

### 상정사고를 고려한 배전용 변전소 신,증설 계획 수립에 관한 연구

최상봉\*, 김대경\*, 정성환\*, 배정호\*, 하태현\*, 이현구\*, 한상용\*  
한국전기연구소\*, 한국전력공사\*

### A study on the planning for construction and expanding of distribution substation considering contingency

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

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

상정사고를 고려한 변전소 목표 이용률 산출, 변전소 신,증설 우선 순위 등을 고려한 최적 변전설비 증설계획 및 신뢰성을 고려한 변전소 뱅크구성을 결정하는 알고리즘을 제안하였다.

### 2. 본 론

과거에는 변전소 계획 수립시 소단위 지역인 관리구별 부하증가 특성이 세밀히 반영되지 않은 상태로 변전소 신,증설을 수립함으로써 변전소 위치 및 용량 산정시 정확도와 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 이와 같은 종래의 부하예측 방법이 갖고 있는 문제점을 해결하기 위하여 경제지표 및 전력수요의 집계가 가능한 각 지역별 부하를 거시적으로 예측한 후 미시적으로 관리구별 부하특성을 고려하여 거시적으로 예측한 값을 배분함으로써 소관리구의 부하예측 오차를 줄이는 한편, 이와 같이 산출된 소관리구별 부하밀도를 이용하여 변전소 뱅크 구성 형태별로 변전소 1뱅크 사고시에도 변전소가 상실되지 않는 합리적인 목표 이용률을 제시함으로써 변전소 신,증설시 최적의 변전소 계획 수립이 가능하게 하는 것을 그 특징으로 하고 있다.

### 1. 서 론

최근 들어 전세계적으로 전체 에너지 수요중 전력에너지의 비중이 점차 확대되고 있는 실정이다. 따라서 배전설비의 확충도 필수 불가결하게 됨에 따라 효율적인 배전설비 증강계획에 대한 연구가 제고되고 있다. 일반적으로 배전설비는 수용가에 가장 근접해있기 때문에 배전설비의 증강에는 지리적 여건을 고려한 연구가 상당수를 차지한다. 한편, 이와 같은 배전설비의 증강 계획 수립중 하나인 배전용 변전소 설비 증강에 대해서는 주로 지리적인 여건을 고려하여 각 변전소별로 적정 공급구역을 설정하고 설비용량의 과부하를 검출하여 변전소 증설 용량을 결정하는 연구가 진행되어 왔다. 그러나 변전소 뱅크 구성별로 상정사고를 고려하여 변전소 목표 이용률을 제시함으로써 변전소의 공급신뢰도를 유지하면서 설비투자를 절감시킬 수 있는 배전용 변전소 신,증설 계획 기법은 없는 실정이다. 또한 종래에는 변전소 계획시 소단위 지역인 관리구별 부하증가 특성이 세밀히 반영되지 않는 상태로 변전소 신,증설을 수립함으로써 변전소 위치 및 용량 산정시 정확도와 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 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 설비 투자를 최대한 지연시킴으로써 투자비를 절감시킬 수 있는 최적 변전소 증설계획 수립 방식을 제안하였다.

일반적으로 배전용 변전소의 설비 증강에 있어서 코스트 다운을 하기 위해서는 우선, 중장기적인 부하 증가에 따라 배전용 변전소의 뱅크 신,증설이 필요한 경우에 대하여 신뢰도를 유지하면서 그 비용이 최소화되도록 최적 변전소 신,증설 계획 수립을 결정하는 것이 필수적이다. 이를 위해 본 논문에서는 경제지표를 고려한 지역별/관리구별 부하예측, 변전소 적정 공급구역 범위 설정,

### 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 뱅크 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, 변전소 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.

따라서 제안된 알고리즘에서는 우선 기준 연도의 배전계통 데이터(관리구별 부하밀도 정보, 변전소 뱅크 구성 형태 등)의 정보를 통해 변전소별로 공급용량이 평준화될 수 있도록 관리구별 변전소 적정 공급구역 범위를 설정하고 증장기 부하예측을 위해 우선 저자가 제안한 경제지표를 이용한 부하예측 기법[1]을 통해 최종계획 연도까지 한전 관리구별 부하예측을 수행한다. 다음은 상정사고를 고려한 변전소 뱅크 구성별 목표 이용률을 산출하여 각 연도별로 목표 이용률을 초과하는 변전소에 대하여 변전소 신,증설 우선 순위에 따른 설비 증강계획을 목표년도 까지 반복하여 수행하여 종합 평가함으로써 최적의 변전소 신,증설 계획을 수립하게 된다. 다음은 증장기 변전소 신,증설 계획 수립을 위한 각 기법에 대하여 기술하였다.

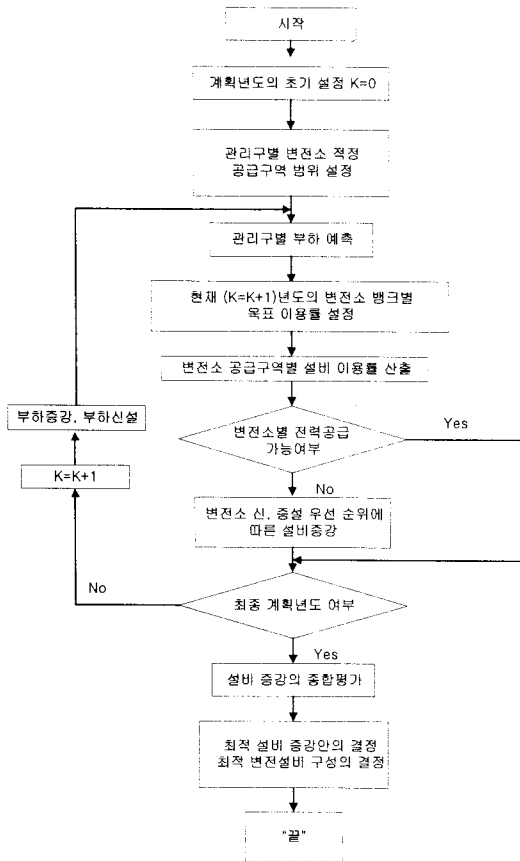


그림 1. 제안된 알고리즘 흐름도  
Fig 1. Flow Chart of Proposed Algorithm

## 2.2 변전소 신, 증설 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 상정
- ⑤ 각 지역내의 인구예측 시나리오 상정
- ⑥ 1인당 지역별 용도별 판매전력량 예측
- ⑦ 용도별 판매전력량 예측 = 인구예측 시나리오 × 1인당 용도별 판매전력량
- ⑧ 판매전력량/(365×24) = 평균전력을 산출하고 각 지점별로 부하율을 적용하여 최대전력 산출
- ⑨ 각 지역별 용도별 최대 부하예측

### 2.2.2 관리구별 부하예측 알고리즘

관리구별 부하예측은 앞서 제 1 단계로 예측한 각 지점별 용도별 부하예측 데이터로부터 항공사진을 통해 판정된 각 관리구별 토지용도 면적으로부터 토지용도별 부하밀도를 산출하여 각 관리구별 부하예측을 수행한다.

다. 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.  
 ◆ 지점별용도별 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 각뱅크별 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 변전소의뱅크용량을 검토하여 각 변전소의뱅크 이용률을 다음 식 1과 같이 산출한다.

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

다음 상정사고를 고려한 변전소 뱅크 구성을 목표로 뱅크 구성별 상시 목표 이용률은 다음과 같다.

### 가. 동용량 배전용 변전소의 뱅크 구성

#### (1) 60MVA × 3 BANK 구성

일반적으로 배전용 변전소의 뱅크 구성은 3×60MVA의 3뱅크로 구성하는 것이 바람직하다. 3뱅크 구성시는 다음 그림 2와 같이 상시 목표 이용률을 80%, 사고시 목표 이용률을 120%로 운용하면 된다.

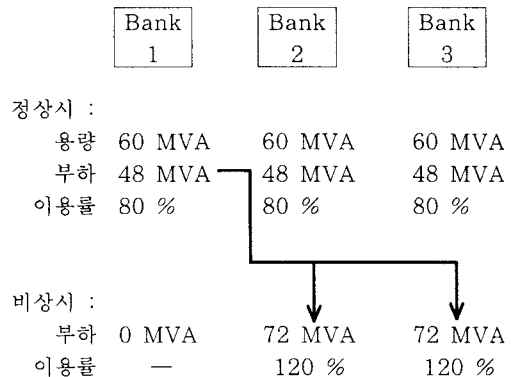


그림 2. 변전소의 3뱅크 구성도  
Fig 2. Configuration of Substation 3 Bank

그림 2에 도시한바와 같이 1 뱅크 사고시에도 배전선

을 전환하지 않고 나머지 건전한 2 뱅크로 부하공급이 가능하기 때문에 신뢰도면에서 가장 우수하게 운용할 수 있다.

(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 없다.

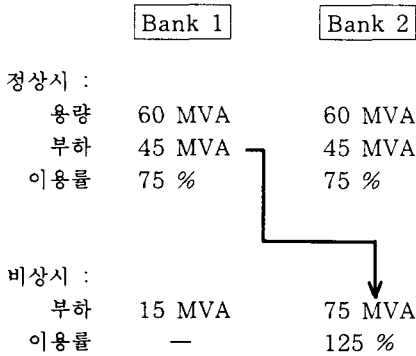


그림 3. 변전소의 2뱅크 구성도  
Fig 3. Configuration of Substation 2 Bank

(3) 60MVA × 1 BANK 구성

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

나. **異なる 용량 배전용 변전소의 뱅크 구성**

異なる 용량 변전소에 대한 뱅크 구성은 공급신뢰도면에서 동용량 변전소에서의 대책과 서로 다르게 다음과 같이 검토된다.

(1) 1×60MVA+1×40MVA 구성

이 방식은 그림 4에 나타낸바와 같이 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.

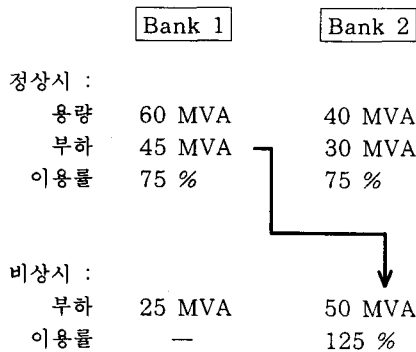


그림 4. 1×60MVA+1×40MVA 뱅크 구성도  
Fig 4. Substation Bank(1×60MVA+1×40MVA)

(2) 1×60MVA+2×40MVA 구성

이 방식은 그림 5와 같이 1뱅크 사고시 잔존 부하가 16MVA가 남는다. 이 중에서 15MVA는 배전선으로 전환이 가능하여 미전환부하는 1MVA이므로 변전소의 상시부하를 111MVA로 운전하면 된다.

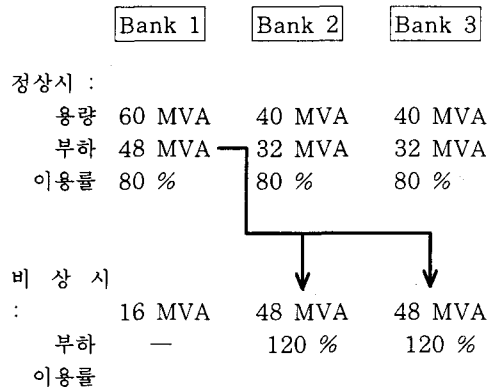


그림 5. 1×60MVA+2×40MVA 뱅크 구성도  
Fig 5. Substation Bank(1×60MVA+2×40MVA)

다. **변전소 신, 증설 우선 순위**

다음과 같이 뱅크구성 형태별로 목표 이용률이 결정 되면 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

따라서 변전소 뱅크 구성안에 따른 신, 증설이 요망되는 변전소는 다음과 같이 고려된다.

- ◆ 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. 결 론

본 논문에서는 변전소 뱅크 구성별로 1뱅크 사고시 나머지 뱅크 설비로 전력공급의 지장을 초래하지 않는 변전소 신, 증설 계획 기법을 제안하였다. 즉, 본 기법에서는 각 변전소 뱅크 구성별 사고에 대비하여 공급신뢰도를 유지할 수 있도록 정상 운전시 변전소 뱅크 목표 이용률을 제시함으로써 가장 효과적인 변전소 신, 증설 계획안을 제시하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 최상봉의 "경제지표를 고려한 장기전력부하예측 기법", 대한전기학회 하계학술대회, 1999
- [2] "지역별장기전력수요의 경향비교", 일본전기학회전력·에너지부분대회, 동북대학, 1995.
- [3] "전력수요상징과 공급력계획", 일본전기평론, 1993, 4.
- [4] "배전계통 부하예측 기법과 과제", 일본전력중앙연구소, 1988.