

토지용도에 따른 부하예측을 이용한 광주시 장단기 최적화 배전계획

강철원*, 김효상*, 박창호**, 김준오**
 *한전 전남지사, **한전전력연구원

**Kwangju City Long Term Distribution Planning Process
 using the Land use Forecasting Method**

Cheul Won Kang, Hyo Sang Kim, Chang Ho Park, Joon Oh Kim
 Korea Electric Power Cooperation

Abstract - The KEPCO is developing the load forecasting sysetm using land use simulation method and distribution planning system. Distribution planning needs the data of presents loads, forecasted loads, sub-statin.and distribution lines. Using the data, determine the sub-station and feeder lines according to the load forecasting data.

This paper presents the method of formulation processfor the long term load forecasting and optimal distribution planning. and optimal distribution planning. And describes the case study of long term distribution planning of Kwangju city accord to the newly applied method.

1. 서 론

배전계획은 부하증가에 대비하여 배전설비를 건설하는 업무를 총칭하며, 설비가 부족 또는 과다하지 않도록, 그리고 건설비 및 전력손실, 전압강하가 최소화 되도록 중장기적인 관점에서 계획되고 수립되어야 한다. 지금까지 전국적으로 동일한 업무를 처리함에 있어 과학적인 근거나 기술적인 계산없이 담당자의 경험, 직관 등에 의해 배전계획이 수립되어 왔고, 개인의 경험이나 능력에 따라 배전투자 규모가 좌우되고 있는 실정이며, 과·부족 투자에 의한 경제적 손실은 물론, 기술적인 투자근거의 부족으로 투자의 적정성을 확보하기 곤란한 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 한국전력에서는 배전계획 수립업무의 과학화와 표준화를 위해서 토지용도를 이용한 부하예측 시스템과 배전계획 시스템을 개발하고 있다. 토지용도에 기반한 부하예측 시스템은 토지용도를 일반 주거지역, 아파트지역, 고밀도 상업지역, 중밀도 상업지역, 저밀도 상업지역, 공업지역, 공공지역, 농업지역, 녹지지역, 무부하 지역 등 10개 용도로 구분하고 경제지표, 인구변동, 주택보급율, 부문별 생산액, 부문별 전력판매량, 미래 도지개발계획 등을 고려하여 연도별 최대전력수요 및 전력수요 증가율을 예측한다. 배전계획 시스템은 부하예측을 바탕으로 연도별 변전소 신,증설계획, 변전소 건설위치, 변전소별 공급구역 및 이에따른 회선계획을 수립하며 각종도면을 그래픽으로 출력한다. 출력이 가능한 도면은 연도별 부하밀도지도, 고압 수용가 및 변압기 위치도, 변전소별 최적 공급구역 지도, 토지용도 지도, 연도별 최적 계통도면 등이다.

본 논문에서는 배전계획의 기본이 되는 현재 부하 및 예측부하의 위치와 크기를 보다 정확히 산정하기 위해서 현재개발중인 토지용도를 이용한 부하예측 및 배전계획 시스템을 이용하여 광주시 전역을 250m × 250m 단위로 세분하여 토지용도를 판정하고 개발된 부하예측 알고리즘에 의해 부하예측을 시행하고 2020년까지의 장, 단기 변전소계획 및 회선계획을 수립한 결과를 분석하였

다.

2. 본 론

2.1 배전계획 수립절차

장기적인 배전계획을 수립하기 위하여 첫째, 현재의 최대부하의 크기와 위치를 정확히 파악하여 도면 위에 표기하고 부하예측 알고리즘에 의하여 산출된 전력수요 증가율 및 연도별 예측 신규부하를 적용하여 장래의 최대전력의 크기와 위치를 파악한다. 둘째, 연도별로 기 수립된 송변전 신증설 계획과 예측된 변전소별 총부하의 크기를 비교하여 공급가능 여부를 판단하고 변전소 용량이 부족할 경우 변전소가 신규로 건설될 수 있는 후보지 중 부하의 중심점에 가까운 후보지에 변전소를 추가하여 공급능력을 확보한다. 셋째, 최적 배전계획 프로그램을 이용하여 최적의 배전계통을 구성하고 변전소 인출개소 등 필요한 지역의 회선수를 산정한다. 넷째, 결과물을 출력하고 배전계획을 수립한다.

2.1.1 토지용도를 이용한 부하예측

KDI에서 예측한 GDP(Gross Domestic Product) 성장율을 이용하여 예측대상지역의 각 경제활동별 GRDP(Gross Regional Domestic Product)를 예측한다. 예측식은 각 경제 활동별로 동일한 수식을 적용한다.

$$GRDPi(t+1) = A + B_1GRDPi(t) + B_2GDP_{GR}(t+1)$$

*GRDPi(t) : 지역 경제활동별 GRDP

*GDP_{GR}(t) : KDI에서 예측한 국내총생산 성장률

각 A, B₁, B₂의 계수는 최소 승차법으로 결정 지역 총생산 예측치를 이용하여 각각의 용도별 판매전력량을 예측한다.

2.1.2 주택용 판매전력량 예측

$$PS_{RES}(t+1) = A + B_1GRDP(t+1) + B_2POP_{EST}$$

*PS_{RES}(t) : 주택용 판매전력량

*GRDP(t) : 지역 총생산

*POP_{EST}(t) : 지역 예측인구

2.2.3 공공용, 서비스업 판매전력량 예측

$$PS_{PUB}(t+1) = A + B_1GRDP_{PUB}(t+1) + B_2PS_{PUB}(t+1)$$

$$PS_{SER}(t+1) = A + B_1GRDP_{SER}(t+1) + B_2PS_{SER}(t+1)$$

*PS_{PUB}(t) : 공공용 판매전력량

*PS_{SER}(t) : 서비스업 판매전력량

*GRDP_{PUB}(t) : 예측된 공공용 지역 생산금액

*GRDP_{SER}(t) : 예측된 서비스업 지역 생산금액

2.2.4 농림어업, 광공업 공공용, 판매전력량 예측

$$PS_{AGR}(t+1) = A + B_1GRDP_{AGR}(t+1)$$

*PS_{AGR}(t) : 농림어업 판매전력량

*GRDP_{AGR}(t) : 농림어업 지역총생산

$$PS_{MAN}(t+1) = A + B_1GRDP_{MAN}(t+1) + B_2PS_{MAN}(t)$$

*PS_{MAN}(t) : 광공업 판매전력량

*GRDP_{MAN}(t) : 광공업 지역 총생산

2.2.5 지역 종합 판매전력량 예측

$$PS_{TOT}(t+1) = A + B_1GRDP_{TOT}(t+1) + B_2PS_{TOT}(t)$$

*PS_{TOT}(t) : 경제활동별 총 판매전력량

*GRDP_{TOT}(t) : 지역의 총생산

2.2.6 최대부하로 변환

기준년도의 총 판매전력량과 최대부하로부터 부하율을 계산하고 이를 예측된 판매전력량에 적용하여 최대부하를 산출한다.

2.3 기준연도 부하위치 및 크기 산정

부하는 크게 저압부하와 특고압 부하로 구분될 수 있으며 한전의 경우 저압부하는 부하관리 시스템에서 변대별로, 특고압부하는 요금관리 시스템에서 고압 고객별로 관리되고 있다. 각각의 부하는 모두 관리구 체계에 의하여 오차가 최대 50m인 위치정보를 가지고 있으며, 부하를 공급하고 있는 변전소 및 배전선로의 정보도 가지고 있다. 따라서 선로별로 합산한 개별부하의 최대부하 합과 선로의 최대 인출전력과의 종합 부동율을 산출하여 각각의 부하에 적용함으로써 선로별 부하의 총합과 선로의 인출 최대전력을 일치시킴으로써 기준년도의 최대부하 크기 및 부하의 위치정보를 완성할 수 있다.

종합부동율 = $\frac{\{D/L \text{ 변대 저압변대 최대전력의 합} (KVA) + D/L \text{ 특고압 최대부하의 합} (KVA)\} \times D/L \text{의 역율} \times D/L \text{간의 부동율}}{D/L \text{의 최대인출전력} (KW)}$

2.4 토지용도를 이용한 부하예측의 적용

2.2절에서 예측된 토지용도별 부하증가율을 적용하기 위하여 기준연도의 부하가 할당된 면적에 토지의 용도를 설정한다. 한전에서 개발중인 배전계획 시스템은 토지용도를 선택하고 해당지역을 마우스로 클릭하거나 드래그 함으로서 간단하게 토지용도를 입력하고 용도별 부하증가율을 입력 할 수 있다.

또한 연도별로 신규 공급되는 대규모 신규부하의 위치와 크기를 입력함으로써 부하예측을 수행한다.

2.5 변전소 계획수립

연도별로 최대부하와 변전소의 총 공급능력을 비교하여 부족용량을 산출하고 송변전 신증설계획과 비교 검토한다. 또한 부하의 분포 및 변전소의 후보지를 개략적으로 판단하여 변전소 후보지의 우선순위 및 용량을 결정한다.

2.6 D/L인출계획수립

부하 및 변전소 계획이 수립되면 부하점간에 현재의 계통구성을 기반으로 선로를 구성하고 배전계획 시스템 프로그램을 이용하여 최적 배전계통을 구성한다. 배전계통 해석결과를 검토하여 변전소 공급구역중 부하의 중심점, 투자비, 변전소 이용율, 손실, 전압강하등을 검토하여 데이터를 수정한후 반복계산을 수행함으로써 최적의 계통 구성안을 결정한다.

2.7 광주시 지역 사례연구

광주시 전역을 대상으로 토지용도를 이용한 부하예측 및 배전계획 시스템을 적용하였다.

광주시의 면적은 501.15km²에 이르며 3,950개의 소관리구(500m×500m)로 구성되어 있다.

토지용도	주거	상업	공업	공공	농업	녹지
관리구수	1,896	356	529	193	611	365
면적(km ²)						
구성비(%)	48.0	9.0	13.4	4.9	15.5	9.2

표1. 광주시 토지용도 현황

2.7.1 현재의 부하산정

배전계획을 수립함에 있어 가장 기본이 되는 업무는 현재 부하의 위치와 크기를 정확히 산정하는 것이며 광주시의 '99년 최대부하는 다음과 같다.

구 분	저압뱅크	특고수용	회선수
수 량	13,529대	2,653호	127개
총부하(MVA)	313.3	41701	

표2. 광주시 부하데이터

저압부하는 변대별로 전동부하의 경우 전력사용량을, 동력부하의 경우 계약전력에 기초하여 '99년도 하계부하시에 계산한 데이터이며, 특고압 부하의 경우 지난 12개월중 최대부하가 기록된 자료를 이용하여 산출하였다.

배전계획 시스템에서는 개별적인 부하의 자료가 방대하므로 회선계획을 수립하기위해 관리구별로 부하를 합산하여 하나의 부하점을 생성한다.

S/S명	'94년	'95년	'96년	'97년	'98년	'99년
총 장	97.8	122.2	126.9	126.1	128.1	129.2
계 량	93.6	97.0	113.0	104.0	100.0	127.3
북광주	101.0	118.0	117.0	117.0	86.0	102.6
농 성				60.9	59.0	87.5
남광주	98.0	101.0	113.0	115.0	92.0	118.0
비 아			39.5	56.8	48.0	87.7
하 남	132.8	125.4	171.0	182.8	126.0	158.0
평 동					12.9	24.8

표3. 광주시 지역 공급변전소 최대부하(MW)

변전소별 최대부하실적은 IMF이후 '98년에 최대부하실적이 감소 하였으며 '99년 하계 이후부터 회복추세에 있다.

하남공단을 공급하고 있는 하남변전소는 '97년 최대 182.8MW에서 '98년 126.0MW로 급격히 감소했다.

2.7.2 광주지역 전력수요 예측

전력수요예측을 시행하기 위하여 경제 활동별 광주시내 총생산액, 인구, 세대수, 세대당 인구수, 주택 보급율 택지 및 공단 건설계획 용도별 판매전력량 등을 이용하여 전력수요 증가율을 산출하고 토지용도를 입력하여 연도별 관리구별 최대부하를 예측한다.

구 분	'99년	'00년	'01년	'02년	'03년
일반주거	96	102	109	115	122
아 파트	107	113	120	127	134
공 공 용	41	45	48	52	56
서 비 스	248	272	299	329	358
농림어업	16	16	16	17	16
광 공 업	332	348	365	383	403
총 합	840	896	957	1,023	1,089

구 분	'04년	'05년	'10년	'15년	'20년
일반주거	128	135	169	196	216
아 파트	141	148	186	215	238
공 공 용	60	64	85	107	122
서 비 스	391	422	603	800	955
농림어업	16	16	15	15	14
광 공 업	419	435	520	591	621
총 합	1,155	1,220	1,578	1,924	2,166

표 5. 토지용도별 전력수요 예측결과(MVA)

전력수요 예측결과 광주시 지역은 서비스업이 발달하여 서비스업종이 가장많은 전력소비를 할것으로 예측된다.

또한 광주지역은 향후 5 ~ 6년간 수완지구, 신창지구, 첨단1지구, 첨단2지구, 평동지구 등에 주택개발 및

공단개발이 본격화 될것으로 예상되며 '10년에는 인구수가 현재 136만명에서 153만명, 주택보급율은 93.2%에 이를것으로 예상된다.

따라서 향후에는 전력수요가 광주시 외각지역인 하남공단, 첨단산업지구, 신창지구, 수완지구를 중심으로 급증할것으로 예측된다.

구 분	'99년	'00년	'01년	'02년	'03년
일반주거	14	7	6	6	6
아 파트	15	6	6	6	6
공 공 용	17	9	8	8	8
서 비 스	20	10	10	10	9
농림어업	11	3	0	0	0
광 공 업	13	5	5	5	5
평 균	15	7	6	6	6

구 분	'04년	'05년	'10년	'15년	'20년
일반주거	5	5	5	2	2
아 파트	5	5	5	2	2
공 공 용	7	7	6	3	2
서 비 스	9	8	7	4	3
농림어업	0	-1	-1	-1	-1
광 공 업	4	4	4	1	1
평 균	5	5	4	2	2

표 6. 토지용도별 전력수요 증가율 추이(%)

'99년부터 '10년까지는 5%이상의 높은 증가율이 예상되나 '10년 이후에는 수요증가가 포화상태가 되어 4%이하의 낮은 증가율이 예측된다.

2.7.4 최적화 변전소 신, 증설계획

년	송변전계획		최적화계획		조정 사유
	S/S명	용 량	S/S명	용 량	
'01	소 태	60×2	소 태	60×2	
'01	매 월	60×2	매 월	60×2	
'02	일 곡	60×2	일 곡	60×2	
'03	평 동	60×1	평 동	60×1	
'03			북광주	60×1	북광주S/S이용율75%초과
'03			수 완	60×3	하남S/S 이용율75%초과
'04	화 정	60×2	화 정	60×2	
'04	수 완	60×2			건설시기 조정 '04⇒'03
'05	송 정	60×2			건설시기 조정 '05⇒'08
'05	소 태	60×2			건설시기 조정 '05⇒'09
'05			풍 향	60×3	총장S/S 이용율75%초과
'06	화 정	60×1			증설시기 조정 '04⇒'09
'06	일 곡	60×1			증설시기 무기한 연기
'07	삼 소	60×2	삼 소	60×2	
'08	소 촌	60×2			건설시기 조정 '08⇒'13
'08	풍 향	60×2			건설시기 조정 '08⇒'05
'08			송 정	60×2	
'09			소 태	60×2	
'09			공 원	60×2	총장, 화정S/S 부하분리
'11	덕 흥	60×2			건설시기 무기한 연기
'12			화 정	60×2	화정S/S 이용율75%초과
'13	치 평	60×2			건설시기 무기한 연기
'13			비 아	60×1	비아S/S 이용율75%초과
'13			소 촌	60×2	하남, 수완S/S 부하분리
'14			풍 향	60×1	풍향S/S 이용율75%초과
'15			공 원	60×1	공원S/S 이용율75%초과
'17			농 성	60×1	농성S/S 이용율75%초과

표 8. 변전소 신, 증설시기 비교

배전계획 시스템에 의한 변전소별 최적화 공급구역.

변전소별 최대부하실적, 토지이용계획 등을 고려하면 변전소 신, 증설계획은 표 8과 같이 일부 수정되어야 한다. 즉 '03년에 북광주 변전소는 변전소 이용율 75%가 초과되어 변압기 증설이 요구되며, 하남공단 전력수요 급증으로 수완 변전소도 1년 앞당겨 건설이 시행되어야 할것으로 예측된다.

2.7.5 광주시 변전소 장기 송변전 신증설계획

인출회선수 검토결과 수완지구, 첨단2지구, 광주시 지역개발 등으로 표 9와같이 '03년 이후 회선수 증가가 뚜렷하다. '01년 소태, 매월변전소 인출회선수는 남광주 및 총장변전소 부하분리, 월드컵 경기장 전력공급을 위하여 각각 6회선 인출이 필요하다.

S/S명	'99	'00	'01	'02	'03	'05	'10	'15	'20
하 남	25	25	25	25	25	25	25	25	25
비 아	12	12	12	12	12	12	12	12	12
농 성	13	13	13	13	13	13	14	14	19
북광주	14	14	14	14	16	18	18	19	19
총 장	25	25	25	25	25	25	25	25	25
계 량	17	17	17	17	17	17	19	19	24
남광주	17	17	17	17	17	17	17	17	17
평 동	4	7	8	8	10	12	12	12	12
소 태			6	6	7	8	10	12	14
매 월			6	6	6	7	7	7	7
일 곡				5	5	6	7	7	8
수 완					9	11	11	11	11
화 정						9	10	12	14
풍 향						11	14	16	17
삼 소							6	7	7
송 정							11	11	11
공 원							12	16	18
소 촌								9	10
합 계	127	130	143	148	162	190	230	251	270

표 9. 연도별 인출 회선수

3. 결 론

배전계획수립시 정확한 현재부하 및 미래부하의 위치와 크기를 예측하는 일은 가장 기본이 되며 중요한 업무이다. 본 논문에서는 보다 정확한 현재 및 미래의 부하를 산정하기 위하여 한전에서 관리하고 있는 저압부하관리 시스템 및 요금정보 시스템에서의 개별부하 위치와 크기를 이용하여 현재의 부하를 산정하고, 토지용도를 이용한 시뮬레이션 기법의 부하예측을 통한 배전계획 수립절차를 제안하였다.

[참고문헌]

- [1] 박창호, 김준오, "최적 배전계획수립을 위한 전산시스템 개발 및 적용연구" 1999
- [2] 최병윤, 김병숙, "신경회로망을 이용한 배전부하 수요예측연구" 1998
- [3] 한전 전원계획처, "장기송변전 건설계획" 1999