

확률적 준경사법을 이용한 장기 송전계획
 Long-Term Transmission Planning by Stochastic
 Subgradient Method

국립	연	원	서울	대학교
민	국	중	충	남대학교
이	영	학	충	남대학교
민	국	신	충	남대학교
법	학	기	충	남대학교

1. 서 론

전력계통이 대용량하고 에너지
 가격의 상승으로 인하여 전력계통 계획
 문제가 점점 그 중요성을 더해가고 있다.
 이러한 계통 계획에는 크게 3가지 분야로
 나뉘게 되는 즉 전원계획, 송전계획,
 부하전력계획으로 분류될 수 있다.
 전원계획은 현재 실용화의 단계에 와 있
 고 부하전력계획도 많은 연구가 진행되고
 있다. 그러나 송전 계획 문제는 현재
 까지 이렇다할 진척적인 방법이 제시되고
 있지 않다.

송전 계획의 문제는 최초로 분지한정
 법(Branch and Bound Method)을 사용한
 방법이 제시되었었고(1) 이후 송전순심만
 을 최소로 하는 방법(2), 선로의 과부하를
 억제하는 방법(3), 계통의 적전압만을 억
 제하는 방법(4), 경험적인 방법(5) 등이 제
 시 되어왔다. 그러나 그 어느 방법도
 현실적으로 적용 하는 데는 계산시간의 문제
 기인용량의 문제, 해법의 문제등이 많았

하여 어려움이 많았다. 볼란서의E.D.F.
 예서는 메시코 모델을 사용한 송전계획
 모형을(6)(7) 연구하고 있으나, 계산시간상
 의 제약과 수학적인 타당성에 문제가 없지
 않다.

본 연구 예서는 해석적 한계비용(Mar-
 ginal Cost)을 이용한 송전계획의 연구(8)
 에 대한 후속 연구로서 계산 시간의 문제점
 을 확률적 준경사법을 사용하여 효과적으로
 개선하고자 하였다.

2. 본 론

송전 계획에서 가장 기본이 되는 운전비
 모델은 선로 접속 행렬을 이용한 다음과
 같은 개량 메시코 모델(6)을 사용하였다.

$$\text{Min}_{P_G, P_L} \{ C^T P_G^T + \alpha^T (P_L - P_L^d) \}$$

$$\underline{P}_G \leq P_G \leq \overline{P}_G$$

$$P_L^d \leq P_L \leq 0$$

$$-\overline{P}_i \leq P_i \leq \overline{P}_i$$

위의 문제를 선로접속 행렬을 이용하여 모션 위상각을 변수로 표시하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta} \{ C^T [A] [S] \theta - \alpha^T P_0^d \} \\ & P_b \leq [A] [S] \theta \leq P_b \\ & -\bar{P}_i \leq [S] \theta \leq \bar{P}_i \end{aligned}$$

이 모델의 장점은 해석적으로 선로 투자에 대한 한계 비용을 손쉽게 얻을 수 있으며 경사투영법을 사용하므로써 역행렬 계산이 필요하지 않다는 커다란 장점을 가지고 있다. 특히 행렬의 스파시터 기법의 도입이 용이하여 계산기의 기억용량과 계산시간의 대폭적인 개선이 이루어질 수 있다.

위 식은 선로의 상라 벡터 b 의 함수로 나타낸다. 그런데 여기서 선로사고의 효과를 고려하면, 전체적인 운전비는 기대치의 함수로 나타나며, 결국 운전비 기대치가 최소로 되도록 투자를 수행해야한다. 이것을 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$F_0 \cong \sum_{i=1}^{NW} T(i) \sum_{j=1}^{NJ} t(j) \sum_{k=1}^{NW} \text{Prob}(\omega_k) f_{i,j}(b(\omega_k))$$

송전계획은 운전비 기대치를 최소로 할 뿐 아니라, 투자비 또한 최소로 하여야하므로 실제 년간의 총 비용은 투자비와 운전비 기대치의 합으로 표시된다.

$$F_T = I^T \cdot \Delta b + F_0$$

이것을 투자계획년도까지 합한 총 비용을

목적함수로 취하고, 관련된 제약조건들을 만족시키도록 하면 원하는 소기의 최적투자 패턴을 구할 수 있다.

년간 운전비 기대치 함수 F_0 는 선로사고 W 에 대한 기대치로 표시되므로 결국 계획년도까지의 총 비용 함수 역시 W 에 대한 기대치항과 투자비항으로 표시된다.

이와 같은 형태의 문제는 모든 W 에 대한 계산을 다 수행하면 엄청난 계산량이 된다. 따라서 이러한 경우에 적합한 확률적 준경사법을 사용하여 송전계획을 수행하고자 한다. 이 방법에 의한 투자량은 다음과 같은 관계식으로 표시된다.

$$\Delta b^{t+1} = P_{\Delta} (\Delta b^t - \rho^t \delta^t)$$

여기서 $t \in \Omega$ 로 어느 정도의 경우의 수까지만 계산하면 바로 포화 상태에 이르게 된다. 이때 P_{Δ} 는 제약조건에 대한 투영행렬 (Projection Matrix) 이고 ρ^t 는 다음의 성질을 만족하는 값이다.

$$\sum_{t=1}^{\infty} \rho_t = \infty \quad \sum_{t=1}^{\infty} \rho_t^2 < \infty$$

실용상으로는 다음과 같은 형태의 값으로 취하는 것이 통적이다.

$$\rho_t = \lambda / (\mu + t)$$

3. 결론

선행연구⁽⁸⁾의 결과에 확률적 준경사법을 도입함으로써 실용상 문제가 되는 계산시간의 문제를 거의 해결할 수 있다고 기대되며, 기존의 방법들 보다 해석적이고 계산이 용이한 송전계획 모형을 제시하였다. 추후 실계통에 적용하여 본 연구의 타당성을 입증하고자 한다.

4. 참고 문헌

- (1) Stephen T.Y. Lee, Kenneth L. Hicks, Esteban Hnyiliczka, "Transmission Expansion by B/B Integer Programming with Optimal Cost Capacity Curves", IEEE PAS-93, 1974
- (2) Ralph S. Gens, Edward H. Gehrig, Robert B. Eastvedt, "BPA 1100KV Transmission System Development Planning, Program, and Objectives", IEEE Trans. on PAS, Vol. 98, No. 6, Nov/Dec 1979
- (3) R. Villasana, L.L. Garver, S.J. Salon, "Transmission Network Planning using Linear Programming", IEEE Trans. on PAS-104, No. 2, Feb. 1985
- (4) Gary P. Garrett, Atsushi Fukutome, Mo-Shing Chen, "Expansion Planning of Radial Subtransmission Systems", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-96, No. 5, Sep./Oct. 1977
- (5) Meckiff C., J.T. Boardman, I. Richards, J.R. Green, "Comparative Analysis of Heuristic Synthesis Methods for Electricity Transmission Networks", IEEE PES Winter Meeting, New York, NY, Jan. 29-Feb. 3, 1978
- (6) J.C. Dodu, A. Merlin, "An Application of Linear Programming to the Planning of Large Scale Power Transmission Systems: The Mexico Program", Electricite DE FRANCE-PARIS (FRANCE), 1976
- (7) A. Merlin, G. Santucci, "Application of Probabilistic Models to the Long-Term Planning of Large Power Transmission Systems", The Example of E.D.F. ELECTRICITE DE FRANCE-CLAMART-FRANCE, 1975
- (8) 김 건 중, "최대운력을 이용한 장기송전 계획", 서울대학교 박사학위논문, 1985