

신규주택단지 배전부하의 산정과 변전소의 위치선정

김준오 김동섭 이흥호
한국전력공사 충남대학교

The Load and Substation Site Assessment of Large Residential Area

Kim Joon Oh Kim Dong Sub Lee Heung Ho
KEPCO Chungnam Univ.

1. 서 론

현재 수도권을 중심으로 대규모의 신규 주택단지가 활발하게 건설되고 있다. 계획된 신규주택단지는 일반지역과는 달리 입주가 완료되어 일정기간이 경과하면 부하의 증가가 정지하는 특성을 가지고 있으므로 적절한 최종규모의 부하를 산정하는 것은 배전설비의 효율성을 높이는 데 가장 중요한 일이 된다. 부하의 위치와 크기의 산정이 완료되면 부하를 공급하기 위한 변전소의 소요용량과 위치를 결정하는 작업이 이루어지는데 변전소의 위치에 따라 부하를 공급하기 위한 배전시스템의 구성이 다르게 된다. 배전시스템은 그 구성에 따라 총공장, 전압강하, 손실뿐만 아니라 고장률, 유지비용 등이 큰 차이를 보이므로 이러한 종합적인 요인이 감안되어 변전소의 위치가 결정되어야 한다. 본 논문에서는 변전소의 위치에 따른 효율적인 배전시스템의 구성방안을 수지축전지구의 사례를 통하여 비교·검토한다

2. 본 론

신도시의 부하를 산정하기 위해서 사용하는 방법은 일반 주거용 건물과 상업용 건물에 대해서는 표준부하를 이용한 표준부하 산정법과 부하밀도 산정법이 널리 사용되고 있다.

2.1 표준부하 산정법

건축계획이 확정된 지역은 건축물의 연면적에 표준부하를 적용하는 방법을 사용한다. 전력수요를 산정하는 방법은 다음의 식에 의한다.

① 주거용 건물(주택, 아파트)

$$\text{전력수요(VA)} = \{ \text{건축물 연면적(m}^2\text{)} \times \text{전등표준부하(VA/m}^2\text{)} \} + \text{가산부하(VA/호)} \times \text{호수} \times \text{수용률} + \text{부등률}$$

② 주거용외 건물(업무, 상업용)

$$\text{전력수요(VA)} = \text{건축물 연면적(m}^2\text{)} \times \{ \text{전등표준부하(VA/m}^2\text{)} + \text{동력표준부하(VA/m}^2\text{)} \} \times \text{수용률} + \text{부등률}$$

건축물의 연면적 계산은 공동주택의 경우 단위세대의 분양평수를 기준으로 하되, 분양평수가 확정되지 않은 때에는 대표평형을 적용한다. 단독주택의 경우에는 대지면적을 감안한 대표형 또는 건설계획 미확정지역의 용적률, 건폐율 등을 감안하여 연면적을 계산한다.

2.1.1 각 계수의 적용

① 전등 표준부하

| 건축물 종류 | 표준부하(VA/m ²) |
|----------------------------|--------------------------|
| 교회 등 종교건물, 극장, 연회장 등 | 10 |
| 여관, 일반학교, 목욕탕 등 | 20 |
| 주택, 아파트, 사무실, 상점, 공업계열학교 등 | 30 |
| 호텔, 병원, 은행, 음식점, 백화점 등 | 40 |

② 동력표준부하 (VA/m²)

| 구분 | 백화점 | 은행 | 사무실 | 체육시설 | 호텔 | 기타 |
|------|-----|----|-----|------|----|----|
| 냉·난방 | 50 | 40 | 40 | 30 | 30 | 20 |
| 일반동력 | 50 | 50 | 40 | 40 | 30 | 20 |
| 계 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 40 |

③ 가산부하

지역적인 생활수준에 따라 전력수요를 보상하기 위한 부하로서 세대당 일괄하여 가산하는 부하를 말한다.

▷ 단독주택 (VA/호)

| 지역별 | 특별시 | 광역시 | 기타도시 | 읍·면지역 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 가산부하 | 3,000 | 2,500 | 2,000 | 1,500 |

▷ 공동주택 (VA/호)

| 전용면적 | 50평 이상 | 40~49평 | 20~39평 | 20평 미만 |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 가산부하 | 3,000 | 2,500 | 2,000 | 1,500 |

④ 수용률

전선이나 변압기설비 등의 최대용량을 결정할 때 적용된다.

$$\text{▷ 수용률(\%)} = \frac{\text{최대전력수요(kW)}}{\text{설비용량(kW)}} \times 100$$

| 구분 | 수용률(\%) | 구분 | 수용률(\%) |
|------------|---------|--------|---------|
| 공장 | 70 | 사무실 | 50 |
| 호텔·백화점·경기장 | 60 | 학교·기타 | 40 |
| 병원 | 50 | 아파트·기타 | 35 |

⑤ 부등률

공급선로나 변전설비 계획시 최대부하의 예측을 위하여 고려한다.

$$\text{▷ 부등률(\%)} = \frac{\text{개별고객 최대부하의 합(kW)}}{\text{계통전체의 최대부하(kW)}} \times 100$$

| 구분 | 주택용(\%) | 업무용(\%) | 공업용(\%) | 적용대상 |
|---------|---------|---------|---------|------|
| 배전 변압기간 | 130 | 130 | 135 | 배전선로 |
| 배전간선간 | 115 | 115 | 115 | 주변압기 |
| 주변압기간 | 110 | 110 | 110 | 변전소 |

2.2 부하밀도 산정법

건축계획 미확정지역은 향후 건축규모를 추정하여 전력수요를 예측한다.

① 전력수요(VA) = Tf × SL × 수용률 + 부등률

단, Tf = BS × Fr

Tf : 건축물 연면적(m²)

BS : 용도별 부지면적(m²)

Fr : 건폐율 × 용적률 × 건축물

SL : 표준부하밀도(VA/m²)

② 표준부하밀도는 개략 계산된 부하밀도로서 표준부하·가산부하가 포함된 용량이다.

| 구분(단위:VA/m ²) | 상 | 중 | 하 |
|---------------------------|----|----|----|
| 상업·업무 | 70 | 60 | 50 |
| 주거 | 60 | 50 | 40 |
| 준주거 | 50 | 40 | 30 |
| 공공시설 | 40 | 30 | 25 |
| 기타 | 30 | 25 | 20 |

④ 건폐율은 대지면적에 대한 건축면적의 비율이다.

| 상업·준주거 | 공동주택·공업 | 주거전용·공공 | 녹지 |
|--------|---------|---------|-----|
| 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.2 |

⑤ 용적률은 대지면적에 대한 건축연면적의 비율이다.

| 구분 | 상 | 중 | 하 |
|-------|-----|-----|-----|
| 상업·업무 | 7 | 6 | 5 |
| 준주거 | 5 | 4 | 3 |
| 공동주택 | 4 | 3 | 2 |
| 공공용지 | 2.5 | 2 | 1.5 |
| 단독·연립 | 2 | 1.5 | 1 |
| 녹지지역 | 1 | 0.5 | 0.5 |

⑥ 건축률은 법령상 건축할 수 있는 건폐율, 용적률의 상한과 실제로 건축되는 비율이다.

| 주거 | 상업·준주거 | 기타지역 |
|-----|--------|------|
| 0.6 | 0.5 | 0.4 |

▷ 부하밀도의 상증하는 고밀도지역, 중밀도지역, 저밀도 지역의 구분에 따라 적용한다.

▷ 지역의 특성과 개별적인 별도기준은 이상의 기준에 우선하여 적용된다.

2.3 사례연구

본 사례연구는 수지축전지구에 건설예정인 108만평 신규주택단지의 수요를 본 기준에 의하여 산정하고 이에 따른 배전계통 구성방안과 경제성을 검토한 사례이다.

2.3.1 개요

경기도 용인시의 수지축전 택지개발지구 108만평 내 변전소의 위치에 따른 배전계통 구성안 검토를 위하여 2개의 변전소 후보지와 부하의 중심점 후보지 3개안에 대한 배전계통 구성안과 손실 및 전압강하, 그리고 배전계통 간선의 개략공사비를 산출하였다. 배전계통은 지중 배전선로로 구성하며 변전소 후보지 제1안은 단지의 동쪽 끝 소재 부지, 제2안은 서쪽 경부고속도로 인근의 부지이며 제3안은 단지의 부하를 고려한 부하중심점 부지 등 3개소를 대상으로 하였다.〔그림 1〕 참조〕 각 검토방안은 한국전력공사에서 개발한 중장기 배전계획 시스템인 DISPLAN 1.5를 이용하였다.

2.3.2 수지축전 택지지구

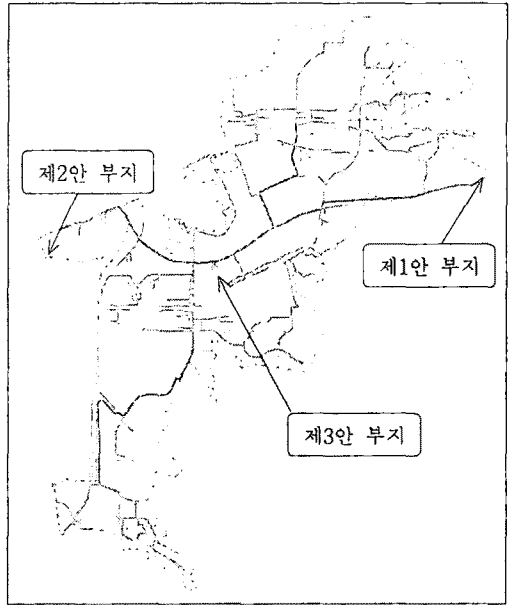
수지축전지구는 면적이 1,086,212평으로서 18,493세대, 57,335명의 인구가 입주하게될 예정이며, 건설주택세대의 93.2%가 공동주택인 전형적인 대규모 공동주택 단지이다. 또한 주거시설 이외에 상업시설, 학교, 도시형 공장, 공원 등의 시설계획이 수립되어 있다.

2.3.3 부하의 산정

전력수요는 토지공사의 택지개발 계획을 참조하고 2.1항의 신규전력수요 예측의 기준에 따라 수용률과 부동률을 적용하여 부하가 포화될 것으로 예상되는 2006년 기준으로 117.9MVA로 산정하였다.

2.3.4 변전소 후보지

변전소의 후보부지는 위치는〔그림 1〕의 1,2,3안을 기준으로 배전계통 구성방안을 작성하였다. 단지의 동쪽 끝편인 제1안과 서쪽의 2안 그리고 부하중심지로 계산된 제 3안 등이다.



〔그림 1〕 개발지역의 3개 변전소 후보지

2.3.5 배전선로 구성안 검토기준

배전계통의 구성방안은 다음의 기준에 따라 설정하였다. 첫째, 배전선로는 여러 경과지 중 공장의 총합이 최단거리가 되도록 설정한다. 둘째, 배전계통은 수직상으로 구성하며 계통간 연계는 고려하지 않는다. 셋째, 전압강하와 손실 등은 CNCV 325mm 3상 선로를 기준으로 계산하였다. 넷째, 배전선로의 회선당 기준부하는 10,000kVA이며, 회선간 부동률은 120%를 기준으로 산정하였다.

2.3.6 각 구성안별 계통해석결과

각 후보지별 배전계통 구성결과 배전계통의 소요인출 회선수는 15회선으로 총공장, 연장, 손실, 부하중심점과의 거리 등은 다음의 표와 같다.

| 구분 | 인출 회선수 | 총공장 (km) | 총연장 (3상기준, km) | 계산 손실 (kW) | 최대전압강하 (%) | 연간 손실액 (억원) | 부하 중심점 거리 (km) |
|-----|--------|----------|----------------|------------|------------|-------------|----------------|
| 제1안 | 15 | 27.32 | 54.10 | 367 | 0.9 | 1.18 | 1.8 |
| 제2안 | 15 | 27.59 | 48.17 | 298 | 0.7 | 0.96 | 1.2 |
| 제3안 | 15 | 26.97 | 38.10 | 188 | 0.5 | 0.61 | 0.0 |

연간 손실금액은 계산손실을 근거로 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{연간손실금액} = \text{계산손실(kW)} \times 365\text{일} \times 24\text{시간} \times \text{부하율}(0.7)^2 \times \text{판매단가}(75\text{원/kWh})$$

검토결과 총 공장은 3개안이 모두 유사하나 선로의 연장은 변전소의 위치에 따라 큰 차이를 나타내고 있다. 선로연장은 제1안을 기준으로 할 때 제2안은 89%, 제3안은 70% 수준이며 손실은 제1안을 기준으로 할 때 제2안은 82%, 제3안은 51% 수준으로 계산되었다.

2.3.7 각 구성안별 소요 회선수 및 공장

각 안의 소요회선수별 공장과 연장은 다음의 표와 같다. 이때 예비관로, 통신관로 등은 고려하지 않았으며 부동률이 120%를 초과하면 소요회선수는 증가된다.

| 구 분 | 제 1 안 | | 제 2 안 | | 제 3 안 | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 공장(m) | 연장(m) | 공장(m) | 연장(m) | 공장(m) | 연장(m) |
| 1회선구간 | 20,411 | 20,411 | 20,787 | 20,787 | 21,643 | 21,643 |
| 2회선구간 | 1,928 | 3,856 | 2,666 | 5,333 | 2,758 | 5,516 |
| 3회선구간 | 1,915 | 5,745 | 1,479 | 4,436 | 1,495 | 4,485 |
| 4회선구간 | 721 | 2,883 | 1,279 | 5,115 | 122 | 490 |
| 5회선구간 | 43 | 214 | 323 | 1,617 | 560 | 2,798 |
| 6회선구간 | 666 | 3,993 | 0 | 0 | 217 | 1,305 |
| 7회선구간 | 467 | 3,266 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8회선구간 | 0 | 0 | 393 | 3,148 | 0 | 0 |
| 9회선구간 | 0 | 0 | 261 | 2,348 | 129 | 1,162 |
| 10회선구간 | 714 | 7,136 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11회선구간 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12회선구간 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13회선구간 | 0 | 0 | 89 | 1,154 | 0 | 0 |
| 14회선구간 | 262 | 3,674 | 125 | 1,751 | 0 | 0 |
| 15회선구간 | 195 | 2,921 | 165 | 2,482 | 47 | 699 |
| 계 | 27,320 | 54,099 | 27,568 | 48,170 | 26,971 | 38,098 |

2.3.8 개략공사비 산정기준

변전소의 후보지에 따른 배전계통의 개략공사비는 다음의 기준에 의해 계산하였다. 첫째, 송전선의 인입비용, 변전소 부지비용, 변전소 건설비용은 제외하였다. 둘째, 소요회선수 9회선 이하는 관로 시공을 원칙으로 하고 10회선 이상은 전력구 시공을 기준으로 하였다. 실제 공사에 있어서는 현장의 여건에 따라 전력구 시설 구간이라 할지라도 회선을 나누어 도로의 양측에 관로를 사용하여 시공할 수 있다. 셋째, 지중선로 공사비 기준은 기계화시공 및 사리도 공사 기준의 품셈을 적용한다. 넷째, 지상설치형 개폐기는 회선당 4대씩 시설하는 것을 원칙으로 한다. 다섯째, 맨홀은 배전선로 공장 250m 마다 1개소를 시설한다. 여섯째, 고압수전설비용 인입개폐기, 지상설치형 변압기 및 저압선로의 공사비는 제외한다. 다음의 표는 공종별 자재비와 공사비를 포함한 건설비 단가이며 한국전력공사의 2002년도 지침을 인용하였다.

| 공종 (자재비 및 공사비) | 구 분 | 단 가 |
|-------------------|--------|-----------------|
| 케이블 | 1회선 | 관 로 79,965원/m |
| | | 전력구 104,118원/m |
| 관로매입 | 1공 | 35,386원/m |
| | 2공 | 62,302원/m |
| | 3공 | 93,453원/m |
| | 4공 | 125,201원/m |
| | 5공 | 141,371원/m |
| | 6공 | 157,540원/m |
| | 7공 | 178,958원/m |
| | 8공 | 200,375원/m |
| | 9공 | 221,793원/m |
| 전력구 | 18회선용 | 4,500,000원/m |
| 맨홀 | 기본형 | 21,000원/m |
| | | 5,250,000원/250m |
| 개폐기 | PAD SW | 12,564,000원/대 |
| | | 4대/회선 총60대 |

2.3.9 배전계통의 구성방안별 총 건설비

2.3.7항 및 2.3.8항의 기준에 의거한 변전소 후보지에 따른 배전계통 건설 개략공사비 산출내역은 다음의 표와 같다. 개략 공사비는 각 안의 경제성을 평가하기 위한 자료로서 실제계에서는 모든 공사비가 재산정된다.

(단위 : 천원)

| 공사항목 | | 제 1 안 | 제 2 안 | 제 3 안 |
|------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 케이블 | 관 로 | 3,228,047 | 3,233,488 | 2,990,668 |
| | 전력구 | 1,429,594 | 748,545 | 72,736 |
| | 소 계 | 4,657,641 (100%) | 3,982,033 (85.5%) | 3,063,404 (65.8%) |
| 관로매입 | 1공 | 722,266 | 735,586 | 765,861 |
| | 2공 | 120,118 | 166,124 | 171,822 |
| | 3공 | 178,961 | 138,181 | 139,720 |
| | 4공 | 90,234 | 160,112 | 15,333 |
| | 5공 | 6,042 | 45,716 | 79,120 |
| | 6공 | 104,855 | 0 | 34,264 |
| | 7공 | 83,502 | 0 | 0 |
| | 8공 | 0 | 78,844 | 0 |
| | 9공 | 0 | 57,861 | 28,648 |
| | 소 계 | 1,305,978 (100%) | 1,382,424 (105.9%) | 1,234,768 (94.5%) |
| 전력구 | 5,268,258 (100%) | 1,706,612 (32.4%) | 209,579 (4.0%) | |
| 맨 홀 | 565,095 | 570,224 | 557,876 | |
| 개폐기 | 753,840 | 753,840 | 753,840 | |
| 계 | 12,550,812 (100%) | 8,395,133 (66.9%) | 5,819,467 (46.4%) | |

각 안별 개략공사비는 총 선로연장과 전력구 시설길이에서 큰 차이를 보이고 있다. 특히 전력구 시설길이는 1안의 경우 1,171m, 2안의 경우 379m, 3안의 경우 47m로서 공사비 산정의 큰 비중을 차지하고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 대규모 신규주택단지의 효율적인 배전계통 건설을 위하여 부하의 산정과 이를 공급하기 위한 배전계통 구성방안 및 경제성을 평가하였다. 실제로 배전계통은 배전용 변전소의 위치에 따라 선로의 공장 및 연장에서 많은 차이를 보이고 있으며 이는 곧 건설비용 및 운영비용뿐만 아니라 고장확률과도 밀접한 관계가 있어 변전소의 건설시기, 위치, 용량 등과 관련된 배전용 변전소 계획은 경제적이고 고품질인 전력을 공급하는데 필수 불가결한 요인이다. 물론 부하의 중심점 가까이 배전소를 건설하기 위한 여러 가지 제약조건이 있다. 부지의 확보비용, 송전선로 인입비용 뿐만 아니라 부하밀집지역에 적합한 환경친화적인 변전소의 건설 등이 그것이다. 따라서 배전용 변전소를 포함한 배전설비의 건설계획은 이러한 면들이 종합적으로 검토된 후에 추진되어야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김준오, 박창호 "최적배전계획 수립을 위한 전산시스템 개발 및 적용연구(최종보고서)", 한국전력공사, 2000.
- [2] 김준오 "택지개발지구 변전소건설에 따른 배전계통 구성방안 보고서", 한국전력공사 기술보고서, 2002.