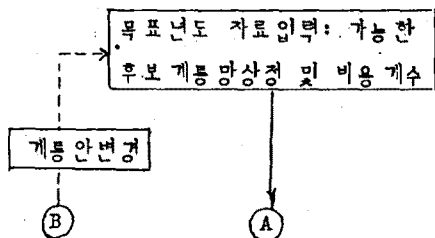
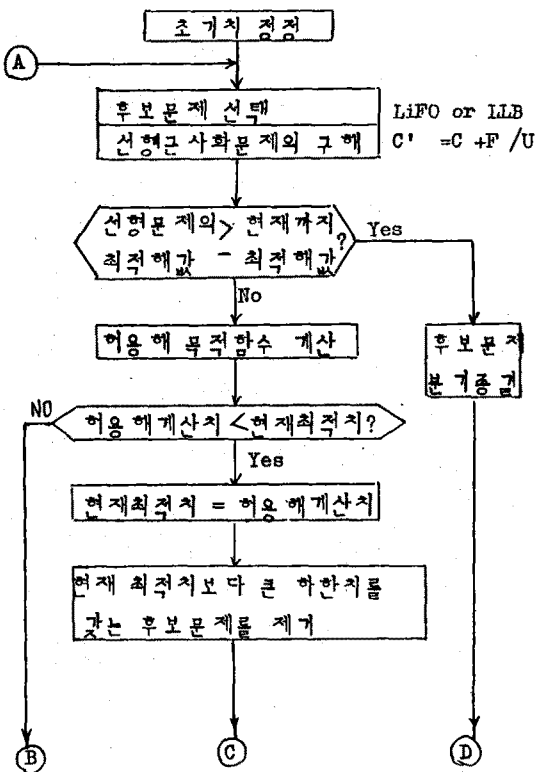
그림1. 분기 한정법 흐름도

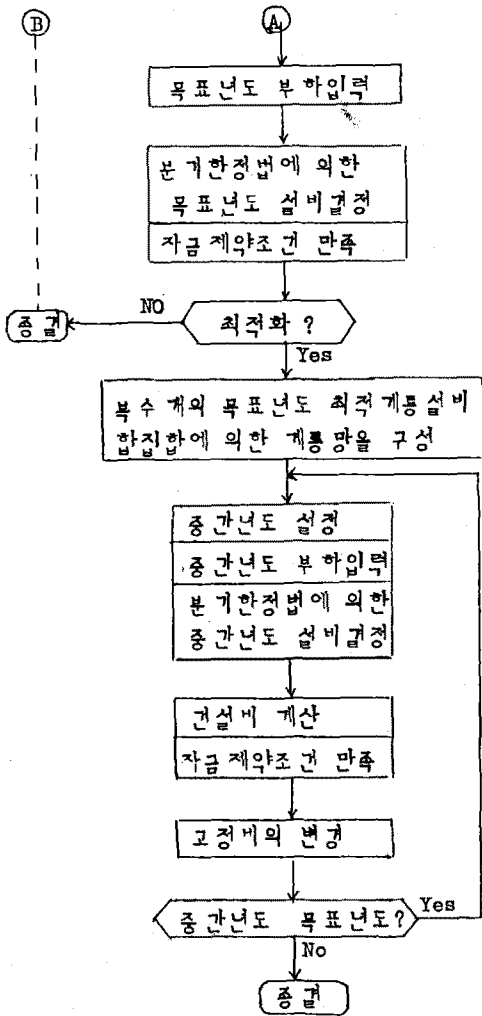
4. 배전계통 최적장기 계획

배전계통 계획문제는 계획초기년도와 건설설비로부터 계획후보년도와 표적설비여로의 일련의 계통확장안을 결정하는 것으로서 본 연구에서는 전체계획기간을 부하와 같은 시변요소를 불변 매개변수로 간주할 수 있도록 소계획기간으로 분할하여 1단계로는 목표년도의 최적계통을 결정하고 2단계로 중간년도를 목표년도로 보아 분기 한정법을 기초로한 최적화방법을 반복 적용함으로써 부하 변동에 따른 최적계통 확장안을 결정한다. 따라서 1단계과정에서는 목표년도 부하수요를 만족시킬 수 있는 모든 후보안이 주어지지 신설될 대상설비와 위치가 결정되고 2단계과정에서는 1단계에서 선택된 확장안만이 후보안으로 주어지지 설비의 건설시기가 결정된다.

특히 정부 또는 전력회사의 재정상황으로 인하여 제한된 투자자금이 주어질 때는 최적화과정에서 투자자금 이하의 건설비를 요구하는 허용안만을 선택함으로써 최적계통안을 얻게 된다.

배전계통 최적계획 알고리즘은 그림2와 같이 기술된다.

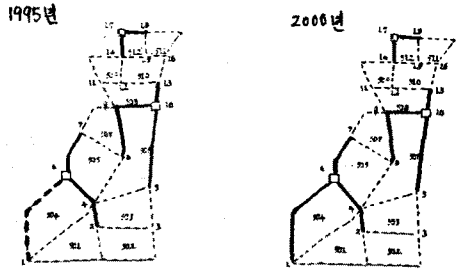
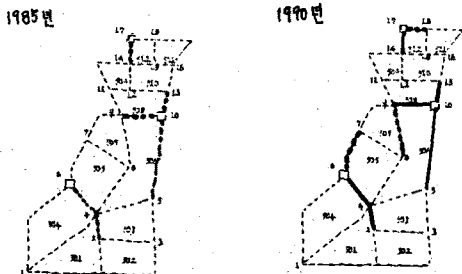




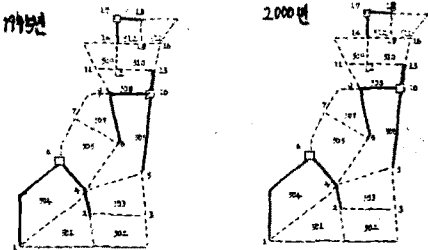
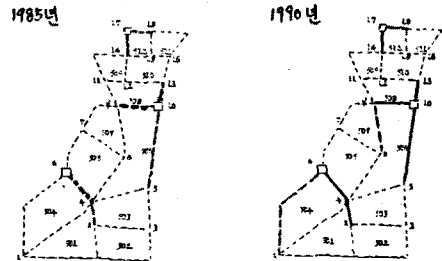
5. 사례 연구

표본 계통 (19모선, 12부하지역)에 대한 20년간 배전계통 계획을 수행하였다. 여기에서는 저전압 계상 입출력자료를 기술치 못하고 중간년도별 계통확장 상태를 도시한다.

가. 투자자금 제약조건이 없는 경우



나. 투자자금의 제약조건이 있는 경우



6. 결론

가. 투자자금 제약조건 부과에 관계없이 배전 1차계통 장기최적계획법을 제시하여 아태사항을 증명하였다.

- 1차배전선로 구성안, 선로구간별 부하 및 공급구역

- 변전소 위치, 담당부하 및 공급구역

- 심비 건설시각 및 소요자금

나. 분기항정법 적용시 분기과정에서 분기별 요하지 않는 배수를 미리 결정하여 분기단계수를 감소시켰는 바 이는 기간 최적화단계에서 허용안 이 대부분 방사상 계통으로 구성되므로 계산량을 크게 감소시키는 효과가 있다.

다. 분기항정법은 환경 배전계통에서 사고시 운전패턴 또는 손실을 최소로 하는 정상운전 패턴 을 결정하는데 이용할 수 있다.

라. 배전계통 계획에 있어서 계통은 고정비용부 회로망으로 모형화되고 최적안에 보다 접근하게

위하여 구 설계에 대한 고정비와 선형화된 변동비의 효과를 고려하였다.

마. 본 계획에서는 1차3상 배전계통만을 취급하였는 바 앞으로 송전계통, 1차 1상계통 및 2차계통과 관련하여 배전계통 계획법위를 확장 연구함이 기대된다.

- 참고 문헌 -

- 1) J.V. Oldfield, T. Lang, "The Long Term Planning of Electrical Power Distribution Systems" Proceedings of Power Industry Computer Application Conference, pp 677 - 682, May 1965.
- 2) V. Converti, et al, "Optimized Distribution and Subtransmission Planning by Digital Computer", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-83, April 1964, pp 341 - 347.
- 3) D. M. Crawford, S.B. Holt, "A Mathematical for the Simulation of Subtransmission and Distribution System Expansion", Proceedings of Power Industry Computer Application Conference, pp 547-556, May 1969.
- 4) M. J. Juricek, A. Fukutome, M.S. Chen, "Transportation Analysis of an Electric Power Distribution System", IEEE PES Winter Meeting, Jan. 1976.
- 5) G.L. Thompson, D. L. Wall, "A Branch and Bound Model for Choosing Optimal Substation Locations", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Presented at the 1980 Winter Power Meeting, N.Y.
- 6) D.I. Sun, "Distribution System Loss Analysis and Optimal Planning", Univ. of Texas at Arlington, May 1980, pp74 - 239.
- 7) Ingve Backlund, "Hierarchical Modeling of Regional Electric Systems", the Royal Institute of Tech. Stockholm, 1978.
- 8) A. Fukutome, "Subtransmission and Distribution System Planning Logic", Feb. 1975, pp 1 - 5.
- 9) A. Fukutome, "Expansion Planning of Subtransmission Systems and Distribution Substation" Jun. 1977, pp 1 - 5.
- 10) K. Murty, "Linear and Combinatorial Programming", John Wiley and Sons, New York, 1976, pp 437 - 480.
- 11) M.S. Bazaraa and J.J. Jarvis, "Linear Programming and Network Flows", John Wiley and Sons, New York, 1977, pp 1 - 391.
- 12) Y.M. Park, Y.Y. Yang, "Economic Load Dispatch by Linear Programming", SMU, Feb 1981
- 13) H.G. Thesen, et al, "Engineering Economy", Prentice Hall, 1977, pp 133 - 158.
- 14) R. Achbrenner, "Transformer Losses and Tolerance".
- 15) Y. Sekine, "Power System Engineering", Tokyo Japan, Aug. 1978, pp 267 - 277.