

부하예측에 의한 합리적인 배전용 변전소 증설계획 수립

최상봉\*, 김대경\*, 정성환\*, 배정효\*, 하태현\*, 이현구\*, 김호웅\*  
한국전기연구소\*

Planning for Reasonable Construction and Expanding of Distribution Substation By Load Forecasting

Choi Sang Bong\*, Kim Dae Kyeong\*, Jeong Seong Hwan\*, Bae Jeong Hyo\*, Ha Tae Hyun\*, Lee Hyun Goo\*, Ho Yong Kim\*  
KERI\*

**Abstract** - This paper presents algorithm to plan construction and expanding of substation considering contingency accidents by proposing utilization factor according to configuration of substation bank system. In this paper, above all, proper sphere of supply area by each district which could be standardized with respect to its supply capacity is established under assumption of long term load forecasting which was made by district respectively, and then goal of utilization ratio based on configuration of substation bank was set to keep reliability by remaining sound bank when it happen to one bank accidents. Finally, it is set up for optimal construction and expanding of substation considering economy and reliability simultaneously about substation to exceed these ratio.

전소 전체 뱅크가 동시에 사고가 발생하는 경우는 없으며 거의 대부분을 1뱅크 사고가 차지하기 때문에 변전소 뱅크 구성별로 1뱅크 사고시 나머지 건전한 뱅크로 부하공급이 가능할 수 있도록 정상시 변전소 뱅크 목표 이용률을 설정함으로써 비상시 전력 공급의 지장을 초래하지 않는 시스템 구성이 가능하기 때문에 변전소 운용의 신뢰도를 확보할 수 있다.

1. 서론

일반적으로 배전용 변전소의 설비 증강에 있어서 코스트다운을 하기 위해서는 우선, 중장기적인 부하 증가에 따라 배전용 변전소의 뱅크 신,증설이 필요한 경우에 대하여 신뢰도를 유지하면서 그 비용이 최소화되도록 최적 배전소 신,증설 계획 수립을 결정하는 것이 필수적이다. 이를 위해 본 논문에서는 경제지표를 고려한 지역별/관리구별 부하예측, 변전소 적정 공급구역 범위 설정, 상정사고를 고려한 변전소 목표 이용률 산출, 변전소 신,증설 우선 순위 등을 제한하여 경제성과 신뢰성을 동시에 얻을 수 있는 최적 변전설비 증설계획 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘을 서울시 일부 지역에 적용하여 그 효율성을 검증하였으며 이를 근거로 보다 광범위한 검토 대상지역에 대하여 변전소 1 뱅크 사고시와 같은 상정사고시 변전소의 공급 신뢰성을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 경제지표를 고려한 지역별/관리구별 부하예측을 통해 부하증가 및 신설 부하에 의한 변전소 신,증설시 보다 정확한 계획 수립에 의해 설비 투자를 최대한 지연시켜 투자비를 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 알고리즘의 개요

본 논문에서 제시한 최적 변전설비 신,증설 계획 기법의 전체 흐름도는 다음 그림 1과 같다. 즉, 제안한 기법에서는 변전소 뱅크 사고와 같은 상정사고시 변전소 운용의 신뢰성을 확보하기 위하여 변전소 뱅크 구성 형태별로 목표 이용률을 제시하고 이 목표치를 초과하는 변전소에 대하여 신,증설을 검토하는 알고리즘을 제시하였다. 이때, 변전소 뱅크 구성별 목표 이용률 산출 이론은 다음과 같다. 일반적으로 변전소 사고시, 변

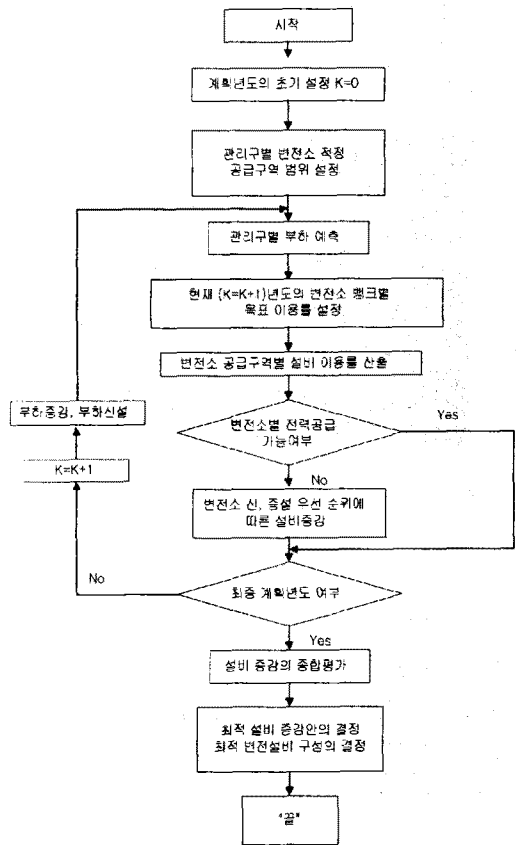


그림 1. 제안된 알고리즘 흐름도

2.2 변전소 신,증설 계획 수립 기법

2.2.1 지역별 부하예측 알고리즘

제안한 변전소 신,증설 계획 수립의 최적화를 위해서는 우선 지역별, 관리구별 부하예측이 선행되어야 한다. 다음은 지역별 부하예측을 위한 과정을 제시하였다.

- ① 전체 대상지역을 한전 지점별로 지역을 분류한다.

- ② 과거 5년간의 지역별, 용도별 판매전력량과 경제지표(GDP)를 조사한다.
- ③ 지점(K)별로 연간 용도별 판매전력량과 연간 GDP 내의 여러 계수 중에서 강한 상관관계를 갖는 항목을 도출함.  

$$Y = A(K) + B(K) \cdot X$$
여기서, Y : 1인당 용도별 판매전력량  
X : 1인당 관련 GDP 계수
- ④ 경제성장을 고려한 GDP 관련 계수의 시나리오 설정
- ⑤ 각 지역내의 인구예측 시나리오 설정
- ⑥ 1인당 지역별 용도별 판매전력량 예측
- ⑦ 용도별 판매전력량 예측 = 인구예측 시나리오 × 1인당 용도별 판매전력량
- ⑧ 판매전력량/(365x24) = 평균전력을 산출하고 각 지점별로 부하율을 적용하여 최대전력 산출
- ⑨ 각 지역별 용도별 최대 부하예측

### 2.2.2 관리구별 부하예측 알고리즘

관리구별 부하예측은 앞서 2.2.1에서 예측한 각 지점별 용도별 부하예측 데이터로부터 항공사진을 통해 판정된 각 관리구별 토지용도 면적으로부터 토지용도별 부하밀도를 산출하여 각 관리구별 부하예측을 수행한다. 다음은 관리구별 부하예측을 위한 과정을 제시하였다.

- ① 각 지역을 관리구별로 분류한다.
- ② 분류된 각 관리구에 대하여 용도별 토지면적을 판정한다.  
**◆ 주택용, 공공용, 서비스업, 광공업, 농림어업**
- ③ 제 1 단계의 각 용도별 부하예측 결과를 이용하여 각 연도별로 지점별 용도별 부하밀도를 다음과 같이 예측한다.  
**◆ 지점별 용도별 부하밀도 예측 = 지점별 용도별 부하 ÷ 지점별 용도별 면적**
- ④ 지점별 용도별 부하밀도로부터 다음과 같이 관리구별 부하밀도를 예측한다.  
**◆ 관리구별 부하밀도 예측 = ∑지점별 용도별 부하밀도 × 관리구별 용도별 면적**
- ⑤ 도시계획 관련 데이터를 산출한다.
- ⑥ 도시계획 관련 데이터를 관리구별 최대부하로 환산한다.
- ⑦ 도시계획에 따른 부하 증가를 추가하여 최종 관리구별 최대부하를 산출한다.

### 2.2.3 변전소 신,증설 계획 알고리즘

배전용 변전소 신,증설 계획은 관리구별로 예측된 부하를 기준 년도의 설비수준으로 공급하는 경우에 변전소의 각 뱅크별 이용률을 산출하여 검토하는 방법을 제안하였다. 즉, 앞서 제시한 관리구별 부하밀도를 토대로 현재 배전용 변전소의 적정 공급구역범위를 관리구별로 설정하고 이어서 변전소별로 적정 공급구역 범위에 있는 관리구별 부하밀도를 각 연도별로 산출하고 각 변전소의 뱅크용량을 검토하여 각 변전소의 뱅크 이용률을 다음 식 1과 같이 산출한다.

$$\text{이용률} = \frac{\text{해당관리구의 최대부하}}{\text{변전소 뱅크용량}} \quad (1)$$

다음은 상정사고를 고려한 변전소 뱅크 구성을 목표로 뱅크 구성별 상시 목표 이용률을 제시하였다.

#### 가. 동용량 배전용 변전소의 뱅크 구성

- (1) 60MVA × 3 BANK 구성  
일반적으로 배전용 변전소의 뱅크 구성은 3×60MVA의 3뱅크로 구성하는 것이 바람직하다. 3뱅크 구성시는 상시 목표 이용률을 80%, 사고시 목표 이용률을 120%로 운용하면 된다. 상시 목표 이용률을 80%로 운용하면 1 뱅크 사고시에도 배전선을 전환하지

않고 나머지 건전한 2 뱅크로 부하공급이 가능하기 때문에 이와 같은 뱅크 구성시의 목표 이용률은 80%로 결정한다.

#### (2) 60MVA × 2 BANK 구성

변전소의 신설 초기에는 부하의 상황에 따라 2뱅크로 운전할 수도 있다. 2뱅크로 운전할 경우는 다음 그림 3과 같이 정상시에는 목표이용률을 75%로 하고 사고시에는 125%로 한다. 이 경우 1뱅크 사고시에 15MVA정도의 부하가 남게 되는데 이는 배전선의 회선에서 약간의 과부하로 운전하는 것 외에 신뢰도상에 특별한 문제는 없으므로 이와 같은 뱅크 구성시의 목표 이용률은 75%로 한다

#### 3) 60MVA × 1 BANK 구성

부하의 상황에 따라서는 1뱅크로 구성하여도 공급 가능한 경우가 있지만 신뢰도가 매우 낮기 때문에 최저 2뱅크로 구성하는 것이 바람직하다.

#### 나. 뿔용량 배전용 변전소의 뱅크 구성

뿔용량 변전소에 대한 뱅크 구성은 공급신뢰도면에서 동용량 변전소에서의 대책과 서로 다르게 다음과 같이 검토된다.

#### (1) 1×60MVA+1×40MVA 구성

이 방식은 1뱅크 사고시 잔존 부하가 25MVA가 남는다. 이 중에서 15MVA는 배전선으로 전환이 가능하지만 나머지 10MVA는 전환이 불가능하므로 상시 부하를 10MVA 낮게 운전하는 것이 필요하여 변전소의 상시부하는 65MVA로 운전된다. 따라서 이와 같은 뱅크 구성시의 목표 이용률은 65%로 결정한다.

#### (2) 1×60MVA+2×40MVA 구성

이 방식은 1뱅크 사고시 잔존 부하가 16MVA가 남는다. 이 중에서 15MVA는 배전선으로 전환이 가능하여 미전환부하는 1MVA이므로 변전소의 상시부하를 111MVA로 운전하면 된다. 따라서 이와 같은 뱅크 구성시의 목표 이용률은 79.3%로 결정한다.

#### 다. 변전소 신,증설 우선 순위

다음과 같이 뱅크구성 형태별로 목표 이용률이 결정되면 다음 단계로 뱅크 구성별 상시 목표 이용률을 기반으로 가동 목표율을 초과하는 변전소에 대한 변전소 신,증설은 다음과 같은 우선 순위에 의해 계획되어진다.

- ◆ 주변 경부하 변전소로 부하절체
- ◆ 변전소 뱅크의 증설
- ◆ 변전소의 신설

다음은 변전소 뱅크 구성 형태별로 신,증설이 요망되는 변전소의 목표 이용률을 제시하였다.

- ◆ 동용량 2 뱅크 : 이용률 75% 초과 변전소
- ◆ 동용량 3 뱅크 : 이용률 80% 초과 변전소
- ◆ 1×60MVA+1×40MVA : 이용률 65% 초과 변전소(65MVA 초과)
- ◆ 1×60MVA+2×40MVA : 이용률 79.3% 초과 변전소(111MVA 초과)

## 3. 사례검토

### 3.1 사례검토 기본조건

본 논문에서는 위에서 제시한 알고리즘을 적용하기 위한 사례검토 대상 지역으로 서울시 강남의 일부 지역을 모델 형태로 선정하여 경제지표를 고려하여 예측된 각 관리구별 부하크기에 따라 기존 7개의 변전소를 대상으로 관리구별 부하증가에 따른 변전소 신,증설 계획수립을 적용하였다. 다음 그림 2는 샘플 대상지역의 7개 변전소의 위치를 도시하였으며 표 1은 본 논문에서 제시한 알고리즘에 근거하여 샘플 대상지역의 변전소 뱅

크 구성 형태와 배크 구성 형태별 신,증설이 요망되는 목표 이용률을 도시하였다.

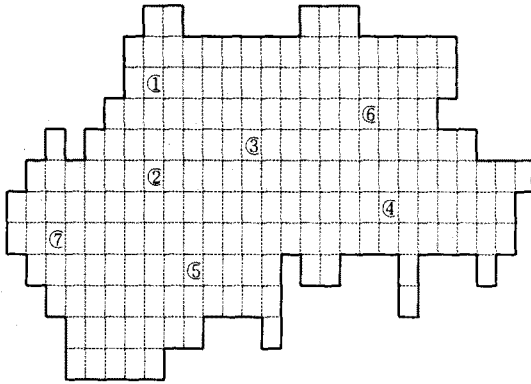


그림 2 샘플대상 지역의 변전소 위치

표 1 변전소 배크 구성형태와 목표 이용률

변전소	배크 형태	목표 이용률(%)
①	60MVA×2	75
②	60MVA×1, 40MVA×1	65
③	60MVA×3	80
④	60MVA×3	80
⑤	60MVA×1, 40MVA×2	79.3
⑥	60MVA×3	80
⑦	60MVA×3	80

### 3.2 사례검토 결과

본 사례검토에서는 우선 2000년 현재의 부하 크기와 공급 가능 범위를 기준으로 부하 평균화와 공급 가능 범위를 고려하여 관리구별 적정 공급 구역 범위를 다음 그림 3과 같이 설정하였다. 한편, 그림 3에서 변전소 각 공급구역 범위내의 점선은 소관리구이며 굵은 선은 각 변전소별 공급구역 범위의 경계를 나타낸다. 그리고 샘플 대상지역에 대하여 2.2.1과 2.2.2에서 제시한 부하예측 알고리즘에 따라 관리구별 부하를 2000년부터 2010년까지 예측하고 이를 각 변전소 공급 구역별로 합산하여 합산한 부하예측 값을 식(1)에 의거하여 각 변전소 공급구역별 이용률을 산출하고 다음 표 2와 같이 연도별로 도시하였다.

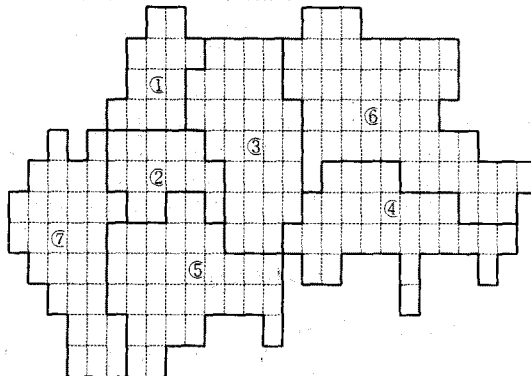


그림 3 샘플대상 지역의 변전소 적정 공급구역 범위

따라서, 표 2에서 제시한 연도별 변전소 배크 구성별 목표 이용률의 제약조건 위반에 따라 각 변전소별로 2010년까지 변전소의 설비 증강 계획을 다음 표 3과 같이 수립하였다.

표 2 변전소 공급구역 및 연도별 이용률 [단위 : %]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
①	50.8	62.4	67.2	71.2	74.3	79.1	83.2	87.4	91.8	95.5	99.3
②	41.6	47.7	55.0	62.7	67.4	69.5	71.7	73.9	76.2	78.3	80.4
③	45.3	56.1	60.6	64.2	67.9	71.4	75.0	78.8	82.8	86.8	90.4
④	58.9	71.9	79.4	85.7	89.9	93.9	98.0	103.3	107.8	111.6	115.4
⑤	53.9	66.3	71.5	75.8	80.2	84.4	88.7	93.9	98.6	102.4	106.4
⑥	63.4	74.7	91.2	98.5	104.5	110.7	116.4	122.4	128.7	135.3	140.7
⑦	67.4	80.2	89.2	96.1	101.8	107.7	113.2	118.9	125.0	131.3	136.4

표 3 연도별 사례 검토에 대한 설비증강 요약

연도	계약위반 여부	제1차 검토 (부하절체)	제2차 검토 (신,증설)	비고
2000	-	-	-	-
2001	⑦번 변전소 목표 이용률 초과	주변 경부하 변전소로 부하절체 곤란	⑦번 변전소 구역내에 60MVA×3Bank 신설	
2002	⑥번 변전소 목표 이용률 초과	주변 ③번 변전소로 부하절체 가능		⑥→③번 변전소로 30MVA 부하절체
2003	③, ④, ⑥번 변전소 목표 이용률 초과	주변 경부하 변전소로 부하절체 곤란	③, ④, ⑥번 변전소 구역 경제에 60MVA×3Bank 신설	③, ④, ⑥번 변전소 구역내에 각각 1 Bank씩 할당
2004	①, ②, ⑤번 변전소 목표 이용률 초과		①, ⑤번 변전소 구역내에 60MVA×2Bank 신설 ②번 변전소 구역내에 60MVA×2Bank 신설	①, ⑤번 변전소 구역내에 각각 1Bank씩 할당
2005	-	-	-	-
2006	-	-	-	-
2007	-	-	-	-
2008	-	-	-	-
2009	④, ⑥번 변전소 목표 이용률 초과	주변 경부하 변전소로 부하절체 곤란	④, ⑥번 변전소 구역내에 60MVA×2Bank 신설	④, ⑥번 변전소 구역내에 각각 1Bank씩 할당
2010	-	-	-	-

### 4. 결론

다음은 본 논문의 결과와 특징을 요약하여 설명하였다.  
 (1) 사례지역에 대한 검토를 통하여 대도시 지역의 변전설비 계획에 실제적으로 적용할 수 있는 가능성을 얻었다.  
 (2) 관리구별 부하예측을 통한 변전설비 계획 수립으로 변전소 공급 구역설정 및 공급시기 그리고 용량 산정시 보다 합리적인 계획을 수립할 수 있다.  
 (3) 변전소 배크 구성별로 상정사고를 고려한 목표 이용률을 제시하여 공급신뢰도의 향상을 고려한 변전소 계획을 수립할 수 있다.

#### [참고 문헌]

- [1]奈良宏一외 "지리정보 처리에 의한 배전설비 배치의 평가", 일본 전기학회, 1991
- [2]奈良宏一외 "사고시를 고려한 배전계통 설비증설 계획", 일본 전기학회, 1991
- [3]최상봉, 김대경, 정성환 "대도시 지역의 경제지표를 고려한 장기전력 부하예측 기법", 대한전기학회 논문지, 49권 8호, pp.380-389, 2000
- [4]최상봉외 "경제지표를 고려한 장기전력부하예측 기법", 대한전기학회 하계학술대회, 1999
- [5]"지역별장기전력수요의 경향비교", 일본전기학회전력·에너지부분대회, 동북대학, 1995.