

건축물 내 전기설비 이상 유무 진단 및 예측기법 개발

김영달 김호진* 김대식* 김재훈** 한상옥**
 한밭대학교 한국전기공사협회* 충남대학교**

Diagnosis of a trouble existence and development of prediction method for electrical equipment inside a building

Young-Dal Kim, Hyo-Jin Kim*, Dae-Sik Kim*, Jae-Hoon Kim**, Sang-Ok Han**
 Hanbat Nat'l Univ., KECA*, Chungnam Nat'l Univ.**

Abstract - The accelerating of industrial development causes electricity demand to increase. By that power equipments need high power, multi function and intelligence. Also consumers demand for guarantee power supplying of good quality and reasonable operating equipment. Also they require for reliance and stabilization of power facility. Therefore preventive maintenance of electric installation must be developed and improvement of domestic technical level is needed in the maintenance management of equipment.

The diagnosis of trouble existence is technique that compares steady state with unusual condition, whereas the prediction technique makes a diagnosis of remaining equipments life.

It is difficult for us to diagnose trouble existence of electric installation and to develop prediction method in building because of a wide scope for electric installation in building. And in this paper we will investigate diagnosis and prediction method for only switch part of electric installation in building.

1. 서 론

국가 산업 발전의 가속화는 전력수요의 급증을 유발하며, 이에 따라 전력기는 대용량화, 다기능화 및 인텔리전트화 되고 있다. 또한 전력 수용기는 양질의 전력공급라인 확보와 합리적인 설비운용을 요구하면서, 전력설비 기기의 운전 신뢰성과 안정성을 더욱 요구하게 되었다. 그러므로 설비기기의 유지관리 측면에서 전기설비 예방보전기술의 발전과 국내 기술수준의 향상이 더욱 필요한 시기이다. 전기설비 진단측면에서 종합적인 전력수급체계는 계속 개선되어야 하며, 전기설비기기의 유지관리 기술인 이상 유무 진단기술 및 예측 기술의 개발에 주력하는 것이 요구된다. 이상 유무 진단 기술은 설비의 정상상태와 이상상태를 비교분석하는 기술이며, 예측 기술은 설비기기의 노후정도 및 잔여수명 등을 진단하는 기술이라 할 수 있겠다. 최근의 설비 이상 유무 진단 기술은 이상 징후를 외부에서 탐지하고 예지하여 사고가 치명적으로 확산되지 않도록 대처하는 예측 기술 방식과 점점 업무의 자동화를 통해 업무의 효율성을 향상시키고 있다.

이상 유무 진단 기술은 설비의 실시간 상태감시와 관리의 전산화를 통한 체계화가 필요한데, 국내의 경우 이러한 분야의 연구는 전기공급 설비를 대상으로 이루어지는 것이 대부분이고, 전기수용설비를 대상으로 한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

최근 들어 전기설비 유지관리기술은 설비의 보수시점 및 합리적인 보수방법을 결정하기 위해 적용되는 설비진단기술에 관심을 갖고 있다. 설비의 열화정도 및 고장유무를 관측하여 그 결과에 따라서 설비의 유지관리가 실

시되는 방식이 바람직하며 미국, 유럽 및 일본 등에서는 1970년대 초부터 이 분야에 대해서 많은 투자와 연구가 진행 중이다. 외국의 통합형 설비보전관리시스템의 개발 기술은 기술력에 있어서 성숙단계에 있으나, 국내의 설비보전관리시스템 기술은 선진기술에 비해 경쟁력이 열악한 수준이다. 현재 국내에 보급되어 있는 시스템은 외국의 기술이 그대로 수입된 경우가 대부분이며, 최근 연구소와 학계 및 기업에서 관심을 가지고 요소기술별로 연구가 진행 중에 있고, 일부 연구소에서 이 분야에 대한 관심을 가지고 전기설비분야의 설비유지관리 및 진단시스템에 대해서 연구가 진행 중에 있다.

이에 본 연구에서는 여러 요소기술 중 전기수용설비를 대상으로 개폐기류의 이상 유무를 분석하고 메카니즘을 정립하여 건축물 내 전기사고 방지를 위한 전기설비 이상 유무 진단 및 예측 기법 개발에 대한 초석을 마련하고자 한다.

2. 본 론

2.1 개폐기의 분류

개폐장치는 전기회로를 구성 및 분리, 변경을 목적으로 사용되는 기구 또는 장치를 총칭하는 것으로 차단기, 단로기, 퓨즈와 같은 기기뿐만 아니라 모선, 차단기, 단로기, 접지장치, 변성기 등을 금속계함에 내장시킨 가스절연장치(Gas Insulated Switch) 및 MCSG(Metal Clad Switch-Gear)를 포함한 넓은 의미로도 사용된다. 이러한 개폐기의 종류는 아래와 같이 구분된다.

- 가스절연 부하 개폐기
- 자동 고장 구분 개폐기
- COS(Cut Out Switch)
- 서지 흡수기
- LBS(Load Break Switch)
- 기중 부하 개폐기
- 자동부하 절환 개폐기

2.2 개폐기의 운전현황

우리나라는 1960년대부터 무제한 송전이 가능하게 됨에 따라 공급능력이 부족한 3.3, 6.6kV 배전선로를 3상 4선식 22.9kV-y 선로로 점차 승압함에 따라 장공장, 대용량 배전계통에 대한 선로용 보호기기의 필요성이 대두되었다. 이에 부응하여 1999년부터 전류 감지식 과전류 보호기로서 유압식 자동재폐로 차단기(Recloser)를 도입하여 사용되었으며, 그 후 전자식 제품의 도입과 함께 1980년 초 국산화에 성공하였다. 1970년에는 보호협조를 위해 분기선에 자동구간 개폐기를 설치, 운전하였으며 1974년 자동루프스위치, 1994년에는 고장구간 자동검출개폐기의 운영으로 고장구간 축소가 가능케 되었으며 아울러 배전선로 자동화 운전을 추진하였다. 현재 국내 22.9kV-Y 배전계통에 설치 운영되고 있는 차단기 및 개폐기는 보호기기 약 8만대, 지중선로용 개폐기 2만 여대

로 총 10만 여대이다. 개폐기의 대부분은 SF₆ 가스절연 방식인 Gas Switch와 지중개폐기이며, 전체의 개폐장치 의 87.2%를 점유하고 있다.

2.3 개폐기의 고장현황

표 2.1은 2001년도 국내 개폐기에서 발생한 고장을 원 인별, 기기별로 표시하고 있다. 개폐기류 고장은 34%는 자연열화에 의한 고장이며, 제작 불량에 의한 고장도 22%를 점유하고 있어 제조공정에 대한 품질 개선이 필 요한 실정이다. 또한 가스절연 부하개폐기가 전체 개폐기 류 고장의 53%를 점유하고 있어 고장감소를 위해서는 SF₆ 가스 절연상태의 예방진단 및 감시시스템 구축이 요 구된다.

표 2.1 국내 개폐기의 고장현황

구분	자연 열화	외물 접촉	자연 현상	제작 불량	일반인 과실	기타
I/S	1	7	1	0	1	1
COS	9	7	3	1	1	0
G/S	26	0	3	24	0	4
R/C	8	8	2	1	1	5
지중개폐기	4	0	0	5	13	3
기타	0	0	0	0	0	4
합계	48	22	9	31	16	17
점유율(%)	34	15	6	22	11	12

I/S : Interrupt Switch
G/S : Gas Insulated Switch
R/C : Recloser

2.4 개폐기의 이상유무 메카니즘

기기 자체에 대하여 전혀 영향을 주지 않는 noninvasive 진단 및 감시가 여러 곳에 이용되고 또 새 로운 방법들이 개발되고 있는데 이러한 noninvasive 진 단 감시의 대상으로는 transient 현상 또는 순간적인 동 작이 계속되는 곳이다. 개폐기는 순간적인 동작이 자주 일어나는 전기기기이다. 이러한 기기가 동작 중일 때 순 간적인 stress가 작용하게 되어 개폐기 자체에 대해 열화 현상이 진전하게 된다. 전력계통과 계통의 기기에 대하여 높은 신뢰도가 요구됨으로 개폐기에 대한 주기적인 기계 적/전기적 점검과 해체 보수(overhaul)가 요구되고 있다. 하지만 이러한 보수에는 2~10일 정도가 소요된다. 그러므 로 성공적인 noninvasive 진단을 적용하면 보수 간격을 늘릴 수 있고 자동화 가능성을 사전에 검출할 수 있다. 이것은 경제적인 선로 운용과 신뢰성 높은 운용을 동시 에 만족시켜 준다.

차단기 상태를 나타내는 여러 변수가 있는데 그 중에 서 전기적 변수, 이를테면 접촉 저항, 접촉자 부식은 기 계적 문제에 이어서는 중요한 것이 아니다. 하지만 전력 회사에서는 차단기를 현재 계속 신뢰성 있게 사용할 수 있는지에 대한 간단한 답을 원하고 있다. 그러므로 기계 적으로 일어나는 초기의 결함에 대한 지식이 있으면 전 력회사에 대하여 차단기에 대한 예방 보전에서 예측 보 전으로 변천할 수 있는 좋은 정보를 제공할 수 있는 것 이다. 예방 보전과 예측 보전에 있어서의 최우선 과제는 고장이 어떻게 발생하느냐에 대한 고장의 발생장소, 고장 의 발생상황, 고장에 이르기까지의 진전형태, 그리고 그 러한 고장이 생긴 직접, 간접적인 원인을 알아야 한다. 이러한 고장에 대한 이해를 바탕으로 보전에 대한 방향 이 얻어지게 된다.

이상유무 진단 메카니즘이란 고장에 이르는 경로를 다 각적으로 분석하고 각 진전 상태에서 어떠한 변화를 일 으키는가를 설명하는 것이다. 그러므로 고장에 대한 이해, 즉, 고장에 대한 메카니즘의 해석이 우선 있어야 한 다. 이상유무 예측에 있어서 이러한 이상유무 메카니즘 해석에 의한 고장 시 또는 고장으로 진전할 당시의 경향

과 외적으로 나타나는 현상을 이해해야 하고 이 현상 중 에 지속적으로 감시할 수 있는 변수를 택하여 설비의 예 지 검출 변수로 이용하게 된다.

전력설비의 고장에 대한 통계와 고장의 원인 그리고 고장에 이르는 스파크 현상을 조기 발견하고 이와 유사 한 정상적인 개폐 및 스위칭 현상을 지능적으로 구분하 여 정확하고도 신뢰성 높은 이상유무 진단 예측 시스템 을 구성하기 위해서는 설비의 고장 상황을 통하여 알아 낸 전기적 함수를 on-line으로 하여 고장원인 및 고장예 측을 할 수 있도록 고장 시에 대한 특징을 충분히 이해 하고 구분할 수 있어야 한다. 그리하면 설비에 대한 포괄 적인 이상유무 예지뿐만 아니라 설비의 상황에 대한 이 상유무 진단이 가능하게 된다. 개폐기에 있어서 발생하는 고장을 크게 나누어 분류하면 정상전압 상태에서 발생하 는 고장과 이상전압 상태에서 발생하는 고장으로 나눌 수 있는데, 정상전압 상태에서 발생하는 고장의 원인으로 는 점진적 진전에 의한 자연열화 또는 경년열화, 그리고 기타 외부에 의한 원인을 들 수 있고, 이상전압 상태에서 발생하는 고장의 원인으로서는 transient현상에 의한 것이 대부분이다. 이 중에서 이상전압 상태에서 발생하는 고장 은 예측이나 진단이 거의 불가능한 고장이므로 예측의 대상에서 제외된다. 이러한 고장은 기존의 보호기기에 의 해 쉽게 감지되어 보호기기를 동작시키기 때문이다. 하지 만 정상전압 상태에서 발생하는 고장의 경우에는 돌발적 상황 없이 점진적으로 발생하며 그 원인이 알려지지 않 은 경우가 많아서 쉽게 검출이 되지 않는다. 하지만 어느 순간에 이러한 점진적 과정이 일시에 고장을 일으키므로 시스템의 유지와 신뢰성 향상에 큰 문제를 일으키게 된 다. 그러므로 이러한 점진적 고장 현상, 정상상태에서 진 전하고 있는 잠복해 있는 고장현상을 밝혀 줄 변수를 구 할 수 있다면 이 변수를 상시 감시하여 상태진단 및 고 장 예측을 통하여 예측 보전을 이루어 시스템의 안정도 와 신뢰성을 만족시킬 수 있을 것이다.

그림 2.1은 개폐기의 이상유무 메카니즘을 나타내고 있 다.

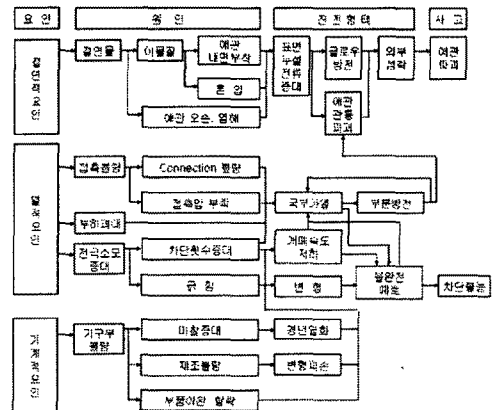


그림 2.1 개폐기의 이상유무 메카니즘

그림에서와 같이 차단기나 개폐기에 고장을 일으키는 요인에는 전기적 성능의 열화와 동작특성 등의 기계적 성능의 열화가 있다. 그리하여 절연에 문제가 생겨 표면에 누설전류가 증대되어 방전이 생기고 외부 섬락으로 발전하여 애관 파괴로 마감하기도 한다. 부하 과대로 인 한 열적 요인인 경우에는 국부 과열이 일어나 부분 방전 에 이르고 섬락으로 발전하게 된다. 또한, 전극이 소모되 어 차단 불능 상태에 이르기도 한다. 여러 고장 요인에 있어서 부분 방전 등의 신호를 나타내거나 누설 전류 등 의 전기적 상태가 나타나는 경우 이상유무 예측에 큰 도 움이 될 수 있다. 예측 측면에서 중요하다고 고려되는 부

분과 진전 과정은 질게 표시하였다.

2.5 개폐기의 이상유무 예측 기법

이상과 같은 이상유무 진단 메카니즘을 토대로 다음과 같은 방법에 의해 이상유무 예측 및 진단 시스템이 구성될 수 있다.

- 설비 고장 메카니즘에 대한 연구
- 메카니즘 연구에 따른 충분하고도 포괄적인 고장 변수 선정
- 고장 발생시의 상태를 나타내는 상황변수 설정
- 고장 변수와 상황 변수에 의한 선로상태의 원인규명
- 운전 및 사용 경험자의 지식 베이스

이와 같은 단계를 따르게 되면 이상 원인 규명과 이상 징후 및 진전 상황을 바탕으로 한 이상 상태에 대한 지식과 기 경험자의 진단에 대한 지식이 충분히 활용되어 보다 나은 시스템을 구성할 수 있게 된다. 그러므로 경험과 지식을 바탕으로 한 원인 규명과 고장 원인 메카니즘을 데이터 베이스화 하고, 이 원인 규명에 의한 변수를 선정하여 이 변수를 on-line으로 측정하여 지식 베이스에 의해 검정하고 진단한다면, 신뢰성 높은 고장 해석과 이상유무 진단이 가능하여 이를 바탕으로 고장 징후에 대한 예측을 할 수 있다. 그림 2.2는 이에 근거한 새로운 고장 해석 및 이상유무 진단 시스템을 나타내고 있다.

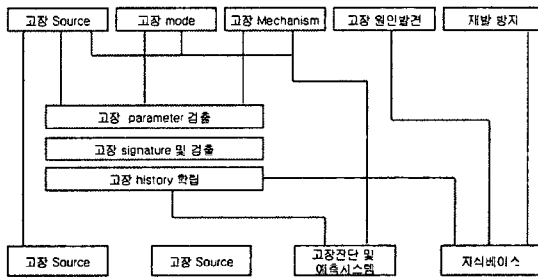


그림 2.2 고장해석 및 이상유무 진단 시스템

이 시스템은 feedback loop가 형성되어 있고 이것이 지식 베이스로 형성되며 이상유무 진단 및 예측 시스템은 이 기본 지식 베이스와 고장 상황 정보를 바탕으로 설비를 감시하고 고장 현상을 조기에 진단하여 발견하고 보전 지시를 내려 고장이 나기 전에 해당 선로를 수리 또는 교체할 수 있도록 하는 시스템이다.

이러한 기본 원리에서 고장 징후 해석 및 진단 그리고 예측 시스템의 개념을 설정하기 위한 고장 해석은 다음의 순서로 이루어진다.

- 설비의 상태 및 고장 징후를 발견
- 고장 징후 및 동작을 바탕으로 한 설비 진단 및 고장 예측 알고리즘을 개발
- 개발된 고장 알고리즘과 기존의 기기 고장 징후 연구 결과 및 사용자 운전자의 경험에 의한 지식 베이스를 형성
- 지식 베이스에 의한 인공 지능 전문가 시스템의 개발을 완성

현재 적용되고 있는 고장 해석에서의 재발 방지 방법은 원인에 대한 규명이 있음에도 불구하고 충분히 활용되지 않고 있는데, 이는 원인 요소에 대한 전기적 함수를 어떻게 측정하느냐에 대한 것과 또한 원인 규명에 있어서 사용자가 그동안 축적해 둔 지식과 경험이 이용될 수 있는 지식베이스의 결여 및 그 구조의 불합리성에 문제가 있다고 하겠다. 그러므로 그동안의 운전 및 사용 경험을 바탕으로 한 원인 규명과 고장 진단의 지식이 충분히 활용되어야 보다 나은 시스템을 구성할 수 있게 되며 경

험과 지식을 바탕으로 한 원인 규명과 고장 원인 및 메카니즘을 데이터 베이스화 하고, 이 원인 규명에 의한 전기 함수를 우선 선정하여 on-line에 의한 측정으로 기본 지식베이스에 의해 검정하고 진단한다면 신뢰성 높은 고장 해석과 이상유무 진단이 가능할 것이며 이를 바탕으로 고장에 대한 신뢰성 있는 예측을 할 수 있을 것이다.

3. 결 론

본 연구에서는 건축물 내 전기설비로써 개폐기의 이상유무 진단 및 예측 기법에 대해서 알아보았다.

이러한 이상유무 진단 및 예측 시스템은 정보를 바탕으로 전기설비를 감시하고 고장 현상을 조기에 진단하여 발견하고 보전 지시를 내림으로써 고장이 나기 전에 설비를 수리할 수 있도록 하여 전기설비의 보전 및 최적 운전에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 나아가 이러한 고장 해석 시스템을 근간으로 하는 지능적인 고장 진단 예측 시스템의 개발을 통해 전기설비의 안전운전 및 국가 관리, 공공사업의 유지 및 인명보호와 재산보호가 이루어질 것으로 기대된다.

본 연구(KECA-2004-02)는 한국전기공사업회의 지원에 의하여 수행되었음

[참 고 문 헌]

- [1] “변전설비 진단기술 개발연구”, 한전 전력연구원, 1998
- [2] “배전선로 고장징후 예지시스템 개발1차연구”, 한전 전력연구원, 1996
- [3] “전기설비 진단기술 국내외현황”, 한전 전력연구원, 1996
- [4] “절연열화 진단 시험방법”, 전기학회기술보고, 2부, 제182호, 859년, 12월
- [5] 특별고압 회전기, 케이블의 절연열화 진단기술“, 전기학회 기술보고, 2부, 제267호, 863년, 3월
- [6] “22.9kV 배전계통 개폐기의 개·폐 과전압 1차 측정 및 분석결과 보고서”, 한전 전력연구원, 2000
- [7] “23kV 차단기 개폐기류 특성 실증평가시스템 구축”, 한전 전력연구원, 2003