2005년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2005. 7. 18 - 20

한국형 배전계통 자산관리 시스템의 개발

채우규*, 박창호*, 정종만*, 박상만*
*한전 전력연구원

The Development of Korea Distribution Asset Management System

Woo-kyu Chae*, Chang-ho Park*, Jong-man Jeong*, Sang-man Park*
*Korea Electric Power Research Institute KEPCO

Abstract - The asset management system for power distribution is necessary to make efficient use of distribution asset and to devise optimum investment plans. So we developed KDAMS(Korea Distribution Asset Management System) that is adopting reliability indexs, SAIFI and SAIDI, and operator's experiences.

This paper presents functions of the system that is reliability management, failure rate management , establishment of optimum investment plan and so on. And it presents the abstract of used algorithms to develop this system.

1. 서 론

배전계통의 신뢰도(reliability)를 높게 유지하기 위해서는 모든 설비를 항상 새것으로 유지하면 좋겠지만 전력회사의 유지보수 및 신설 투자비용 일정 금액으로 제한되었다. 따라서 제한된 자원의 효율적 활용을 위해서는 가장 필요한 부분에 투자하여 최대의 효과를 얻을 수 있는 경제적 비용투자가 요구된다. 그러나 현재의 배전계통 유지보수 및 설비투자 계획은 배전 운용 및 관리자들의 Know-How의해 수작업으로 수행되어 왔으며, 가장 중요한 문제점은 투자비용 대 이득모델(costs/benefits)이 없으므로 제한된 자원의 분배에 어려움이 있으며, 그 투자 근거 또한 미약했다.

배전계통의 자산은 그 종류 및 개수가 방대하여 개별적인 자산마다 관리 및 유지보수의 목적함수를 설정한다는 것은 그 효용성에 있어서 문제가 있다. 따라서 전력신뢰도 및 전력품질의 일정 서비스 수준을 만족하는 배전설비 유지보수 및 투자를 위해서는 설비 투자에 따른 서비스 수준과의 상관 모델이 필요하며 신뢰도에 영향을 주는 주요 배전 자산을 정의할 필요가 있다.

최근 들어 배전계통 데이터의 방대한 DB화 추세와 배전계통 계획의 GIS-base 추세는 운용 및 관리자에게 체계적이며 편리한 관리환경을 제공할 수 있는 여건을 조성하였다.

본 논문에서는 전력연구원에서 개발한 '한국형 배전계통 자산관리 시스템'의 주요 알고리즘과 그 기능 및 활용분야를 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 한국전력공사의 배전 자산관리 현황

한국전력공사(이하 '한전')의 자산관리는 배전실무지침에 의거하여 시행되고 있다. 주요 업무내용으로는 배전선로의 순시점검, 설비의 개·보수, 설비상태 측정 및 점검, 각종 사고 및 고장처리, 설비관리 및 부하관리, 사고의 통계분석, 설비의 개선계획 수립 및 시행 등이 있다.

배전계통 투자계획 수립은 공급신뢰도의 저하를 방지하기 위하여 실시하며, 배전선로 회선신설, 배전선로 연계보강, 지중배전선로화, 지중선로 계획보강, 지중선로 경상보강의 5개 항목으로 구분되며 이는 "배전설비 투자계획 수립 지침"에 의거한다.

평가항목 (가중치)	
기설선로 운전전망(50)	D/L부하(25), 전압강하(15), 연계력(10)
투자효과(30)	초기부하(10), 투자규모(10), 운전기준 초과선로 해소(10)
사업소 투자우선순위(10)	10
부하특성(5)	5
지역구분(5)	5
합계	100

표1. 한전의 설비투자 우선순위 평가기준

현재 한전의 배전계통에 대한 신규 공사 및 유지보수 계획 수립에 있어 단점으로는 첫째, 배전계통의 서비스 목표치는 매년 결정되고 있으나, 전사적으로 일률적인 값을 적용하고 있다는 것이다. 공급대상의 종별 및 규모에 따라 서비스 수준을 달리할 필요가 있다.

둘째는 설비의 자산관리 및 그 수명예측에 관련된 이력관리의 미흡함이다. 이미 선진국을 비롯하여 국내의 원자력 등의 자산관리 시스템에서는 기본적으로 중요자산에 대한 이력관리가 시행되고 있다. 그러나 배전계통의 중요자산인 변압기, 애자, 전선, 전주, 금구류, 보호기기 및 개폐기 등에 대한 이력관리는 초기 설치이후 체계적인 관리가 이루어지지 않고 있다. 또한 현재 한전의 전 지점으로 확대 보급된 배전 DB 시스템인 NDIS(New Distirbution Information System)는 방대한 데이터만 축적하고 있을 뿐 데이터에 대한 활용성이 떨어지고 있다. 따라서 중요자산 데이터를 분석하여 활용할 시스템의 개발이 요구되고 있다.

마지막으로 향후 사업부제를 앞두고 배전요금의 책정을 위한 투자비용 대 이득 모델이 개발되지 못하고 있는 실정이다. 사업부 단위의 평가에 대비하고 공급서비스 수준에 따른 요금 정책의 근거를 제시하기 위해서는 투자비용대 이득모델에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

2.2 설비투자 우선순위 결정

한정된 투자비용하에서 배전계통이 최적의 전력공급 서비스를 유지하기 위해서는 계통신뢰도에 악영향을 미치는 공급 개소나 구성설비를 우선 교체하여 계통의 신뢰도를 되도록 높게 유지해야 한다. 현재 한전에서는 이러한 설비의 교체를 계통운영자의 경험에만 의존하여 시행하고 있어 한정된 투자비용으로 최대의 효과를 보고 있다고 판단하기 어렵다. 따라서 최적의 의사결정을 위하여 신뢰도지수를 도입하였고 신뢰도 지수만을 이용한 결정의 단점을 보완하기 위하여 한전의 투자평가 심의자

료도 동시에 검토가 가능하도록 시스템을 설계하였다.

2.2.1 설비투자 우선순위 평가지수의 정의

이 시스템에서는 기본적으로 설비투자의 우선순위를 결정하기 위하여 IEEE Std 1366의 배전계통 신뢰도 지수들을 이용하였다. 대표적인 신뢰도 지수로는 SAIFI, SAIDI, CAIDI, CAIFI 등이 있지만 현재 우리나라에서 주로 관리하는 신뢰도 지수인 SAIDI, SAIFI를 평가지수로 사용하였다.

$$SAIFI = \frac{Total\ number\ of\ customer\ interruptions}{Total\ number\ of\ customers\ served}$$

$$SAIDI = \frac{\Sigma Customer\ interruption\ durations}{Total\ number\ of\ customers\ served}$$

이 신뢰도 지수들은 고장의 빈도와 지속시간을 각각 반영한다. 그러나 수용가들의 계약전력(최대 전력)을 반영하지 못한다는 단점이 있어 앞으로 많은 연구가 이루어져야 할 부분이다.

2.2.2 신규 설비투자 우선순위 판단 알고리즘

신규 설비투자에 대한 우선순위를 판단하기 위해서는 먼저 계통 데이터 및 설비별 고장 자료, 공사투자심의 자료를 취득해야한다. 취득한 자료를 이용하여 공사대상 선로의 각 부하점 i 에서의 기본적인 신뢰도 지수인 λ_i , r_i , U_i 를 계산한다. 계산된 기본적인 신뢰도 지수를 고객수를 고려한 시스템 지수인 SAIFI와 SAIDI로 환산하여 투자가능성을 계산한다. 그리고 한전 자체의 투자평가 심의자료를 이용하여 설비투자 가능성을 계산한다. 마지막으로 2가지 경우를 모두 고려하기 위해 퍼지멤버쉽함수를 사용하여 최적의 설비투자 우선순위를 결정한다.

2.2.3 유지보수 계획수립을 위한 알고리즘

첫째로, 시스템 입장에서의 목표 신뢰도 지수를 고려해야 하므로 SAIFI와 SAIDI를 기준으로 목표치를 설정한다. 계통의 신뢰도 지수 분석결과가 설정한 목표치 보다 크게 될 경우는 지역별 고장률 분석을 수행하고 만일 그 반대이면 그 피더의 신뢰도는 적정 수준을 유지하고 있으므로 유지보수 할 필요가 없다. 두 번째로, SAIFI와 SAIDI에 최악의 영향을 주는 설비기기를 찾아내기 위해 민감도를 분석하고 그 크기대로 나열한다. 세 번째로, 선정된 기기의 수명을 확인하여 기기의 수명이 평균수명보다 오래 됐을 경우 유지보수를 결정하게 된다. 선정된 기기를 교체하고 신뢰도 지수를 재평가한 후 그 값이 목표치 보다 작을 경우 종료하게 된다.

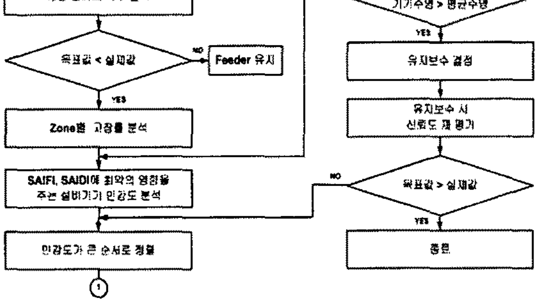

그림1. 유비조수 선정 알고리즘의 순서도

2.3 시스템의 주요기능

한국형 배전계통 자산관리 시스템(이하 'KDAMS')는 GIS 정보를 기반으로 선로를 관리한다. NDIS로부터 필요한 설비정보 및 GIS 데이터를 추출하여 가공한다. 추출한 정보로부터 배전 기자재의 신도율을 계산한후 선로별 신뢰도를 관리할 수 있다. 각각의 기자재의 신뢰도에 대한 민감도를 계산하여 어느 기자재를 교체하는 것이 해당 선로의 신뢰도를 가장 높게 향상 시킬 수 있는지 알아 볼 수 있다. 마지막으로 투자계획 평가시 신뢰도만을 이용한 단점을 보완하기 위하여 사업소별 투자평가심의 자료와 연계하여 퍼지 룰베이스에 근거하여 최적의 결과를 계산해 낼 수 있도록 알고리즘을 구성하였다.

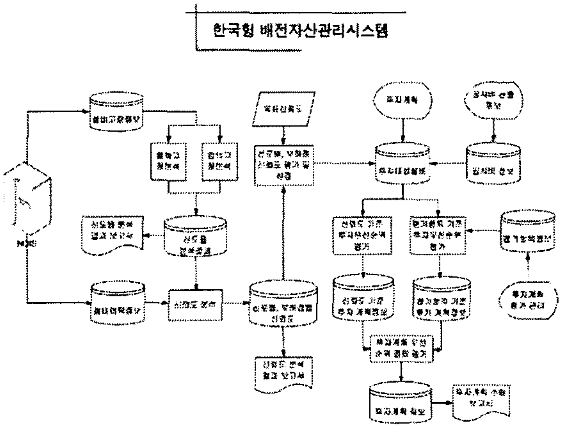

그림2. KDAMS의 시스템 구성도

2.3.1 배전자산 데이터 관리

한 개의 배전선로에는 보통 10,000개 이상의 배전자산이 서로 긴밀하게 연결되어 있다. 이러한 막대한 양의 데이터를 수작업으로 관리하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 이미 방대한 양의 기자재 정보를 축적해놓고 있는 NDIS로부터 데이터를 추출하여 활용하도록 하였다.

그러나 NDIS는 그 많은 데이터의 양에도 불구하고 완전하지 않다. 초기 NDIS 구축당시 상당한 양의 데이터가 여러 가지 원인에 의하여 누락되었다. 기자재의 정확한 신도율을 계산해 내기 위해서 데이터의 오류검출과 보정은 가장 중요한 기초 작업중의 하나이다. 다음은 데이터 관리 부분에서 담당하는 기능을 나타내었다.

① 설비 고장정보 추출 및 입력
② 설비 이력정보 추출 및 입력
③ GIS 데이터 추출 및 입력
④ 배전계통 데이터 추출 및 입력
⑤ 데이터 오류 검사 및 보고서 작성

2.3.2 배전기자재 신도율 관리

배전계통의 신뢰도를 계산하기 위해서는 먼저 모든 기자재의 신도율을 계산해야 한다. 그러나 배전계통은 수십 가지의 기자재로 구성되어 있고 이러한 모든 구성요소들을 신뢰도에 반영한다는 것은 현실적으로 한계가 있다. 또한 통계적으로 볼때 선로의 신뢰도에 거의 영향을 주지 않는 기자재들 또한 상당부분 있으므로, 신뢰도에 많은 영향을 미치는 중요 기자재를 구분하여 활용할 필요가 있다. 이 시스템을 개발하기 위하여 신도율을 분석한 중요 배전기자재는 OC전선, LP애자, 현수애자, 변압기 COS, IS개폐기, GS개폐기, 선로용 COS, 자동화 개폐기, GAP피뢰기, GAPLESS피뢰기, CNCV케이블, CNCV-W케이블, 조립형 직선접속재, 조립형 종단접속재, 개폐기 기기엘보, 변압기 등 16개 이다.

신도율 관리 부분의 기능은 다음과 같다.

① 고장 보고율 및 모집단 정보 관리
② 열화 고장률 및 임의 고장률 계산
③ 신도율 계산
④ 기자재별 신도율 분석결과 보고서 및 그래프 출력

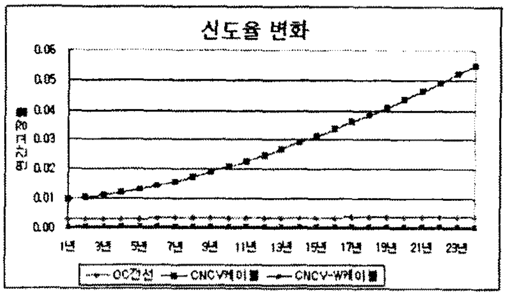

그림3. 해당 기자재의 신도율 변화 그래프

2.3.3 배전선로 및 부하점 신뢰도 관리

위에서 계산한 기자재의 신도율을 바탕으로 원하는 선로의 신뢰도를 계산할 수 있다. 중요 기자재의 민감도를 계산하여 정렬함으로써 가장 시급한 공사대상설비를 선정할 수 있도록 하였다. 또한 원하는 설비를 교체한 후 변경된 신뢰도를 계산해 볼 수도 있다.

신뢰도 관리 부분에서 담당하는 기능은 다음과 같다.

① 배전선로 및 부하점의 신뢰도 계산
② 부하 및 선로 데이터 유지관리
③ 선로별 신뢰도 분석결과 보고서

2년간 변화되는 선로 신뢰도 수치

	기간	SAIFI (fr/yr)	SAIDI (hr/yr)	CAIDI ((hr/int.)	λ_total (fr/yr)	r_total (hr)	U_total (hr/yr)
감골	현재	0.106567	0.087199	0.818252	2.661184	0.816955	2.174068
	1년후	0.122732	0.101156	0.824204	3.065334	0.823130	2.523167
	2년후	0.139539	0.115928	0.830794	3.485537	0.829896	2.892633
감덕	현재	0.156941	0.131489	0.837825	3.920624	0.837069	3.281831
	1년후	0.174908	0.147823	0.845144	4.369831	0.844504	3.690338
	2년후	0.193418	0.164916	0.852641	4.832596	0.852098	4.117844

닫기

그림4. 선로 신뢰도 계산 결과

2.3.4 투자대상 공사계획 관리

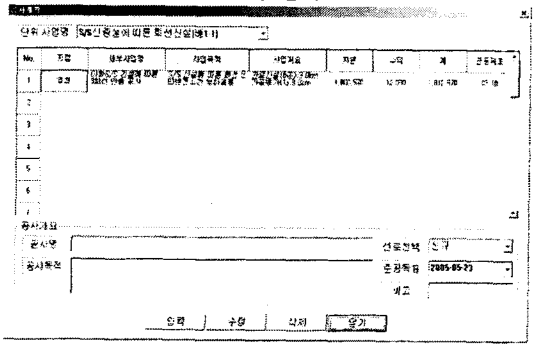

그림5. 공사계획 초기화면

이 부분은 공사에 관련된 사항을 관리한다. 설비추가, 신규선로, 교체/병가/철거, Tie-Line 등 4개 분야로 구분하여 공사계획을 관리한다. 또한 이 단계에서 해당 사업소의 심사평가 자료를 입력하여 신뢰도를 바탕으로 한 공사계획과 연계하여 종합적으로 공사계획을 수립할 수 있도록 한다.

공사계획부분이 수행하는 기능은 다음과 같다.

① 투자대상 설비 추출 관리
② 공사계획 입력 관리
③ 공사 종류별 개략공사비 유지관리

2.3.5 투자계획 평가관리

전 단계에서 계획된 공사들을 대상으로 우선순위를 평가한다. 신뢰도만을 반영한 평가, 사업소 기준에 의한 심사평가, 앞의 2가지를 퍼지룰을 이용하여 결합한 종합평가 등 3가지의 결과를 모두 검토 할 수 있다. 특히 민원 등 여러 가지 원인에 의하여 최우선으로 공사를 해야 할 경우가 있기 때문에 민원성 공사 등은 따로 분류한 상태에서 신뢰도에 의해 순위를 결정할 수 있도록 설계하였다.

투자계획 평가관리는 다음과 같은 기능을 담당한다.

① 신뢰도 및 심사평가 항목으로 우선순위 평가
② 항목 ①의 2가지를 결합한 종합 우선순위 평가
③ 심사평가 항목별 기준 유지관리
④ 회선별 SAIFI, SAIDI 개선정도 비교

신뢰도평가 결과

공사명	선로명	회선별 신뢰도 지수				IPoRI	설비투자 우선순위
		SAIFI(전)	SAIFI(후)	SAIDI(전)	SAIDI(후)		
[illegible] S/S 1회선 신설	한일	1.3777	0.9313	1.1676	0.8213	0.186	2
[illegible] S/S 1회선 신설	송산	0.7153	0.6442	0.6053	0.5342	0.607	3
[illegible] P/O 1회선 증설	경동	0.5795	0.4259	0.4695	0.3159	0.384	4
[illegible] S/S 1회선 신설	[illegible]	2.6603	1.7792	1.5503	1.6692	0.883	1
[illegible] S/S 1회선 증설	[illegible]	0.9687	0.7779	0.8567	0.8679	0.435	5
[illegible] S/S 1회선 증설	[illegible]	0.4943	0.4447	0.3443	0.3747	0.170	10
[illegible] S/S 1회선 증설	강릉	0.3577	0.4136	0.2477	0.3036	0.294	7
[illegible] S/S 1회선 신설	청학	0.5156	0.4566	0.4056	0.3466	0.616	6
[illegible] S/S 2회선 신설	기찰외1	0.7744	0.6305	0.6844	0.5205	0.475	8
[illegible] S/S 1회선 신설	[illegible]	0.5221	0.3342	0.4121	0.2242	0.106	13
[illegible] S/S 1회선 신설	[illegible]	0.8670	0.7006	0.7570	0.6906	0.194	11

닫기

그림6. 신뢰도에 의한 공사 우선순위 평가 결과

3. 결 론

본 논문에서는 전력연구원에서 개발한 한국형 배전계통 자산관리 시스템에 대하여 알고리즘을 포함하여 소개하였다.

KDAMS는 자산의 신도율 분석, 투자 및 유지보수에 따른 서비스 수준 향상 모델 등을 이용하여 배전계통의 투자/이득 모델을 확립함으로써 가장 효율적인 비용 투자 및 관리 도구를 제공할 것이며 배전계통 운용에 커다란 경제적 이득을 가져올 것이다. 또한, 유지보수 작업의 중복 및 과투자의 방지로 배전인력의 효율적 활용을 가능하게 할 것이며 적정한 자산 신도율 분석을 통해 배전 자산의 효율적 활용에도 기여할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 산업자원부, "배전계통 자산관리시스템 개발-2차년도 중간보고서", p.40-93, 2004
[2] 최정환, 박창호, 채우규, 장성일, 김광호, 김재철, 박정근, "배전계통 신뢰도를 고려한 전기설비투자 우선순위 결정기법", 대한전기학회논문지, 제54권 제4호, p.177-184, 2005
[3] 한국전력공사 배전처," '04-'06 배전설비 투자계획 수립 지침", pp. 1-35, 2003년 6월.
[4] Richard E. Brown, "Electric Power Distribution Reliability", New York: Marcel Dekker, 2002