

창원시 배전계통 중장기 계획에 관한 연구

최상봉 문영환
한국전기연구소

장정태 황수천 김동명
한전기술연구원

A study on the Mid-Long Planning of Distribution System in Changwon City.

Sang-Bong Choi Young-Whan Moon

KERI

Jung-Tae Chang Soo-Chun Hwang Dong-Myung Kim

KEPCO

ABSTRACT - Though he is a experienced expert, it takes much time and considerable effort to review this items in detail since the widespread terms to plan distribution system is considered. Therefore it needs software system for planning of distribution system to solve much time and human resources due to manipulate many data and calculate sophisticated technology. The object this study raises its availability by assisting distribution works such as load forecast, substation planning in Changwon city based on CADPAD software package.

1. 서 론

배전설비 투자는 지역사회로 부터 제약조건이 날로 심화되어 고도의 숙련된 기술자라고 하더라도 계획자가 고려해야 할 사항이 광범위하기 때문에 이를 사항에 대한 충분한 검토를 행하기 위해서는 많은 노력과 시간이 필요하다. 일반적으로 배전계획은 배전전선은 물론 송변전 시설 확장계획까지의 광범위하고도 종합적인 지식을 요할뿐만 아니라 다년간의 경험을 필요로 하고 장기간에 걸쳐 수행되는 업무이다. 그러나 배전계획 수립은 많은 양의 데이터 처리와 복잡한 기술계산이 요구되기 때문에 배전계획 수립에는 막대한 시간과 인력이 소요되어 이를 수행할 수 있는 전산 시스템이 필요하다. 본연구에서는 배전계획용 패키지 프로그램인 CADPAD를 이용하여 경남 창원시를 대상으로 하여 부하예측 및 변전소 계획을 수행하여 배전계획 업무를 경제적이고 효율성 있게 처리할 수 있도록 지원하여 그 효용성을 높였다.

2. 토지이용 시뮬레이션법에 의한 부하예측

본 방법은 토지이용과 전력부하의 관계를 이용하여 부하예측을 행하는 토지이용 시뮬레이션 기법의 전형적인 예이다.

2.1 기법의 개요

본 기법은 우선 미래의 계통 전체 부하를 구하고 그 값을 소지역으로 할당하는 방법으로서 계약적인 흐름도를 그림 2.1에 도시하였다.

- (1) 즉, 계통부하예측 서브 모델에서는 부하 트랜드를 기초로 하여 수용가 종별로 부하예측을 행하고 이것에 신설 수용 가능에 관련된 부하예측치를 더한다.
- (2) 부하할당 서브루틴에서는 계통부하예측 서브모델에 의해 예측된 계통 전체의 부하를 각 소지역의 입지에 유리함 즉, 지향도를 기초로 하여 확률적으로 배분한다. 이 지향도는 이용 가능한 토지의 여유가 있는지의 여부와 도심의 근접도를 척도로 하여 결정한다.

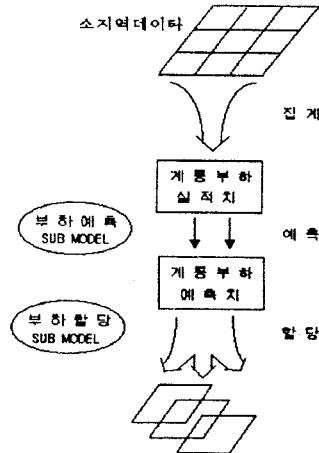


그림 2.1 부하예측 기법의 흐름도

2.2 입력 데이터의 정의

가. 소지역

배전계통을 격자상으로 분할하여 각각의 정방형 cell 을 소지역으로 정의한다.

나. 수용가 종별 입력 데이터

수용가 종별은 토지이용에 의해서 분류된다. 예를들어 주택지, 상업지, 공업지 등이 있다. 각 수용가 종별 N에 대하여 다음에 열거한 4 항목의 데이터가 정의된다.

- (1) 수용가 종별 부동시성을 고려한 피크 부하 : $d_{n,k}$ (k 년도에 대한 종별 수용가 단위 면적당 피크부하치) 토지이용을 부하로 변환하는 모델에 필요한 데이터이다.
- (2) 수용가 호당 부지 면적 : a_n 할당 서브 모델에 대해서 토지의 여유도를 계산하는데 실제 사용되어진다.
- (3) 수용가 수의 신장을 : g_n 계통 전체의 종별 수용가 수를 계산하는데 실제로 사용되어진다. 이 데이터는 도시계획과 공공시설계획(빌딩건설등)을 이용하여 구한다.
- (4) 토지의 유리성 : $C_{i,j,n}$ (소지역 (i,j) 의 도심으로 근접을 척도로한 입지지향도) 부하 할당 서브모델에서 집중형 또는 분산형의 도시성장과 수용가 종별간의 결부등을 시뮬레이션하기 위하여 사용한다.
(Surround & Proximity factor, Urban Pole)

다. 소지역 입력 데이터

도시의 지리적인 데이터(인구밀도지구, 토지이용 측면에서의 지도등)로부터 얻을 수 있는 다음의 3 가지 항목의 데이터가 소지역 베이스의 입력 데이터로서 정의 된다.

- (1) 초년도 수용가구수 : $S_{i,j,n,1}$ (소지역(i,j)에 대한 n 종별에 대한 수용가수) n 종별의 수용가 1 가구가 점유하는 부지면적 a_n 을 이용하여 얻는다.
- (2) 토지의 여유도 : $TT_{i,j}$ 및 $T_{i,j,n}$ (소지역(i,j)에 대한 신설 수요에 적용하기 위한 공지면적의 비율 및 종별 수용가 값, 예로서 만약 소지역의 50%가 공지인데 공지의 반 이 주택용 r, 상업용 c로 적합하다면 $TT_{i,j} = 50\%$, $T_{i,j,r} = 25\%$, $T_{i,j,c} = 25\%$ 로 된다.
- (3) 수요의 신설 개시 시기 : $P_{i,j,n}$ (각 소지역에 대하여 종별로 수요가 시작되는 날도) 특히, 현재 무부하이지만 미래 성장이 가능한 지역에 대해서는 중요한 데이터이다. (Zoning data)

라. 출력 데이터

계통 부하예측 서브 모델에서의 출력 데이터는 다음과 같다. 또한 이 출력 데이터는 부하할당 서브 모델의 입력 데이터로서 사용된다.

- (1) 종별 수용가 수의 예측치 : $S_{n,k}$ (예측년도 k에 대한 종별 수용가 수)
- (2) 계통 부하의 예측치 : L_k
한번 부하 할당 서브 모델에서의 출력 데이터는 다음과 같다.
- (3) 소지역 부하예측 : $M_{i,j,k}$ (소지역(i,j)에 대한 k년도의 부하)으로서 이 값이 최종적으로 구하는 출력 결과이다.

2.3 계통 부하예측 서브 모델

이 서브 모델에서는 계통 전체의 부하예측치를 계산한다. 즉, $S_{i,j,n,k}$, G_n , $d_{n,k}$ 를 입력하여 $S_{n,k}$ 와 L_k 를 출력한다.

(1) 계통부하의 예측

시작년도 $k=1$ 의 계통 전체 부하 L_1 은 수용가 수 $S_{i,j,n,1}$ 과 1 수용가 면적당 피크부하의 곱으로 계산된다.

$$L_1 = \sum_i \sum_j \sum_n^N (S_{i,j,n,1} \cdot d_{n,1})$$

또한 k년도의 계통 부하 L_k 는 상기 수용가 수의 신장을 G_n 을 고려하여 다음과 같이 계산된다.

$$L_k = \sum_i \sum_j \sum_n^N (G_n^{k-1} \cdot S_{i,j,n,1} \cdot d_{n,k})$$

(2) 종별 수용가 수의 예측

계통 전체의 종별 n의 수용가 수는 신장을 G_n 과 각 소지역(i,j)에서의 시작년도 수용가 수로 부터 다음과 같이 계산된다.

$$S_{n,k} = \sum_i \sum_j \sum_n^N (G_n^{k-1} \cdot S_{i,j,n,1})$$

2.4 부하할당 서브 모델

이 서브 모델의 주요 기능은 계통 부하예측 서브 모델에 의하여 예측된 지역 전체에 대한 수용가 수의 신장을 $G_{n,k}$ 를 확률적으로 소지역에 할당한다. 여기서, $G_{n,k}$ 는 다음과 같다.

$$G_{n,k} = S_{n,k} - S_{n,k-1}$$

이 값을 아래와 같은 방법으로 배분한다.

(1) 입지 지향도의 결정

소지역에 대한 토지이용의 지향도를 다음 2 가지로 구한다.

(a) 신설수요의 입지지향도 : $Q_{i,j,n}$

종별 n의 신설 수요가 어느 정도 소지역(i,j)의 입지에 적극적인지를 표시하는 값으로서 예측기간 년도 K와 입력 데이터에서 부여한 신설 개시년도 $P_{i,j,n}$ 과의 차에서 다음과 같 이 구한다.

$$Q_{i,j,n} = K - P_{i,j,n} (K \geq P_{i,j,n} \text{의 경우})$$

(b) 도심의 근접을 척도로한 입지지향도 : $C_{i,j,n}$ 이 값은 입력 데이터로서 앞서 설명한바와 같다.

(2) 부하의 배분

$Q_{i,j,n}$ 과 $C_{i,j,n}$ 을 사용하여 신설 수요가 소지역(i,j)에 발생할 확률 $SP_{i,j,n}$ 을 다음식과 같이 구한다. 즉, Zoning 데이터에 입력한 토지면적($P_{i,j,n}$) 보다 더 많은 신설 수요가 있을 경우 그 차이를 $C_{i,j,n}$ (Surround & Proximity, Urban Pole)를 이용하여 소지역(i,j)에 할당하는 확률 $SP_{i,j,n}$ 을 구한다.

$$SP_{i,j,n} = \frac{C_{i,j,n} + Q_{i,j,n}}{\sum_i \sum_j C_{i,j,n} + Q_{i,j,n}}$$

여기서,

$$\sum_i \sum_j SP_{i,j,n} = 1$$

따라서, k년도의 소지역(i,j)에 대한 n종별 수용가 수 $S_{i,j,n,k}$ 는 신설 수용가 수 G_n 과 발생확률 $SP_{i,j,n}$ 으로부터 다음과 같이 구한다.

$$S_{i,j,n,k} = G_n \cdot SP_{i,j,n} + S_{i,j,n,k-1}$$

또한 소지역 부하예측치 $M_{i,j,k}$ 는 수용가 수와 1 가구당 피크부하로 부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$M_{i,j,k} = \sum_n S_{i,j,n,k} \cdot d_{n,k}$$

(3) 부지 여유도의 설정

신설 수요가 배분된 각 소지역에 대하여 수용가 종별 1가구당 부지면적 a_n x 신설수요량 만큼을 토지의 여유도(빈땅) $TT_{i,j}$, $T_{i,j,n}$ 로 부터 감소시킨다. 이상과 같이 소지역 부하예측은 이 과정을 반복한다. 다음 그림 2.2은 데이터의 흐름을 도시하였다.

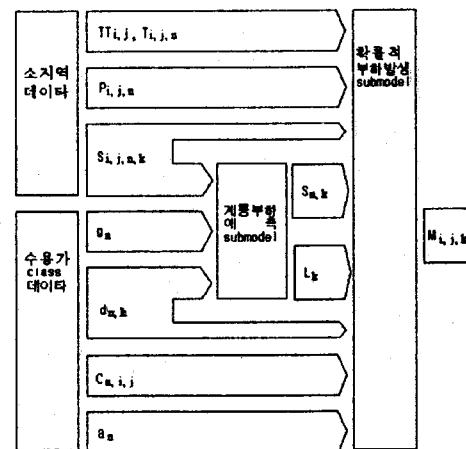


그림 2.2 데이터 흐름도

2.5 적용례

본 기법을 창원시를 대상으로 하여 다음과 같이 적용하였다.

- (1) 항공사진으로부터 9개의 수용가 종별을 정의하고 수용가 수와 공지 데이터를 얻었다.
- (2) 수용가 수의 신장을은 과거 5개년도의 토지이용도 데이터를 이용하여 통계 계산과 회귀분석에 의해서 얻었다.
- (3) 수용가 부하는 부동시성을 가지고 있는 종별 부하에 대하여 기본 관리구 부하량에 대한 최적화 과정과 종별 부하량을 통하여 예측되었다.

- (4) 부하의 면적 배분은 계획된 도시 성장의 넓도와 위치와 관련하여 입지의 유리를 나타내는 척도에 의해 결정되었다.
 (5) 다음 그림 2.3 은 2010년의 창원시 기본관리구별 부하밀도의 크기를 도시한다.
 (6) 본 기법에 대한 유효성을 검증하였다.

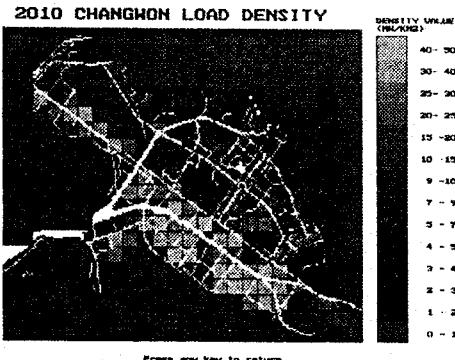


그림 2.3 2010년 창원시 기본관리구별 부하밀도

3. 변전소 계획

변전소 계획은 부하예측의 결과로 부터 변전소의 위치, 용량 및 건설 시기를 결정하는 도구이다.

3.1 기법의 개요

본 기법은 부하예측으로부터 얻어진 미래 부하를 만족시키기 위하여 변전소의 위치, 용량, 제약조건 등을 변화하여 필요한 신설 변전소 후보지를 설정하고 각 후보지별 전기적 특성과 경제성을 비교 검토하여 변전소 확장 계획을 수립하게 된다. 즉, 변전소 계획을 위해 용량의 재한, 순실 경비 등을 평가하는 것으로서 상세한 배전회선 계획은 회선계획용 프로그램 (DISCAN, FEEDERALL)에서 수행된다. 변전소 계획용 프로그램에서 수행하는 일종에서 가장 중요한 일종의 하나는 입력 데이터중 변전소 데이터를 근간으로 하여 변전소 주위에 가상 회선 계통을 구성하여 경제성을 평가하고 전체 비용을 산출하여 공급 불가능한 지역, 변전소 부하배분, 전압 강하등을 계산한다.

3.2 입력 데이터의 정의

가. 부하예측 결과를 담은 소지역 데이터

소지역 부하예측 데이터는 KVA 단위로 되어 있으며 변전소 계획용 프로그램의 제어데이터에 있는 역률을 사용하여 부하데이터를 유효전력과 무효전력으로 변환시킨다.

나. 지리적 정보

(1) 회선 비용 데이터

소지역 하나를 통과하여 회선 를 건설하는데 드는 비용과 노력을 표시하는 데이터로서 강이나 도로등 여러가지 지리적 조건을 고려한다.

(2) 변전소 부지비용 데이터

변전소 부지 비용은 각 소지역 한칸에 해당하는 부지를 매입하는데 드는 비용을 표시하는 것으로서 간단한 방법으로서는 변전소 부지의 평균지가를 설정한후 이를 조정하는 방법이 있다.

(3) 기준 회선 용량 데이터

기준 회선에 대한 정보로서 현재 회선이 존재하지 않는 소지역과 존재하는 소지역의 회선 용량의 합계를 나타낸다.

(4) 변전소 데이터

변전소 데이터는 각 후보 변전소의 X, Y 좌표, 전압용량 그리고 각 변전소 KV 당 공급 가능한 거리(소지역 수) 가 포함된다.

(5) 제어 데이터

프로그램 전체에 적용되는 항목으로서 변전소 및 회선의 건설비용, 순실비용, 회선 임피던스, 역률 그리고 최대 전압강하 한도율등이 포함된다.

3.3 적용례

본 기법을 창원시를 대상으로 하여 다음과 같이 적용하였다. 창원시에 대한 변전소 계획은 한전 송변전처의 증장기 변전소 계획에 따라 다음 표 3.1 과 같이 구성되어 있으며 따라서 송변전처의 계획을 기준으로 합리적인 변전소 신설시기와 적정용량등을 비교 검토하였다.

표 3.1 창원시 변전소 계획도

년도	변전소 명	용량(MVA) X 대수
1995년 12월	신월 변전소	60 X 2
1996년 6월	월림 변전소	60 X 2
1998년 6월	차통 변전소	60 X 2
2000년 6월	창공#2(기아기공)	60 X 2
2004~2010년	창공#3(봉림동)	60 X 2

창원시 변전소 계획 수행을 위한 입력 데이터의 작성 방법은 한전 경남지사와 창원지점의 실무 담당자로 부터 입수하여 작성되었다. 프로그램 수행결과는 다음과 같다.

- (1) 1998년도 부하에 대한 변전소 계획은 신월변전소의 경우, 80MVA 그리고 1996년 차령변전소와 1998년 월림변전소를 각각 80MVA, 40MVA로 신설하는 것이 전기적 특성과 경제성면에서 적합한 것으로 판정되었다.
- (2) 2003년도에 대해서는 변전소의 신설없이 신월변전소를 120MVA로 용변하고 차령변전소와 월림변전소를 각각 140MVA와 60MVA로 용변하는 것으로 판정되었다.
- (3) 2010년도에 대한 변전소 계획은 창공#2 변전소를 140MVA로 신설하고 기존변전소인 신월변전소를 200MVA, 차령변전소를 200MVA 그리고 월림변전소를 80MVA로 용변하는 것이 적합하다는 판정을 얻었다.

4. 결 론

본 연구에서는 배전계획용 프로그램 페키지인 CADPAD 를 이용하여 경남 창원시에 대하여 2010년 까지의 부하예측 및 변전소 계획을 수립하였다. 또한 배전계획의 근간이 되는 부하예측 결과를 검증하기 위한 수단으로서 과거로 부터 현재부하를 예측하여 그 유효성을 확인하였다. 따라서 본 결과는 창원시의 장기 배전계획을 위한 투융자 계획 수립에 근본 자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. LOADSITE Program User's Manual, ABB Power Inc., 1987.
2. SUBSITES Program User's Manual, ABB Power Inc., 1987.
3. 배전계통 계획 수립을 위한 최적 모형에 관한 연구, 한국전력공사 기술연구원, 1990.
4. 배전계획 모형 개선 및 한글화 지원 시스템 개발 연구, 한국전력공사 기술연구원, 1990.
5. PC 용 배전계통 운영 프로그램 상업화 개발, 한국전기연구소, 1994.