

The Study on Economic Evaluation for Investment Cost When the Distribution Automation System is Applied

河 福 男* · 韓 鏞 熙** · 韓 秉 誠*** · 李 興 浩§
 (Bok-Nam Ha, Yong-Huei Han, Byoung-Sung Han, Heung-Ho Lee)

Abstract - Before expanding of distribution automation application to distribution network, we must examine whether there are economical effect. Investment expense for distribution automation can be divided into facility investment expense, maintenance expense, communication expense, investment expense etc. Effect of distribution automation can classify by effect that can convert into money and effect that can not convert into money. Representative effect is outage time decrease effect, distribution line loss decrease effect, main transformer upload effect, distribution line upload effect, work environment improvement effect of lineman and so on. This paper studied economical effect and break-even point for investment expense by using data that acquire in KEPCO's distribution network.

Key Words : Distribution automation, Benefit/cost analysis, Maintenance cost, Payback year, Loss minimization

1. 서 론

배전자동화가 도입됨으로써 얻는 효과는 직접 돈으로 환산될 수 있는 정량적인 효과와 업무능률 향상 등으로 대표되는 정성적인 효과로 구분된다. 본 논문에서는 배전자동화가 적용되었을 때 돈으로 계산될 수 있는 정량적인 효과를 분석하였다. 그 내용으로서 원격감시제어가 이루어짐으로써 정전이 축소되어 얻게 되는 지장전력량 감소효과, 배전선로 부하의 균등운전 및 상시연계점 최적 배치로 인한 선로손실 감소효과, 배전선로의 공급용량을 균등하게 상향 운전함으로써 배전선로의 건설을 지연하는데 따르는 배전선로 신증설 억제효과, 전력용변압기에 걸리는 부하를 용량 범위내에서 상향 운전할 수 있도록 배전계통을 적정하게 구성하는데 따르는 주변압기 신증설 억제효과 등이 있다. 배전자동화를 통해 경제적 효과를 얻으려면 그에 상응하는 상당한 투자비가 소요된다. 가장 큰 것이 설비 투자비이며, 유지보수비, 통신비, 개발비 등이 수반된다. 본 논문에서는 실제 배전자동화에 투자된 비용과 경제적 효과를 누적 비교하여 손익분기점을 검토하였다.

2. 배전자동화 도입효과

2.1 지장전력량 감소효과

배전자동화 운전은 기본적으로 개폐기의 조작을 현장에 가

지 않고 컴퓨터와 통신을 이용하여 원격으로 수행하는 것이다. 특히 최근처럼 도심권의 교통 체증으로 현장출동이 지연되는 도심지역과 출장소가 폐지되어 출동거리가 먼 농어촌 지역 배전선로의 개폐기를 현장에 출동하지 않고 원격으로 조작할 수 있기 때문에 현장 근무자에게나 수용가에게 좋은 반응을 얻고 있다. 자동화시스템이 도입된 10개 사업소의 실제 제어시간을 분석한 결과 고장처리시에 기존의 수동개폐기 만으로 처리하는 시간은 73분이 소요되었다.

그러나 원격제어가 이루어진 이후에는 배전선로간 절체 가능여부를 판단하는 시간까지 포함하여 처리하는 시간은 6분으로 단축되었다. 따라서 결과적으로 배전자동화 도입에 따른 고장처리시간은 67분이 단축되게 된다. 배전자동화 운전을 하게 되면 고장이 발생하였을 때 현장에 출동하지 않고도 원격조작을 통해 신속하게 고장구간을 분리하고 건전한 구간은 다른 선로로부터 전기를 공급받게 되어 정전시간을 감축할 수 있다. 이렇게 되면 당연히 정전시간이 줄어든 시간에 해당하는 만큼의 전력판매량의 증가를 배전자동화 운전의 직접적인 효과로 들 수 있다. 배전자동화에 의한 판매전력 증가량 계산은 다음과 같은 방식으로 이루어진다. 공급지장 전력 감소에 의한 판매전력량 증가량은 연간 총정전건수에 자동화에 의한 정전 단축시간 67분을 곱하고, 거기에 건당 정전시간이 단축된 건전구간의 평균 정전호수를 곱하고, 여기에 호당 연평균 고객부하를 다시 곱하는 방식으로 계산하였다. 연간 공급지장 전력량의 계산식은 아래와 같다.

$$\text{일시정전 건수} \times \text{평균 정전단축 시간} \times \text{평균 자동회복구 정전호수} \times \text{호당 평균 부하}$$

$$365 \times 24 \times 60$$

다음 <표 1>은 상기 산식에 따라 배전자동화에 의한 고장 정전시 지장전력 감소량 및 비용을 각 지사별로 계산한 것이다. 이것에 따르면 배전자동화를 도입함으로써 얻어지는 직접적인 지장전력량 감소는 전국적으로 연간 6.4억원에 달하는

* 正 會 員 : 韓 電 電 力 研 究 院 責 任 研 究 員
 ** 正 會 員 : 韓 電 電 力 產 業 構 造 調 整 室 構 構 改 編 팀 長
 *** 正 會 員 : 全 北 大 工 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博
 § 正 會 員 : 忠 南 大 工 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博
 接 受 日 字 : 2002 年 9 月 2 日
 最 終 完 了 : 2003 年 6 月 12 日

것으로 평가되며, 향후 10년간의 효과를 종합하면 원격감시 제어에 의한 지장전력량 감소효과는 64억원에 이른다. <표 1>에서 고객 수는 3분할 3연계 기준에 따라 회선당 고객수의 2/3가 배전자동화에 의해 67분 가량의 고장시간이 감소되는 것으로 계산하였으며, 대구, 부산, 경기지사의 경우 산업용 공장들의 호당 부하가 높으므로 호당 연평균 고객부하가 높은 것으로 나왔다. 또한 공장이 긴 지방사업소는 농촌가구들의 호당 부하가 크지 않으므로 한 회선에 많은 가구를 수용할 수 있고 따라서 전남, 강릉, 경북지사 등의 지방사업소는 회선당 고객수가 비교적 많은 것으로 계산되었다. 한편 배전자동화에 의한 지장전력량 절감효과가 큰 사업소는 비교적 일시고장건 수가 많고 호당 평균고객부하가 큰 경기, 전남, 대구 등의 지사로 나타났다.

<표 1>에서는 정전 발생으로 인한 손해 금액을 전력회사가 공급하지 못하는 지장전력량에 판매단가를 곱하여 계산하였다. 그러나 수용가 입장에서나 국가 차원에서 보면 잠깐 동안의 정전이 미치는 영향은 이보다 훨씬 큰 것이 사실이다. 1분미만의 정전으로 컴퓨터에 저장하지 못한 데이터를 다 잃어버리기도 하고, 수 시간의 정전으로 양어장의 물고기가 폐죽음을 당하기도 하며, 어떤 공장은 순간의 정전 때문에 생산중이던 제품 모두를 폐기해야 하는 경우도 있다. 따라서 외국에서는 이러한 경우에 지장전력감소비용에 수십 배를 곱하여 전력공급지장 감소금액으로 계산한다. 따라서 이러한 기준을 적용하면 <표 1>의 연간 지장전력감소비용 6.46억원의 50배인 연간 323억원을 공급지장전력 감소비용으로 산정할 수도 있다. 그러나 본 논문에서는 50배를 적용하는 근거가 아직까지 국내에서 정립되지 않은 상태이므로 전력회사 차원에서 순수하게 정전시간을 감소시킴으로써 얻게 되는 지장전력량 감소비용만으로 경제적 효과를 계산하고자 한다.

표 1 지장전력량 감소효과 (2000년말 기준)

Table 1 Effect of power outage reduction (based 2000)

구분	일시고장(건)	고객수(천호)	자동화복구호수(호/건)	판매전력(백만kwh)	호당평균부하(Mwh/년)	년간공급지장전력량(Mwh)	판매단가(원/kwh)	지장전력감소비용(만원)
서울	242	2,735	1,793	31,580	11.5	639	97	6,226
경기	350	1,513	1,574	30,349	20.0	1,408	74	10,446
인천	132	994	1,701	18,532	18.6	533	76	4,026
강원	81	290	2,174	2,899	10.0	224	79	1,765
충북	85	633	2,386	10,728	16.9	438	66	2,897
충남	202	1,152	1,786	17,540	15.2	700	72	5,050
전북	122	76	2,541	10,589	13.8	546	69	3,753
전남	223	1,301	2,695	18,689	14.4	1,100	69	7,558
대구	217	1,416	1,642	32,436	22.9	1,040	68	7,042
경남	110	1,025	2,408	13,051	12.7	430	73	3,118
부산	146	1,492	1,749	33,628	22.5	733	69	5,075
제주	43	206	2,554	1,704	8.2	115	86	997
강릉	65	369	2,618	6,726	18.2	395	62	2,449
경북	48	392	3,492	2,094	5.3	114	77	874
경기북부	125	684	1,958	8,984	13.1	410	83	3,388
합계	2191	14,975	1,938	239,529	16.0	8,658	75	64,643

2.2 특고압 배전선로 손실감소 효과

2.2.1 특고압 배전선로 손실

한전 경영정보처에서 발간한 2001년도 '경영통계'의 손실 전력량 분석에 따르면 <그림 1>에서 보는 바와 같이 전체 발전량 266,399,058(MWh)중에서 약 90[%]만이 판매되고 10[%]는 소내전력, 양수전력 및 송·배전 손실로 소비됨을 알 수 있다. 다시 배전손실 1.77[%]는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 배전변압기 0.71[%], 저압선 0.34[%], 계기 0.11[%], 도선 등 기타 0.09[%]와 함께 특고압 선로에서 발생하는 손실 0.52[%]로 구성된다. 즉, 특고압 배전선로에서 전체발전량의 0.52[%]인 1,385(GWh)가 $P_{loss} = I^2R$ 로 손실되고 이를 돈으로 환산하면 연간 1000(억원) 가량이 된다.

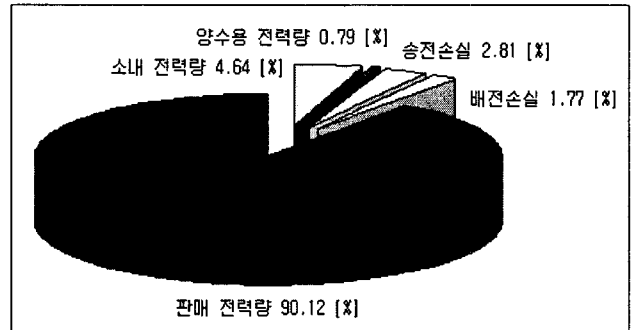


그림 1 손실전력량 분석

Fig. 1 Analysis of distribution power loss

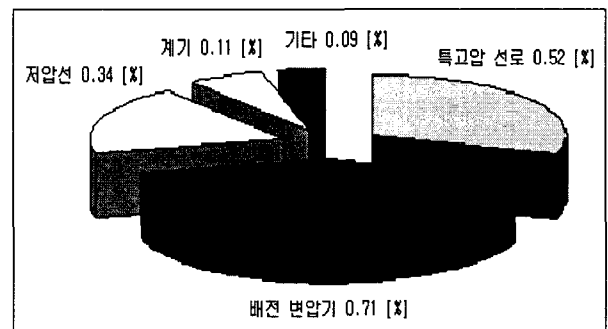


그림 2 배전손실의 구성

Fig. 2 Classification of distribution power loss

2.2.2 상시연계점 최적화에 의한 손실 감소

배전계통은 방사상으로 운전되므로 어느 개폐기를 상시개방점으로 하느냐에 따라 손실이 달라진다. 최적의 상시 연계점을 탐색하여 배전선로를 재구성하는 일은 대표적인 조합최적화 문제로서 제한된 시간 내에 최적해를 탐색하기 위하여 분지한계법, 분기교환법, 시뮬레이티드어닐링, 전문가시스템, 타부 썬치 및 유전알고리즘 등이 사용된다.

2.2.3 향후 10년간 손실감소 금액

어느 한 시점을 기준으로 한 손실절감금액은 아래 식과 같이 계산하면 되지만, 향후 10년간을 생각한다면 총발전량, 특고압선로 손실율, 손실절감율 및 판매단가가 모두 변화할 것이므로 이러한 요인들이 고려되어야 한다.

$$\begin{aligned} \text{손실전력량} &= \text{최대전류의제곱}(I_m^2) \times \text{전선의저항}(R) \times \text{손실계수}(H) \\ \text{손실절감비율} &= \frac{\text{계통재구성후손실}}{\text{계통재구성전손실}} \\ \text{손실절감비용} &= \text{총발전량} \times \text{특고압선로손실비율} \times \text{판매단가} \times \text{손실절감비율} \end{aligned}$$

(1) 총 발전량

산업자원부에서 발표한 제5차 장기수요예측을 참고하면 과거 10년간 연간 발전량 실적치와 향후 10년간 예측치는 <그림 3>과 같다.

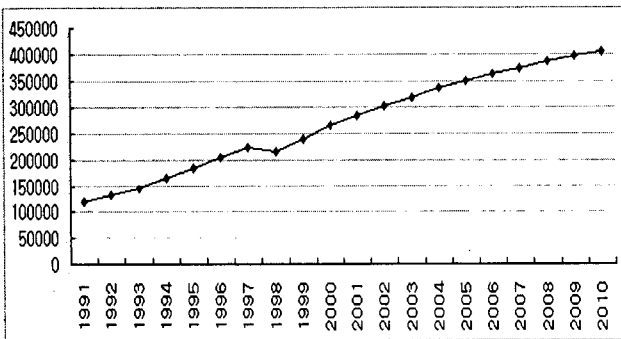


그림 3 연간 발전량 실적치 및 예측치

Fig. 3 Amount of electric power generation

(2) 특고압 선로 손실 비율

송배전 손실율은 1990년 5.60[%]에서 2000년 4.71[%]로 감소했으므로 같은 비율의 감소를 향후 10년간 특고압 선로 손실에 적용하여 2000년 0.52[%]에서 2010년 0.44[%]까지 단계적으로 감소하는 것으로 계산하였다. 이것은 실제보다 가혹한 조건으로서 전체적인 경제적 효과를 감소시키는 방향으로 작용한다. 향후의 선로손실을 정확히 예측하는 것은 불가능하지만 최근 3년간의 선로손실 변화는 1997년 4.85[%], 1998년 4.90[%], 1999년 5.00[%], 2000년 4.71[%]로 3년간 별다른 변동을 보이지 않았다는 것을 보면 그 낙폭이 지수함수적으로 감소함을 알 수 있다. 특히 특고압 선로 손실은 전선의 저항성분 외에는 별다른 감소요인이 없다.

(3) 손실 절감비율

서로 연계되어 있는 배전선로 사이의 상시 개방점을 적절하게 재배치하면 특고압 선로의 손실이 줄어든다. 논문에 따르면 일본 동경전력은 8[%], 미국은 Kigston P.U.C의 경우 8.8[%]와 펜실바니아 전력회사의 경우 14.6[%]가 줄어든다고 보고하고 있다. 한국에서는 대도시, 중소도시, 농어촌 3개 지역을 대상으로 배전자동화 시스템에 탑재된 손실최소화 프로그램을 가지고 실제용 데이터를 사용하여 분석하였다. 이 프로그램은 유전알고리즘으로 개발되어 계산 속도가 빠르지 않아 해당 사업소의 모든 배전계통을 대상으로 계산을 수

행하지 못하고 일부 지역만을 대상으로 하였다.

일반적으로 배전선로의 전력손실을 계산할 때 최대부하전류를 가지고 손실을 계산한 후에 여기에 손실계수(H)를 곱해서 실제 손실전력을 구한다. 그래서 손실최소화 프로그램에 이것을 반영하여 피크전류를 가지고 손실을 계산하고 여기에 손실계수를 곱하여 실제 손실을 구하도록 하였다. 이 식으로 계통 재구성 전과 계통 재구성 후의 손실전력을 구하고, 손실감소 비율을 계산하여 전체 판매전력량에 곱함으로써 연간 손실감소효과를 계산하였다. 손실이 얼마나 감소하는지를 확인하기 위해 3개의 대상사업소를 선정하였으며, 농어촌 지역의 모델로 한전 해남지점, 중소도시의 모델로 한전 경기지사, 대도시지역의 모델로 한전 강동지점을 선택하여 프로그램을 수행하였다. 프로그램 수행을 통해 얻은 손실감소율은 해남지점 15[%], 경기지사 10[%], 강동지점 8[%]였다. 이를 평균하여 10[%]를 적용한다.

(4) 판매단가

전력 1[kWh]당 판매단가는 1990년 52.94원에서 1999년 74.65원까지 해마다 평균 4.56[%]씩 증가해 왔다. 향후 10년간 판매단가가 어떻게 변화할지를 예상하는 것은 여러 가지 경제적, 사회적, 정치적 상황과 관련된 매우 어려운 일이다. 본 연구에서는 최소로 고려하여 매년 1[%]씩 증가한다고 가정한다. 판매단가 상승률을 낮게 설정하는 것도 전체적인 경제적 효과를 감소시키는 조건이다.

이상의 선로손실 절감액을 집계하면 <표 2>와 같으며, 향후 10년간 특고압 선로의 손실절감 금액은 1,331억원에 달하는 것으로 검토되었다.

표 2 향후 10년간 특고압 선로손실 절감액

Table 2 Amount of money by decreasing the feeder loss during 10 years

연도	총발전량 (GWh)	선로손실율 (%)	판매단가 (원/kwh)	손실저감율	손실절감액 (억원)
2001	283,982	5.12	76.15	0.1	111
2002	302,441	5.04	76.91	0.1	117
2003	319,370	4.96	77.68	0.1	123
2004	335,666	4.88	78.45	0.1	128
2005	350,099	4.80	79.24	0.1	133
2006	363,403	4.72	80.04	0.1	137
2007	374,305	4.65	80.84	0.1	140
2008	385,535	4.57	81.64	0.1	144
2009	396,330	4.50	82.46	0.1	147
2010	406,238	4.43	83.28	0.1	150
향후 10년간 특고압 선로손실 절감액 합계					1,331

2.3. 전력설비 신증설 억제효과

2.3.1 설비 이용율과 장기부하 예측

배전선로계획프로그램(DISPLAN)을 활용하여 2001년도 중장기 배전계획 작업에 참가한 20여개 배전사업소에서 제출한 하계 피크부하, 주변압기 용량, 선로수 등을 고려한 설비 이용율 집계결과를 <표 3>과 같다. 이 표에 따르면 주변압기의 평균이용율은 71[%], 선로의 평균이용율은 62[%]이다.

주변압기 용량은 고장시를 대비하여 자기 용량의 80[%]를 기준으로 하였고, 배전선로별 공급부하량은 평상시 기준 10,000(KW)를 기준으로 하였으며, 선로수에는 선방선로와 예비선로 및 수용가 전용선로는 제외하였다.

표 3 사업소별 설비 이용률

Table 3 The utilization rate of equipment in each B/O

사업소명	주변압기 용량	하계피크부하	주변압기 이용률	총 D/L 수	D/L 평균 부하량 (MW)	D/L 평균 이용률
강원	240	202.1	84	24	8.42	84
경기북부	384	264.6	69	38	6.96	70
경기	745	440.4	59	90	4.89	49
경남	800	605.7	79	76	7.97	80
경북	144	109.3	79	14	7.81	78
군산	528	219.5	42	36	6.10	61
대구	801	531.6	66	89	5.97	60
마산	510	288.3	57	38	7.59	76
부산	684	421.2	62	68	6.19	62
서대전	868	451.6	52	103	4.38	44
안양	912	567.6	62	105	5.41	54
여수	320	214.4	67	35	6.13	61
울산	800	781.5	70	110	7.10	71
인천	144	440.9	41	79	5.58	56
전북	528	454.9	69	63	7.22	72
제주	801	326.8	46	66	4.95	50
충남	510	481.0	65	83	5.80	58
충북	684	588.3	58	74	7.95	80

표 4 제5차 장기 전력수급 계획

Table 4 The fifth electric power demand-supply plan

구분	판매전력량		최대전력	
	GWh	증가율(%)	MW	부하율(%)
2000	224,174	6.2	40,179	71.0
2001	238,999	6.6	43,207	70.5
2002	254,612	6.5	46,336	70.1
2003	268,856	5.6	49,228	69.7
2004	282,487	5.1	52,120	69.2
2005	294,736	4.3	54,748	68.8
2006	305,972	3.8	57,249	68.3
2007	316,112	3.3	59,585	67.9
2008	325,679	3.0	61,875	67.4
2009	334,681	2.8	64,103	66.9
2010	343,164	2.5	66,318	66.3

2.3.2 주변압기 신증설 억제효과

(1) 최대 절감 가능금액

〈표 4〉에 나타난 제5차 장기 전력수급 계획을 참고하면 2000년 최대부하는 40,179(MW)이나 2010년에는 66,318(MW)으로 증가한다. 〈표 3〉의 사업소별 설비 이용률을 참고하면 주변압기 평균 이용률이 71[%]인데 2010년에도 현재와 같은 비율로 설비를 이용하여 이용률이 여전히 71[%]를 유지한다면 향후 10년간 증설해야하는 주변압기 용량은 다음 식과 같이 계산하였을 때 36,815(MW)가 된다.

$$\frac{10\text{년후 최대부하}}{10\text{년후 MTR 이용률}} - \frac{\text{현재 최대부하}}{\text{현재 MTR 이용률}} = \frac{66,318}{0.71} - \frac{40,179}{0.71} = 36,815(\text{MW})$$

그런데 정확한 부하예측을 통하여 이용률을 100[%]로 향상 할 수 있다고 가정하면(여기서 100[%]라는 의미는 고장을 대비하여 실제로는 자기용량의 80[%]를 거는 것으로서, 예를 들어 주변압기 용량이 45/60이라고 하면 자기용량 60MVA의 80%인 48MVA까지만 부하를 거는 것을 의미함), 향후 10년간 증설해야 하는 주변압기 용량은 다음 식과 같이 계산하여 36,815(MW)로 감소된다.

$$\frac{10\text{년후 최대부하}}{1} - \frac{\text{현재 최대부하}}{\text{현재 MTR 이용률}} = 66,318 - \frac{40,179}{0.71} = 9,727(\text{MW})$$

10년 후 주변압기 이용률을 100[%](주변압기에 걸리는 부하가 주변압기 용량의 80%에 이룬다는 의미와 같음)로 향상하면 36,815-9,727=27,088(MW)의 주변압기의 신증설을 억제할 수 있으며, 주변압기 1(MW)당 건설비용을 3,400만원으로 계산하면 9,209 억원을 절감할 수 있게 된다.

(2) 배전자동화 시스템과 주변압기 이용률 향상의 관계

10년 후 우리나라 전역의 정확한 부하밀도 맵을 예측할 수 있다면 적절한 위치에 변전소를 건설하여 최소의 변전용량으로 부하에 전력을 공급할 수 있다. 따라서 정확한 부하예측은 주변압기 이용률 향상의 가장 중요한 요소가 된다. 중장기 부하예측은 기법에 따라 조금씩 다르지만 우리나라 전체를 바둑판처럼 잘게 나누고 각각의 셀에 대하여 현재부하를 초기치로 토지용도, 인구, 국가경제지표, 지역별 경제활동지표와 도로의 인접도 등 지형요소를 고려하여 예측한다. 여기서 현재부하가 초기치로 사용되므로 현재부하의 정확도가 전체 부하예측의 정확도에 큰 영향을 미친다. 다시 말하면 실제 현장 데이터를 취득하는 배전자동화 시스템은 정확한 현재부하를 제공하게 되어 부하예측 시스템의 정확한 예측결과를 도출할 수 있고, 정확한 부하예측은 주변압기 투자계획에 효율화를 유도하여 설비 이용률 향상에 기여한다.

(3) 주변압기 신증설 억제 효과의 경제적 효과

주변압기 설비 이용률 향상에 배전자동화 시스템의 기여하는 정도를 약 10[%]라고 보면 상기 계산금액 9,209억원의 10[%]인 921억원을 10년동안 절감하는 효과가 있다.

2.3.3 배전선로 신증설 억제효과

(1) 최대 절감 가능금액

〈표 4〉에 나타난 제5차 장기 전력수급 계획을 참고하면 2000년 최대부하는 40,179(MW)이고 2010년에는 66,318(MW)으로 증가한다. 〈표 3〉의 사업소별 설비 이용률을 참고하면 2000년도의 배전선로 평균 이용률이 62[%]인데 2010년에도 현재와 같은 비율로 설비를 사용하여 이용률이 여전히 62[%]를 유지한다면 향후 10년간 증설해야하는 선로 용량은 다음 식과 같이 계산하였을 때 42,160(MW)가 된다.

$$\frac{10\text{년후 최대부하}}{10\text{년후 선로 이용률}} - \frac{\text{현재 최대부하}}{\text{현재 선로 이용률}} = \frac{66,318}{0.62} - \frac{40,179}{0.62} = 42,160(\text{MW})$$

그런데 정확한 부하예측을 통하여 배전선로의 이용율을 평상시 공급용량의 10[MW]까지 높인다고 가정하면 향후 10년간 증설해야 하는 주변압기 용량은 다음 식과 같이 계산하여 18,092[MW]로 감소된다.

$$\frac{10\text{년후 최대부하}}{0.8} - \frac{\text{현재 최대부하}}{\text{현재 MTR 이용율}} = \frac{66,318}{1} - \frac{40,179}{0.62} = 1,513[\text{MW}]$$

10년 후 선로 이용율을 100[%]로 향상한다는 것일 일견 과하게 보일 수 있으나 1년중의 최대부하를 배전선로의 평상시 운전용량인 10[MW]로 상정한 것이므로 일반적으로 걸리는 부하는 이것보다 적을 것이 분명하다. 따라서 42,160-1,513= 40,647[MW]의 선로용량을 억제할 수 있고 선로당 공급용량을 10[MW], 부동률을 1.2, 선로당 건설비용을 4억 3천만원으로 고려하면 다음 식으로 계산하여 2조 원을 절감할 수 있다.

$$\frac{40,647 \times 1.2}{10} \times 430,000,000 = 2,097,385,200,000[\text{원}]$$

(2) DAS가 선로 신증설 억제에 기여하는 경제적 효과

배전선로의 공급용량은 사고 대비능력에 의해 결정된다. 즉, 어느 선로에 부하가 증가할 때 선로를 신설해야 하는지 아니면 현재설비로 공급할지를 결정하는 것은 첫째 이웃한 연계선로에서 고장이 발생했을 때 부하를 절체 받을 수 있는 공급여유용량을 확보하고 있는지와 둘째 자기선로에서 고장이 발생했을 때 부하측의 진전한 정전구간이 이웃한 연계선로로 절체 될 수 있는지에 의해 결정된다. 선로의 복구능력 평가방법에 관한 연구는 완료된 상태인데 여기서 가장 중요한 변수는 정확한 구간별 최대부하이다. 정리하면, 구간의 최대부하를 정확히 알면 부하 증가시 상시개방점의 변경을 통해 사고에 대비 부하절체 능력을 확보하면서 설비를 증설하지 않고 증가된 부하를 수용할 수 있다.

(3) 경제성

배전선로의 이용율 향상은 배전자동화 시스템의 가장 중요한 목적이고 모든 기능은 이를 위해 실행된다고 볼 수 있으므로 배전자동화의 기여도가 50[%] 정도라고 판단되며, 이는 약 1조원에 이르는 경제적 효과로 사출된다.

2.4 배전자동화 투자비 대 손익분기점

배전자동화 시스템을 전 사업소에서 운전하기 위해서는 초기 투자비가 많이 소요된다. 1998년부터 투자된 비용은 <표 5>와 같으며, 앞으로도 당분간은 소규모 시스템을 대규모 시스템으로 업그레이드 시켜야 하고, 원격운전이 가능한 자동화 개폐기의 숫자도 늘려야 하기 때문에 <표 6>과 같이 투자는 계속되어야 할 것이다. 또, 현장 사업소에서는 통신비용이나 시스템 유지보수 비용 등 계속해서 지출해야 하는 운전비용이 소요될 것이다.

표 5 연도별 투자현황 (단위:억원)

Table 5 Investment condition every year

구분		'98	'99	2000	2001	소계
적용 사업수	소규모	18	66	61	29	174
	대규모		1	1	1	3
자동화개폐기(대)		896	4390	2951	2780	11,017
소요예산(억원)		46	397	277	356	1,076
원격제어율(누계, %)		5.0	29.4	45.8	61.2	D/L당 3.5대 기준
		1.1	6.6	10.3	13.8	총 개폐기수 8만대 기준

앞에서 검토한 경제적 효과를 종합하면 <표 7>과 같다. 배전자동화 도입효과를 산정할 때 반드시 염두에 두어야 할 것은 지장전력비용 감소효과를 제외한 다른 항목은 종합 배전자동화가 도입되어야만 경제적인 효과가 나올 수 있다는 것이다. 단순히 원격감시제어 운전만으로는 지장전력 감소비용 외에 다른 효과는 기대하기가 어렵다.

표 6 연도별 예상투자비용 및 유지비용 (단위:억원)

Table 6 Cost of investment and maintenance every year

구분	'01 이전	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	소계
설비 투자비	1076	393	259	215	172	300	300	300	250	250	250	3765
유지보수 비용	0	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	475
연구개발 비용	113	2	4	2	3	3	3	3	3	3	3	142
통신비용	36	42	49	55	61	67	73	79	85	88	91	726
계	1225	462	342	307	276	415	426	437	398	406	414	5108

이러한 종합시스템은 2001년까지는 3개 사업소, 2002년도에 서울시내 9개 지점에 설치될 예정이므로 경제적 효과는 2003년도부터 나올 수 있다고 계산하였다. 또, 2006년부터 3년동안에 기설 소규모시스템을 종합배전자동화시스템으로 업그레이드하는 것으로 투자비를 산정하였으며, 자동화개폐기의 설치대수는 2005년까지는 선로당 3.5대를 기준하여 총 19,000대 정도가 설치되는 것으로 하였고, 2006년부터 2011년까지 5개년에 걸쳐서 선로당 5.5대 기준으로 개폐기를 증설하여 2011년에는 29,000대의 자동화개폐기가 설치되는 것을 가정하여 투자비를 산정하였다. 투자비 산정시에 가공개폐기 1대당 구입비는 2000년 기준으로 370만원이지만 FRTU 및 모델구입비, 설치공사비, 시험비 등을 포함하여 가공개폐기 1대당 제반 투자비는 개폐기 값의 2.5배에 이르는 900만원으로 계산하였으며, 지중개폐기 구입비용은 2001년 기준으로 1,400만원이지만 이것도 개폐기 값의 1.6배에 이르는 2,250만원으로 계산하였다.

표 7 연도별 경제적 기대효과 (단위 : 억원)

Table 7 Economical benefit every year

구분	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	소계
지장전력량 감소효과	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	70
배전선로 손실 감소효과	0	0	13.3	13.3	13.3	53.2	93.2	133	133	133	133	719
M.Tr 이용률 향상효과	0	0	9	9	9	37	65	92	92	92	92	497
배전선로 투자지연효과	0	0	100	100	100	400	700	1000	1000	1000	1000	5400
계	6.4	6.4	129	129	129	497	865	1231	1231	1231	1231	6686

이상의 결과를 바탕으로 손익분기점을 그려보면 <그림 4>와 같다. 손익분기점은 여러 가지 경제적인 효과를 제공하는 종합 배전자동화 시스템으로 시설치된 소규모시스템이 언제 업그레이드되느냐에 따라서 변하게 되므로 가능하면 이 시점을 앞당기는 것이 바람직하다. 분석결과로는 2009년도에 가야 손익분기점이 나오는 것으로 되어 있으나 기존의 소규모시스템을 종합자동화시스템으로 업그레이드하는 시점을 2006년도에 시작하여 2008년에 끝나는 것으로 가정하였기 때문에 2009년이 된 것 일뿐, 업그레이드 시점이 변경되면 손익분기점도 당연히 달라질 것이다. 즉 종합자동화시스템으로 업그레이드가 끝나면 곧 바로 경제적인 효과가 큰 폭으로 창출되어 투자비보다 경제적 효과가 더 많아진다는 것이다.

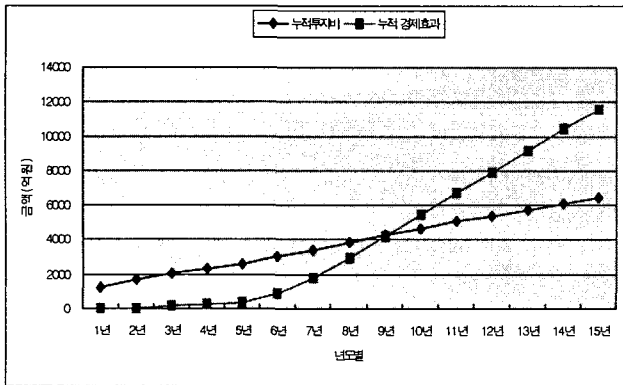


그림 4 배전자동화 투자효과 손익분기점
Fig. 4 Break-even point of DAS invest vs. benefit

이제까지 검토한 배전자동화 도입효과를 요약하면 원격운전으로 인한 지장전력량 감소효과는 매우 미미하였으며, 배전계통을 효율적으로 운전하는 부가기능을 사용하여 배전선로의 이용률과 주변압기의 이용률을 높이고 배전계통의 손실을 감소시키는 방향에 주안점을 두어야 만 큰 경제적 효과를 기대할 수 있다. 또, 상기 <그림 4>에서는 2015년까지만 투자비 대 효과의 손익분기점을 비교하였지만 시간이 지날수록 투자비에 비해 얻게 되는 경제적 효과는 더욱 커진다는 것을 추측할 수 있다. 따라서 배전자동화 시스템의 도입은 빠르면 빠를수록 좋으며 단순한 원격감시제어 기능을 구현하는 소규모시

스템은 빨리 배전계통 최적운전 기능을 갖고 있는 종합배전자동화 시스템으로 업그레이드되어야 한다.

이와는 성격이 약간 다르지만 배전자동화 시스템을 국산화 개발함으로써 인해서 향후 해외수출 효과를 기대할 수 있다. 국산화된 배전자동화 시스템은 일본이나 서구시스템에 비해 매우 저렴하며 성능도 뒤지지 않는다. 수년동안 배전자동화를 사업소에 확대 적용하면서 사내나 사외에 관련기술의 축적이 충분히 이루어졌으며, 이러한 경험을 바탕으로 최근 국내 제작업체들이 해외로 진출하기 위한 노력을 적극적으로 기울이고 있다. 성능이 우수하고 가격까지 저렴하다면 배전자동화 사업의 시행 초기에 있는 중국을 비롯한 동남아 국가나 남미 등으로 해외시장이 개척될 가능성은 충분히 있다고 본다. 배전자동화 시스템은 중앙제어장치와 개폐장치, 단말장치 및 통신장치 등으로 구성되므로 해외시장이 개척될 경우 국내 중전기업체도 당연히 참여하게 되어 국내 산업의 수출증대 효과가 크게 기대된다.

3. 결 론

배전자동화를 도입할 때 예상했던 경제적 효과는 고장이 발생하였을 때 현장에 출동하지 않아도 즉각적인 상태파악과 원격제어가 가능하여 신속하게 정전시간과 정전구간을 줄임으로서 얻게 되는 지장전력량 감소효과가 가장 클 것으로 생각했었다. 그러나 과거 십여년간 배전설비 투자가 지속적으로 이루어졌기 때문에 고장건수가 대폭 줄어들어서 정전시간 감소 효과는 크지 않다는 것을 알게 되었다. 다양한 관점에서 검토한 결과 배전자동화의 경제적인 효과는 배전계통의 손실 감소와 설비투자 지연효과를 얻음으로서 투자비에 비해 훨씬 큰 경제적인 효과 창출이 가능하다는 것이 밝혀졌으며, 이를 위해서는 배전자동화의 목표를 배전선로의 원격감시제어에 국한하지 않고 배전계통을 최적화 운전하는데 두어야 한다는 결론을 내리게 되었다.

참 고 문 헌

- [1] 전력연구원, 배전자동화용 응용프로그램 개발 및 시스템간 연계에 관한 연구 중간보고서, p. 95~110, 2001년 10월
- [2] Robert W. Uluski, Distribution automation solutions for success, Pennwell, p. 11-13~11-26, Feb. 2001
- [3] 전력연구원, 신 배전자동화 시스템 개발 연구 최종보고서, p. 97~122, 2000년 10월
- [4] EPRI, Guidelines for evaluating distribution automation final report, p. 4-1~4-32, Nov. 1984
- [5] 한국전력공사 전원계획처, 장기전력 수요예측 1999~2015년, p. 96~102, 2000년 1월
- [6] T.P. Wagner, A.Y. Chikhani, Feeder Reconfiguration for loss reduction : an application of distribution automation, IEEE Transaction on power delivery, Vol. 6, No. 4, Oct. 1991
- [7] Chen-Ching Liu, Seung J. Lee, Khoi Vu, Loss minimization of distribution feeders: Optimality and algorithms, IEEE Transaction on power delivery, Vol. 4, No. 2, April. 1989

저 자 소 개



하복남 (河福男)

1958년 1월 10일 생. 1986년 한밭대 전기공학과 졸업. 1994년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1978년~88년 한국전력공사 대전전력 근무, 1989년~현재 전력연구원 근무, 전력연구원 전력계통연구실 책임연구원.

Tel:(042)865-5902

E-mail: bnha@kepri.re.kr



한병성 (韓秉誠)

1951년 12월 22일생. 1988년 프랑스 루이 파스퇴르대학 졸업(박사), 1988년 프랑스 CNRS(프랑스 국립과학연구소) 연구원, 현재 전북대학교 전기공학과 교수.

E-mail: hbs@chonbuk.ac.kr



한용희 (韓鏞熙)

1948년 0월 00일생. 1975년 전북대 전기공학과 졸업, 1978년 연세대 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 전력산업 구조개선팀장.

Tel:(02)3456-3403

E-mail: hanyh@kepco.co.kr



이흥호 (李興浩)

1950년 10월 28일생. 1973년 서울대학교 공업교육과 졸업. 1977년 동 대학원 공업교육과 졸업. 1994년 동 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사), 1983~84년 미국 플로리다공대 방문교수, 1979년~현재 충남대학교 공과대학 전기공학과 교수.

Tel:(042) 821-5656

E-mail : leehh@cnu.ac.kr