배전자동화시스템의 도입이 배전계통신뢰도 향상에 기여한 사례 연구

論 文
56-12-1

A Study on the Improved Efficiency of Distribution Network Reliability Using DAS

黃 友 炫† · 裵 成 煥* · 金 子 姬** · 金 載 哲***
(Woohyun Hwang · Sunghwan Bae · Ja-hee Kim · Jae-chul Kim)

Abstract - This paper analyzed distribution network reliability related with the increment of outages and duration time according to distribution facilities increasing. KEPCO introduced distribution automation system in 1998 which could recognize outage section by remotely monitoring the fault current and reduce the blackout area by remotely controlling distribution switches. As the result of this outage time reduction using distribution automation system, the minimum distribution automation rate was fined out in this paper on the base of analyzing diverse data and how many switches were used in distribution system to improve distribution network reliability at the situation of distribution facilities increasing. This result can be used as the model that an overseas utility company applies distribution automation system in the future.

Key Words : Distribution Automation System, Distribution Network Reliability, Distribution Automation Rate, SAIFI, SAIDI, CAIDI,

1. 서 론

배전계통의 최적 운영은 1980~90년대의 고도 경제성장기를 거치는 동안 전력수요가 9~14%로[8] 증가함에 따라 배전설비의 적기 증설과 안정적인 운전이 경제발전의 지속성을 유지하는데 중요한 현안으로 부각되었다. 배전선로는 대부분 옥외에 설치하여 고객에게 전력을 공급하고 있기 때문에 외적 요인에 의한 고장발생 가능성이 높다. 이로 인해 낙뢰, 태풍, 폭설 등 기상 악화에 의한 전력공급용 설비의 파손이나 가로수와 같은 수목(樹木) 또는 까치와 같은 조류가 전선로에 접촉하여 지락(地絡)이 발생하는 경우 정전이 발생하게 된다.[9,10,11] 또한 전력공급용으로 쓰이고 있는 전선, 애자, 피뢰기, 변압기 등의 자연열화나, 대규모전력소비 고객의 수전설비 불량으로 발생한 고장전류가 전력회사의 배전계통으로 파급되면서 정전이 발생하는 경우도 있다. 정전이 발생하면 대단위 상가, 아파트, 병원, 반도체나 화학제품을 생산하는 고객은 물론 IT를 기반으로 한 인터넷, 전자금융, 언론, 행정 등 컴퓨터를 이용한 업무처리에도 지장을 주어 산업경쟁력의 저하와 국민 생활의 불편을 초래하게 된다. 따라서 배전계통을 안정적으로 운전하기 위해서는 전력용 기자재의 품질향상과 적기에 설비유지보수를 시행하여 고장발생을 사전에 차단하는 한편, 고장 발생시에는 신속히 복구하여야만 한다. 이러한 원칙 하에서 고장감소를 위해서는 전선로에 위해를 가하는 외적 요소 즉, 수목, 조류, 도심지 건축 공사장의 거푸집 등과 전선이 접촉하지 않도록 순시를 강화하여 위해요인을 제거하고, 전선로에 설치되어 있는 기자재의 성능저하로 문제가 발생하는 것은 제품의 품질을 향상시켜서 대비하여야 한다. 그러나 불가피하게 배전선로의 고장이 발생하면 배전자동화시스템이 도입되기 전인 1998년 이전에는 설비관리 담당자가 현장에 출동하여 배전선로를 순시하면서 고장개소를 찾아내어야만 했었다. 고장개소를 색출한 후에는 정전구간을 축소시키기 위해 차량 정체가 심한 도심지를 통과하거나 농어촌과 같은 경우에는 장거리를 이동해서 개폐기가 설치된 전주까지 이동하여야 한다. 개폐기는 인력에 의해 조작함에 따라 고장 발생 후 고장구간 분리까지 평균 1시간이상 소요되었으나 '98년 이후 배전자동화시스템이 도입된 사업소에서는 고장발생과 동시에 정전구간을 파악하고 원격으로 개폐기를 조작할 수 있게 되어 정전구간 분리에 소요된 시간은 10분의 1로 단축되었다.[13] 이렇게 전국 16개 사업본부(지사)의 190개 사업장에서 배전선로의 고장감소와 고장정전시간을 단축하기 위해 노력해 온 결과를 바탕으로 이번 논문에서는 배전설비의 증가 추세와 고장정전 발생과의 연관성을 규명하고, 고장정전시간 단축을 위해 도입된 배전자동화시스템의 확충이 국내 배전계통의 신뢰도를 향상시키는데 얼마나 기여하였는가를 분석하였다. 또한 배전자동화시스템을 도입하여 배전계통을 최적 상태로 운전하기 위해서는 배전계통에 설치된 개폐기의 최소 자동화 율은 어느 정도여야 하는가를 분석하여 투자규모 산출시에 활용하고, 향후 유사한 환경의 외국 전력회사에 우리의 배전자동화 도입 사례를 모델로 적용할 수 있도록 기준을 제시하고자 한다. 이 논문에 적용된 수치는 1998년부터 2006년말까지 배전선로를 관리하고 있는 사업소의 통계를 기반

† 교신저자, 正會員 : 韓國電力公社 部長
E-mail : hblue@kepco.co.kr
* 終身會員 : 韓國電力公社 副處長
** 正 會 員 : 서울産業大學校 IT政策大學院 專任講師
*** 正 會 員 : 崇實大學校 工大 電氣工學科 敎授
接受日字 : 2007年 8月 22日
最終完了 : 2007年 11月 5日

으로 추출된 자료를 사용하였으며 지면관계상 비교분석에 사용된 일부 자료는 2년 단위로 표현하였다.

2. 본 론

2.1 배전선로의 구성

발전소에서 생산된 전기는 송전선로를 이용하여 전력을 소비하는 지역의 변전소까지 이르게 된다. 변전소에서 전력을 최종 소비하는 고객에게까지 연결에 필요한 설비를 배전선로라고 부른다. 배전선로는 전주와 전선, 전선을 전주에 지지하기 위한 지지금구 그리고 고압을 저압으로 변환하는 변압기로 구성되어 있으며, 배전선로 고장발생시 효율적으로 운전하기 위한 보호기기와 개폐기를 포함하고 있다.

2.2 고객호수 및 배전설비 증가 현황

고압 배전선로의 증가는 경제성장과 밀접한 연관성이 있다. 통계청 홈페이지(KOSIS)에 의한 주요국 1인당 GDP 성장률은 표 1에서 보는 바와 같이 우리나라는 1997년 IMF이후 급격한 경기하강으로 1998년에는 -6.9%를 나타냈으나, 1999년에는 빠른 회복세를 보이며 9.5%를 기록하고 꾸준하게 성장하였음을 알 수 있다. 이와 비례하여 배전선로도 1998년 이후 8년간 2,500개 D/L이 증가하였는데 이는 매년 평균 310개 D/L씩 증가한 것으로 공급용량 면에서 보면 연간 약 300만kW 정도의 신규 수요가 늘어난 것으로 추측 할 수 있다. 이러한 경제성장에 부응하기 위해 배전선로를 신설하면서 배전선로를 구성하고 있는 설비도 꾸준하게 증가하게 되었으며, 특히 도심지를 중심으로 발전이 진행되면서 부하 밀집도가 높은 곳의 설비 증가가 두드러졌음을 알 수 있다. 한편, 고객호수도 경제 성장과 비례하여 매년 평균 44만호가 신규로 증가되어 역시 높은 상승을 보이고 있다.

표 1 년도별 고객호수 및 배전설비 현황
Table 1 Status of Customer and Distribution Facilities

구 분	'98	'00	'02	'04	'06
고객호수(천호)	14,102	14,976	16,490	16,868	17,624
GDP성장율(%)	- 6.9	8.5	7.0	4.7	5.0
배전선로(D/L)	4,951	5,303	6,299	6,982	7,451
고압연장(천C-km)	522	545	565	611	641
지지물(천기)	6,031	6,439	6,875	7,261	7,608
변압기(천대)	1,101	1,209	1,546	1,652	1,788
개폐기(천대)	81	91	99	106	120

2.2 배전선로의 정전 발생원인 및 현황

배전설비가 증가함에 따라 전력공급 중에 발생하는 배전선로의 정전 가능성도 높아지게 된다. 배전선로의 정전은 주로 비, 눈, 강풍 등과 같은 기상요인과 차량과 전주의 충돌, 수목과 전선로의 접촉하는 과정에서 전주가 부러지거나 전선이 단선되어 전력공급이 중단되는 경우가 있고, 까치와 같은 조류가 전선로의 지지금구 사이에 둥지를 틀거나 전선지지용 절연물에 앉아 부리나 날개가 전선에 접촉하여 발생하는 외부 요인이 있다. 또한 하절기에 무더위로 에어컨 사용이 급증하면서 변압기에 과부하가 걸려 소손되거나 낙뢰에 의해 피뢰기와 같은 기자재의 파손 또는 현장에 설치된 기기의 급격한 열화(劣化)에 의해 정전이 발생하는 내부 요인도 있다. 이 외에도 전력을 사용 중인 고객의 소유설비의 불량으로 발생한 고장이 전력계통으로 파급되어 발생하는 경우가 있으며, 건축물이나 지하철 공사장과 같은 곳에서 작업 중 전선로에 손상을 주어 정전이 발생하는 것과 같은 일반인의 과실은 물론 전력설비의 적기 시공보수 불량이나, 원인규명이 곤란한 정전 등도 발생하고 있다. 결론적으로 고장정전의 원인을 종합해 보면 외물접촉, 자연현상, 기자재 불량 순으로 정전이 발생하고 있다. 또한 배전선로의 고장은 일반적인 관점에서 볼 때 배전선로가 매년 증가함에 따라 배전선로의 고장도 비례해서 늘어나야 하나 그림 1의 년도별 고장정전 발생 현황을 보면 '98년부터 '99년까지는 증가하다가 '00년부터 하락하고 있음을 알 수 있다.

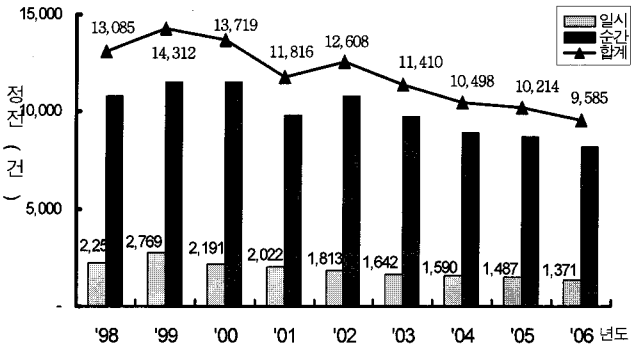

그림 1 년도별 고장정전 발생 현황
Fig. 1 Status of Fault Outage Occurrence

2.3 정전감소 노력과 배전자동화시스템의 도입

배전설비가 매년 큰 폭으로 증가하고 있음에도 고장정전의 발생건수는 그림 1에서 보는 바와 같이 '00년도 이후부터 점차 완만하게 감소하고 있음을 알 수 있다. 고장정전의 감소를 위해서는 외물접촉이나 기자재의 품질과 관련된 불안전 요소를 적기에 제거하거나 교체하여야 한다. 노후 기자재는 기설설비에 대한 순시검사를 강화하여 보수함으로써 2003년도 이후부터 고장정전이 안정적으로 감소하고 있다. 고장정전의 감소는 이러한 다각도의 노력에도 불구하고 차량충돌에 의한 전주의 파손이나 전선의 단선과 같은 돌발적인 원인에 의해 정전이 발생하는 경우에는 인력만으로 대처하는데 한계가 있다. 특히, 차량정체가 심한 도심지와 대규모 공단지역, 광범한 지역에 분산 시설된 농어촌지역의 배전설비관리는 중공업 위주의 산업구조가 정보통신과 서비스 산업으로 바뀌고 단순 농작물 재배에서 전기를 이용한 특용작물과 대규모 양식업의 출현은 고품질의 전력공급을 희망하는 고객의 욕구와 맞물려 더 이상 인력위주의 설비관리체제로는 대응이 곤란하여 개선이 시급하게 되었다. 다시 말

해 고장정전이 발생할 경우 신속히 고장구간을 분리하여 정전구역을 최소화하고 건전구간에는 전력을 신속히 재개하는 새로운 체계의 도입이 필요하게 되었다. 이에 따라 1990년 배전자동화시스템의 연구개발에 착수하였다. 연구 착수 3년 만에 배전선로용 수동조작 개폐기를 자동화 운전용으로 개발하여 개폐기의 On/Off상태를 원격으로 감시하고 배전선로의 전압, 전류의 계측과 개폐기의 투입, 개방 제어가 가능하며, 고장 발생시에는 정전구간을 자동으로 확인할 수 있는 기능도 개발하였다. 현장 실증시험이 종료된 '97년부터 본격적인 확대를 추진하여 그림 2에서 보는 바와 같이 2002년 전국 185개 사업장에 주장치를 100% 설치하고 배전계통의 원격운전율을 높이기 위해 매년 3~4천대의 개폐기를 자동화용으로 확대 보급하였다.[4][6] 주장치는 북한의 개성과 같은 사업소의 신설에 따라 2006년 말 현재 190개로 늘어났다.

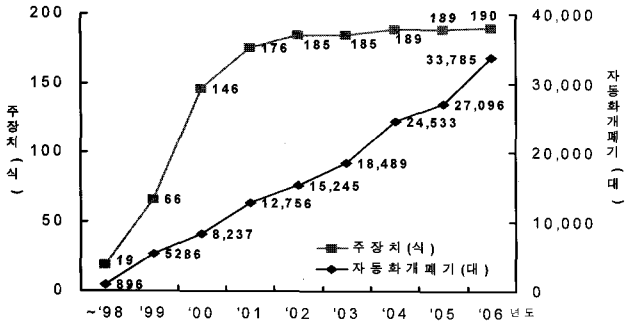

그림 2 연도별 배전자동화시스템 설치 현황(누계)
Fig. 2 Status of Distribution Automation System Installation

배전자동화시스템 주장치가 전국에 설치 완료되고 자동화용 개폐기의 설치가 증가함에 따라 고장정전시간의 단축 외에 지장전력량, 배전선로 손실이 감소하고 배전설비 이용율은 높아져 주변압기 신증설 억제효과를 거두는 등 도입전에 비해 다양한 부가적 효과를 거두었다.

2.4 배전계통의 신뢰도 분석

배전계통의 신뢰도 향상을 위한 다양한 노력에 따라 고장정전 건수와 시간이 크게 감소하였으나 배전자동화 도입후 배전계통의 신뢰도가 어느 정도 향상되었는가를 규명하기 위해 국제적으로 통용되고 있는 신뢰도 분석지수 산출방식을 적용하여 비교 분석하였다. 분석 항목은 평균 고장률, 평균 복구시간, 년 평균 정전시간을 사용하여 산출하였다.[1,2,3,12] 우리나라의 총 수용 호수와 매년 발생하고 있는 정전건수 및 시간을 토대로 계통 평균 고장횟수, 계통 평균 고장시간 그리고 수용가 평균 고장정전 시간을 구해 배전계통의 신뢰도를 분석하고자 하였다.

○ 계통 평균 고장(정전)횟수(SAIFI : System Average Interruption Frequency Indices) : 계통 평균 고장횟수는 수용가 전체의 고장횟수를 수용가의 수로 나누어 계산한다.

$$- \text{SAIFI} = \frac{\text{총 고장발생 건수}}{\text{총 공급 수용가}} = \frac{\Sigma \lambda_i N_i}{\Sigma N_i}$$

여기서,
N_i는 i 부하점에서의 수용가의 수 .
λ_i는 평균 년간 고장횟수
U_i는 평균 년간 고장지속시간 이다.

○ 계통 평균 고장(정전)시간(SAIDI : System Average Interruption Duration Indices) : 이 값은 수용가 전체의 고장지속시간의 합을 수용가의 수로 나누어 계산한다.

$$- \text{SAIDI} = \frac{\text{수용가의 고장지속시간}}{\text{총 공급수용가}} = \frac{\Sigma U_i N_i}{\Sigma N_i}$$

○ 수용가 평균고장(정전)시간(CAIDI : Customer Average Interruption Duration Indices) : 이 값은 수용가 전체의 고장지속시간의 합을 수용가의 평균 고장횟수로 나누어 계산한다.

$$- \text{CAIDI} = \frac{\text{수용가의 고장지속시간}}{\text{총 고장발생 건수}} = \frac{\Sigma U_i N_i}{\Sigma \lambda_i N_i}$$

2.5 배전자동화시스템이 공급신뢰도 향상에 기여한 사례 분석

매년 발생되고 있는 고장건수와 정전시간을 토대로 산출된 표 1과 그림 1의 수치를 이용하여 연도별 SAIFI, SAIDI와 CAIDI를 산출한 결과는 아래 표 2와 같다.[5]

표 2 년도별 배전계통 호당 정전시간 및 횟수
Table 2 Outage Time and Frequency per Household

구분	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
SAIFI (회/호)	0.38	0.44	0.37	0.52	0.46	0.42	0.34	0.39	0.39
SAIDI (분/호)	10.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.8	7.5	7.2	6.82
CAIDI (분/호)	23.6	31.8	32.4	21.1	23.9	25.2	29.4	25.6	24.6

배전선로의 신뢰도 분석을 위해 배전설비와 고장건수 그리고 정전시간과의 연관성을 표 1, 표 2 그리고 그림 2를 토대로 비교 분석하였다. 표 1에서 보면 배전자동화 도입 초기인 1998년도에는 4,951개 D/L을 통해 1,410만호에 전력을 공급하였고, 13,085건의 정전이 발생하였다. 이를 토대로 배전계통의 호당 평균 고장정전시간(SAIDI)을 산출한 결과 10분으로 나타났다. 그림 2에서 보는 바와 같이 '98년도 말 배전자동화시스템의 설치는 전국 175개 사업소 중 18개 사업소에서만 시범적으로 운영하였으며, 1999년부터 2000년까지 주장치를 전국의 대부분 사업장에 설치 완료하였으나 원격 운전이 가능한 배전자동화개폐기의 설치 율은 표 3에서 보는 바와 같이 1998년 2%에 불과해 주로 D/L과 D/L간 Tie 운전용 정도로만 사용되고, 고장구간 축소용은 설치하지 못해 배전계통의 신뢰도 향상에 기여한 효과가 미미했던 것으로 판단된다.

표 3 자동화 대상 개폐기 및 설치 수량(대)
Table 3 Automation Target and Installation Switch

구분	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
목표	40,552	43,721	45,501	47,597	49,496	51,501	52,987	54,961	63,986
설치	896	5,286	8,237	12,756	15,245	18,489	24,533	27,096	33,785
비율(%)	2	12	18	26.8	30.8	35.9	46.3	49.3	52.8

그림 3에서 보면 1998년과 1999년은 전년 대비 고장정전시간이 2분 줄어들었는데 이는 표 1과 표 3에서 나타난 바와 같이 전국의 배전선로수와 배전자동화 개폐기가 5,055개 D/L과 5,286대로 나타나 배전선로 1회선 당 최소한 1대의 원격자동운전이 가능한 개폐기를 설치하면 고장정전시간을 전년대비 20% 단축시킬 수 있는 결과를 가져온 것으로 판단된다. 다시 말해 고장 발생시 현장까지 이동해서 고장구간 축소용 개폐기를 인력에 의해 조작하던 것을 원격으로 조작하고 타 D/L과 연동으로 운전함에 따라 얻은 효과로 보인다.

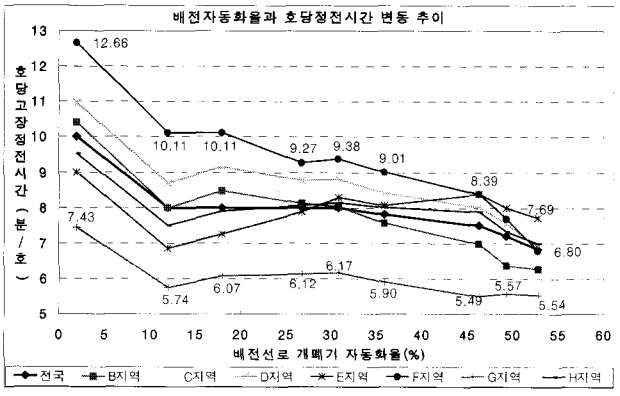

그림 3 배전계통 평균 호당 고장정전시간(SAIDI)
Fig. 3 Average Outage Time per Household

배전선로의 개폐기 자동화가 30.9 %까지 진행된 2000년부터 2002년말 까지 전국 185개 사업소의 배전자동화개폐기 설치 누계는 15,245대로 1998년과 비교하여 20배나 증가하였음에도, 배전계통의 고장정전시간은 전국의 7개 지역의 사례를 분석한 결과에서 보듯이 대부분 완만한 하락세를 보이고 있으며 E와 G지역에서 다소 증가된 것은 지형적 여건으로 태풍이나 폭우피해에 의한 것으로 판단된다. 결국 경제가 발전함에 따라 전력공급용 배전선로도 동반하여 30%가량 증가<표 1>하였기 때문에 외적, 내적인 고장 요인도 자연 증가하였다고 할 수 있다. 고장감소를 위한 노력으로 건수는 줄었으나 경제발전으로 차량이 증가하면서 고장개소까지 이동구간의 정체가 심해지고 인력에 의한 고장구간 색출대상 설비가 많아 고장정전복구 시간이 늘어났어야 함에도, 인력에 의한 현장 조치가 아닌 배전자동화시스템을 이용하게 됨에 따라 원격으로 고장구간을 즉시 찾아내고 고장구간 분리용 개폐기를 제어함으로써 고장정전시간은 D/L 마다 자동화 개폐기를 설치한 후 크게 하락했던 고장정전 시간의 감소이후 큰 변화 없이 35%를 넘어서는 시점인 2003년까지 횡보를 하게 된 것으로 판단된다.

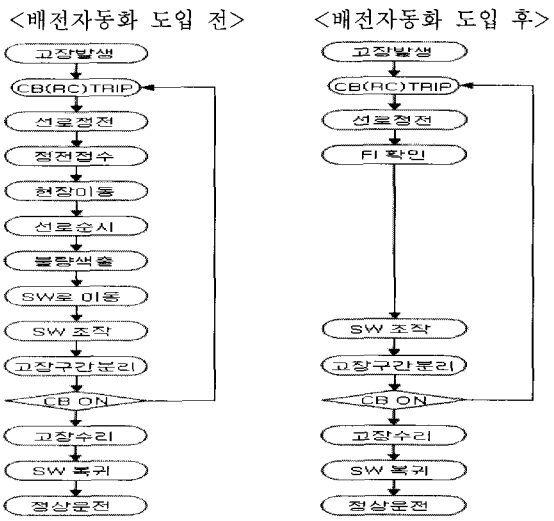

그림 4 배전자동화 도입 전·후 고장복구 처리 절차
Fig. 4 Improvement of Fault Restoration Process after Distribution Network Automation

특히, 2002년도에는 운전 중인 배전선로가 6,299개 D/L로 1998년 대비 27%증가하고 태풍 루사까지 내습하여 고장이 증가할 수 있는 여건이 높았음에도 정전건수는 전년대비 12,608건으로 3.7% 감소하였고, 정전시간도 전국이 평균 8분을 유지하였다. 이것은 배전선로가 매년 약 15%씩 증가할 때 배전자동화개폐기를 평균 5~10%씩 증가시키면 고장정전시간의 증가를 억제할 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 이러한 추세의 분석을 통해 배전선로가 계속 증가하고 있는 중에 고장정전시간의 단축을 위해서는 결국 전체 설치대상 자동화 개폐기중에서 최소한 35%이상을 자동화하여 운전하여야만 고장정전시간의 감소가 나타나게 된다는 것이 규명된 것이다. 이에 따라 배전자동화의 도입 효과는 설치시점을 기준할 때 1개 D/L당 1대씩 설치할 경우 최소한 20%의 신뢰도 향상효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있으며, 배전선로의 증가와 반비례하여 고장정전시간을 줄이려면 자동화 대상 개폐기의 $\frac{1}{3}$이상을 매년 지속적으로 자동화하여야 한다는 것이 확인되었다. 또한 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 가장 최근인 2006년의 지표를 1998년과 비교할 때 배전선로는 7,451개 D/L로서 1.6배 증가하여 고장이 발생할 수 있는 가능성은 그만큼 늘어났음에도 고장정전은 9,585건으로 26.7%나 감소하였다. 이것은 그동안 꾸준히 추진해온 기자재와 시공품질의 향상 그리고 외물접촉 고장발생의 원인인 조류구제와 수목전지, 기별점검 등 강력하고 지속적인 고장 예방활동의 결과에 기인한 것으로 보인다. 또한 전국 190개 사업장에 설치된 배전자동화개폐기가 목표대비 50%를 넘어섬에 따라 배전계통 자동화운전율이 크게 향상되었고, 운영자의 휴먼 에라 감소를 위한 시뮬레이션 훈련과 조작능력 향상 교육을 통해 호당정전시간은 자동화 도입초기에 비해 전국이 평균 6.82분으로 크게 감소하였다. 특히 아래 표 3을 통해 확인할 수 있는 것처럼 자동화 도입초기인 1998년과 2006년의 신뢰도 결정변수를 비교해보면 배전선로와 고객호수가 증가하여 배전설비의 고장요인이 늘어났음에도, 배전업무 담당 직원(2002년 기준)은 소폭 증원한 채로 배전자동화개폐기의 수량을 38배 증가

시켜 운전함으로써 1998년 대비 정전시간을 32% 감소하는데 크게 기여한 것으로 판단할 수 있다. 결국 경제성장에 따라 배전설비가 대폭 확충되는 시점에서 배전자동화시스템을 도입하여야만 배전계통의 공급신뢰도가 향상되고 고품질의 전력을 공급할 수 있다는 것이 증명되었다.[7]

표 3 주요 신뢰도 결정변수의 증감 비교
Table 3 Comparison of Reliability Index Between 1998/2006

년 도	1998	2006	증감
배전선로(D/L)	4,591	7,451	1.6↑
고장건수(건)	13,085	9,585	0.73↓
정전시간(분/호)	10	6.82	0.68↓
고객호수(천호)	14,012	16,868	1.2↑
자동화개폐기(대)	896	33,785	37.7↑
배전 직원(명)	5,811('02.2)	6,598('07.3)	1.1↑

또한 배전계통의 신뢰도를 결정짓는 두 번째 요소는 배전계통의 호당 고장정전 발생빈도로서 전체 수용이 얼마나 많은 정전횟수를 경험했나를 통해 관리하고 있는 수치이다.

이 값은 배전계통의 고장발생 건수와 수용호수를 토대로 산출된 값이므로 배전자동화의 도입과 직접적인 연관성은 없다. 왜냐하면 현재의 배전자동화시스템은 배전선로에 설치된 전선, 애자, LA 또는 변압기나 전주의 돌발적인 고장을 예방할 수 있는 기능은 구비되지 않았기 때문에 고장발생 빈도를 줄이기 위한 시스템적 역할은 수행할 수 없다. 하지만 그림 5에서 보여주고 있는 배전계통의 정전으로 호당 고장정전을 경험한 횟수는 1998년부터 배전선로가 1.6배 증가한 2006년과 비교할 때 큰 차이가 없음을 알 수 있다. SAIFI가 0.4회를 넘어선 것은 '99년의 올가, '01년 폭우, '02년 루사, '03년 매미 등 대부분 대규모의 태풍에 의해 고장이 발생한 것이다. 다만 2005년과 2006년의 경우 집중적인 고장정전 예방활동의 강화와 태풍의 영향이 상대적으로 적어 0.39회를 기록하여 매우 안정적인 상태임을 알 수 있다.

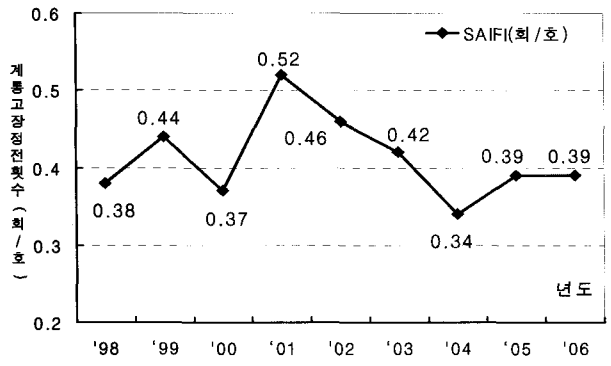

그림 5 배전계통의 호당고장정전 발생횟수(SAIFI) 추이
Fig. 5 Trend of Fault Outage Frequency per Household

마지막으로 배전계통이 정전되었을 때 경험하게 되는 전기사용 수용호수의 정전시간은 그림 6과 같다.

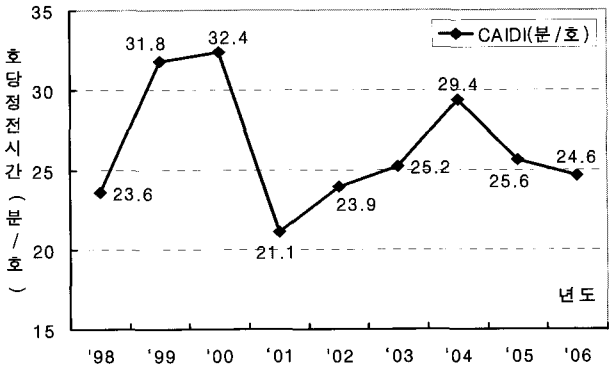

그림 6 전기사용 고객 호당 고장정전 시간(CAIDI)
Fig. 6 Fault Outage Time per Household

그림 6에서 보면 1998년 배전자동화시스템 도입이후 배전계통은 배전자동화 개폐기가 설치되어 고장정전시간은 감소하였으나 고장이 발생한 구간 내의 고객은 전력회사가 배전계통의 복구를 위해 현장까지 이동하여 고장을 복구하고 송전되기까지 30분이 넘게 소요되었음을 알 수 있다. 1998년과 2001년의 정전시간보다 그 외의 년도가 상대적으로 많은 것은 태풍이나 폭우에 의해 발생한 정전인 경우 도로 유실, 가옥의 침수 등으로 현장 접근이 오래 걸려 정전시간도 늘어난 것으로 보인다. 또한 자연재해 등으로 피해 범위가 광범위하고 설비의 유실이나 손상이 많을 경우에는 복구에 필요한 인력과 장비의 확보에도 한계가 있어 일시에 고장을 복구하지 못하기 때문에 정전시간이 늘어나는 것으로 판단된다. 하지만 이 자료 역시 고장정전의 신속한 복구를 위해 피해가 발생한 배전선로를 정비한 후 송전을 위한 개폐기 조작을 원격으로 하는 정도밖에 배전자동화시스템을 활용할 수 없기 때문에 배전자동화의 도입과는 직접적인 연관성은 크지 않다고 할 수 있다.

3. 결 론

이번 연구를 통해 경제성장과 비례하여 배전설비가 증가되는 가운데 배전선로의 고장정전시간을 단축하기 위해서는 배전선로용 개폐기의 자동화를 목표량 대비 최소 35% 이상은 설치하여야 배전계통의 신뢰도가 향상된 다는 것이 규명되었다. 물론 배전선로 1개 D/L 당 자동화 개폐기를 1대씩 설치하였을 경우 초기효과가 20%라는 점은 배전선로 자동화 운전의 커다란 매력이 아닐 수 없으나 사례에서 보여주듯이 배전선로가 지속적으로 증가되고 있는 상황에서 배전자동화도입 효과를 보려면 투자비의 부담이 있어도 지속적인 확대를 계속하여야만 실질적인 투자수익을 거둘 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 분석 결과는 자동화시스템을 도입하여 어느 정도 초기투자를 하여야만 효과가 나타나는지를 알고자하는 외국 전력회사에게 유용한 결과로 활용될 것으로 예상된다. 결국 배전자동화시스템의 도입이 배전계통 고장정전시간을 단축시켜 신뢰도향상에 크게 영향을 끼친 것으로 확인되었지만 투자비를 고려할 때 최적의 신뢰도를 유지하기 위한 자동화 수량과 투자에 대한 경제적 효과에 관한 것은 본 연구에서는 제외되어 향후 추가 연구를 통해 규명해 보고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 이 범, "배전계통의 신뢰도지수 계산기법에 관한 연구", 여수대, 산업기술논문집 제10권 pp.85-94 2001

[2] 장정태, "배전계통의 전압관리를 위한 신기법 연구", 대불대, 논문집 제5집, pp. 767-776. 1999

[3] 주우섭, "진주시 배전계통의 신뢰도 평가에 관한 연구" 경상대, 석사학위논문, pp 5-26, 2003

[4] 한국전력공사, "배전실무 교육 교재" 배전처, 1998~2007

[5] 한국전력공사, "배전설비 정전분석 및 예방대책", 배전운영처, 1998~2007

[6] 한국전력공사, "배전자동화 워크숍", 배전처 1999~2004

[7] 한국전력공사, "전력통계" 1998~2007

[8] 김용래, "전력수급과 소비절약", 전기학회지 4권 10호 1992

[9] Roy Billinton and Janak Acharya, "Distribution System Reliability Assessment Incorporating Weather Effects", UPEC '06. Proceedings of the 41st International

[10] Yujia Zhou"Modeling Weather-Related Failuers od Overhead Distribution Lines",IEEE Transaction on Power Systems. Vol. 21. No. 4 Nov. 2006

[11] Seth D. Guikema, Rachel A. Davidson, and Haibin Liu, "Statistical Models of the Effects of Tree Trimming on Power System Outages" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21. No. 3 July 2006

[12] 김재철, 윤상윤 "배전계통의 전력품질평가 및 신뢰도 평가의 방법" Proceedings of KIEE. Vol. 50, No. 3, Mar. 2001

[13] 하복남, 한용희, 한병성 ,이홍호, " 배전자동화 투자비 대 경제적 효과분석에 관한 연구, 대한전기학회지 52A권 7호 2003. 7

저 자 소 개

황 우 현 (黃 友 炫)

1960년 1월 27일생. 1983년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 2000년 한양대학교 전기공학과 졸업(석사), 1997년~2004년 한전 배전자동화 추진 기획 및 운영 담당 1986 ~현재 한국전력공사 부장, 2007년 서울산업대 IT정책전문대학원 박사과정, 2007년 대한전기학회 정회원

Tel : 02-901-4270

Fax : 02-901-4279

E-mail : hblue@kepco.co.kr

배 성 환 (裵 成 煥)

1959년 8월 16일생. 1980년 건국대학교 전기공학과 졸업. 1990년 Union College 전기공학과 졸업(석사). 1979년~현재 한국전력공사 부처장. 2007년 서울산업대 IT정책전문대학원 박사과정

1981~현재 대한전기학회 종신회원

Tel : 02-3456-3701

Fax : 02-3456-3799

E-mail : Baeshwa@kepco.co.kr

김 자 희 (金 子 姬)

1995년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업. 1997년 2월 한국과학기술원 전산학과 석사 과정졸업(공학석사) 2003년 8월 한국과학기술원 산업공학과 박사과정졸업(공박). 2004년 비엔나 대학 경영정보학과 방문연구원, 2005년 ~ 현재 서울산업대학교 IT정책전문대학원 정보시스템공학 전임강사

2007년 대한전기학회 정회원

Tel : 02-970-6867

E-mail : jahee@snut.ac.kr

김 재 철 (金 載 哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업(학사), 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1987년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박)

1988~현재 숭실대 공대 전기공학과 교수

Tel : 02-820-0647

E-mail : jckim@ssu.ac.kr