

전기설비 고장해석과 조기발견

김 창 중 <수원대학교 전기전자정보통신공학부 교수>
성 식 경 <삼성중공업 중앙연구소 수석연구원>

1. 서 론

전기설비의 신뢰성 확보를 위해서는 설비에서 일어나는 제반 현상 즉, 정상적 기기 동작, 설비에서의 고장 징후(incipient failure) 현상, 그리고 고장에 이르는 과정 현상을 진단하여 전기설비에 있어서의 재해를 방지하고 고장을 조기에 발견하여 전기설비 시스템에 대한 보전 조치가 취해지도록 해야 한다. 그러므로 전기설비의 고장 징후를 미리 예측하여 전기설비의 고장예지가 가능하고 기기에 대한 상태도 진단할 수 있는 예지 시스템을 개발하여 전기설비의 고장을 사전에 예방하여 설비성능을 향상시키고 설비 운용 및 유지를 최적으로 하는 새로운 개념 정립이 시급한 현실이다.

어느 시스템을 정상 운전하기 위해서는 시스템을 구성하는 각 요소에 대한 보전(maintenance)이 이루어져야 한다. 그리하여 각 요소에 대한 보전으로서 요소가 문제를 일으킨 이후에 보수하는 사후 보전과, 요소가 고장을 일으키기 전에 시간을 정하여 정기적으로 점검하고 보수하는 예방 보전 개념이 주로 행하여 졌다. 그러나 전기설비 시스템에 대한 고신뢰성이 요구되고 이 전기설비에 의해서 유지되는 공장조업이나 정보시스템 하드웨어 등이 고신뢰성을 요구함에 따라 시스템의 안정 운전, 지속 운전을 위하여 각 요소에 대한 상태보전(condition-based

maintenance) 개념과 예측 보전(predictive maintenance) 개념이 도입되게 되었다. 이 두 개념은 상태에 따라 또는 상태를 예측하여 보전하는 것으로 설비 시스템에 대한 고신뢰성을 유지해 줄 수 있는 개념이다. 이러한 예측 보전의 개념은 곧 각 설비에 있어서의 고장의 사전 검출(incipient failure detection) 또는 고장 예지(failure prediction)의 개념으로 도입되기에 이르렀다.

2. 전기설비 및 전기설비의 고장

전기설비란 전기 계통에 있어서의 system, 장치, 기계 및 부품 등을 일컫는 말이다. 그림 1에서 보듯 전기설비는 빌딩에서의 경우를 예를 들면, 각종 동력 설비와 전동 설비, 소방 설비 등에 전원을 공급하는 장치 및 기기 들을 말하는데 각 부하에 대하여는 분전반을 통하여 전력을 공급하게 된다. 전기설비의 고장이란 여러 요인으로 인해 그 설비를 제대로 사용할 수 없거나 이 설비에 크고 작은 재해가 생긴 것을 의미한다.

전기설비는 계속 사용하여 해가 거듭하면 열화(degradation), 이른바 경년 열화(aged degradation) 한다. 그 밖에 먼지, 유해 가스등으로 인한 부식 또는 진동으로 인한 마모, 변형 등이 있고 타 물체와의 접촉으로 인한 열에 의한 열화도 있다. 이와

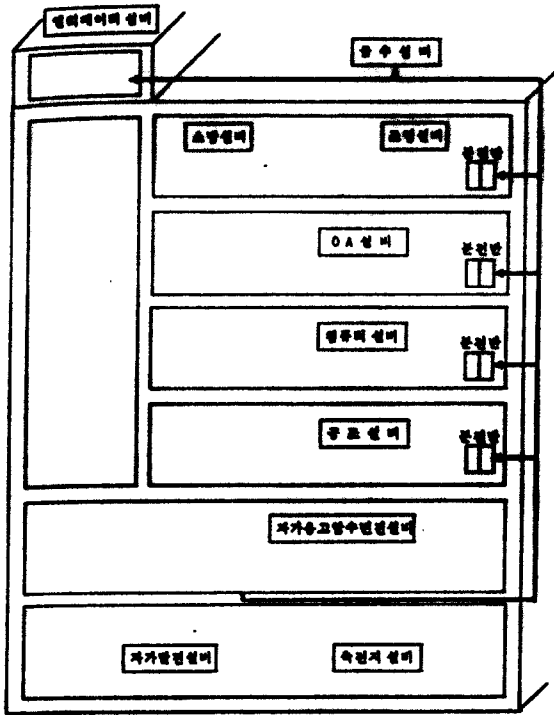


그림 1. 별당 전기 설비

같은 여러 가지 조건에 의해 열화가 계속되어 성능이 저하하고 계속 파괴 과정으로 진행된다. 따라서 성능 저하 또는 파괴 이전에 적절한 조치를 취하여야 한다.

전기설비의 보전(maintenance)이란 설비를 사용 및 운용 가능 상태로 유지하고 또는 고장 결함 등을 회복하기 위한 모든 처치 및 활동을 말한다. 보전은 고장이 생긴 후에 설비를 운용 가능 상태로 회복 위한 사후 보전(corrective maintenance)과 설비 사용 중의 고장을 미연에 방지하여 설비를 사용 가능 상태로 유지하고 고장의 징조 또는 결점을 발견하기 위해 시험하고 교환하고 수리하는 예방 보전(preventive maintenance)이 있다. 그러나 상태를 예측하여 보전하는 예측적 보전(predictive Maintenance)의 요구가 일어나고 있다.

전기설비는 전원 공급 측에서 볼 때 인입선을 통하여 전기설비로 들어가서 전력 측정을 위한 PCT (Potential and Current Transformer)와 WHM

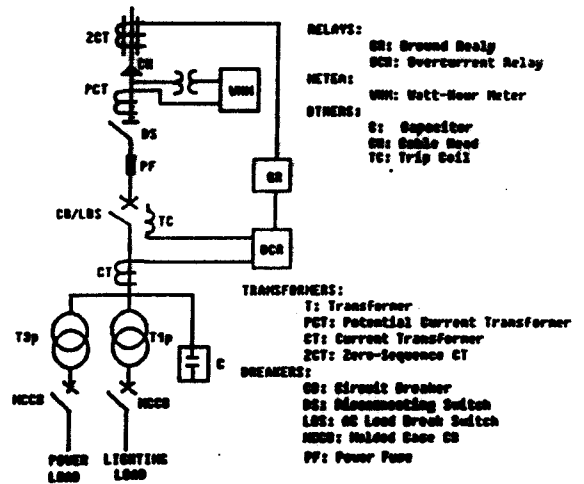


그림 2. 전기설비 회로도

(Watt-Hour Meter)을 지나고 수변전 설비 내에서 단로기(DS:disconnection switch), PT와 CT 그리고 릴레이(Relay)를 지나고 이들의 신호와 연결된 차단기(CB) 나 단로기(LBS)가 있다. 그리고 전압을 변환시키기 위한 변압기(Transformer)와 역률(power factor)개선을 위한 condenser가 수변전 설비를 이루고 있다. 여기에 부하 기기(동력, 조명, 기타)가 연결되게 된다 (그림 2 참조). 이러한 설비는 최근에는 캐비닛속에 설치되는 큐비클(cubicle)형으로 구성되는데 각 부의 기능은 다음과 같다.

- * DS(단로기) : 정격 전압에서 단순히 충전된 전로(電路)를 개폐하는 장치
- * C(역률개선콘덴서) : 고압 진상 콘덴서라고도 하며 전기설비에 병렬로 접속하여 무효 전력(reactive power)을 보상하여 역률(power factor)을 개선하게 하는 장치
- * 피뢰보호기(LA : Lightning Arrester) : 우뢰 및 낙뢰에 따른 충격과 전압에 수반하는 전류를 대지(ground)에 분류하므로 과전압을 제한하여 전기설비의 절연(insulation)을 보호하기 위한 장치
- * 차단기(CB : Circuit Breaker) : 평상시 또는 이상 상태에서 전로를 투입(on) 또는 차단(off)하는 장치
- * 고압변압기(Tr : Transformer) : 수변전 설비에서 고

압을 저압으로 변성(transform)하는 장치
 * 변류기 또는 계기용변성기(CT/PT) : 고압회로 및 저압 회로의 대전류(대전압)를 이것에 비례하는 소전류(소전압)으로 변성하는 장치

2.1 전기설비 통계 일반

전기 설비의 고장에 대해서는 한국 전기 안전 공사의 통계와 한국전력의 통계가 있어 여기에 정리한다. 전기안전 공사의 통계는 일반 사용자의 전기설비를 다루고 있고 한국전력에서는 전기의 공급설비에 있어서의 통계를 다루고 있다. 본 과제는 전기 사용자 편에서의 전기설비가 대상이므로 전기안전 공사의 통계가 직접적으로 이용될 수 있지만 한전의 데이터도 나름의 가치를 제공하고 있다. 그 이유는 전기설비는 공급 측이나 사용 측에서 사용하는 것이 원리나 동작이 거의 일치하기 때문이다.

사고 형태별 전기 설비사고발생 현황

사고 형태별 설비사고 발생 현황은 기기소손 515건(18.1(%)), 단선보호장치동작 388건(13.6(%)), 지락사고 385건(13.5(%)), 휴즈용단 369건(12.9(%)), 결상 345건(12.1(%))의 순이다.

사고기기 전압별 설비사고 발생 현황

전기설비 사고발생을 사고기기 전압으로 분류하면 22,900[V] 설비에서 1,054건(37(%)), 220[V]설비 964건(33.8(%)), 380[V]에서 670건(23.5(%))순이다. 수용가 수전전압별 분포는 22,900[V] 2,018건(70.7(%)), 380[V] 510건(17.9(%)), 220[V]에서 166건(5.8(%))순으로 나타났다.

용량별 설비사고 발생현황

용량별 전기설비사고 분포는 수전용량 100~299 [KW]에서 1,330건(46.6(%)), 300~499[KW] 671건 (23.5(%)), 75~99[KW] 3,444건(12.1(%))의 순으로 발생하였으며, 일반용 계약수용가인 75[KW]미만 설비에서도 282건(9.9(%))의 설비 사고가 발생한 것으로 나타났다.

기후별 사고분포

기후조건에 따른 설비사고는 맑은 날 813건 (63.6(%)), 비오는 날 581건(20.4(%)), 흐린날 362건(12.7(%)), 눈오는 날49건(1.7(%)), 태풍시 47

건(1.6(%))의 순으로 발생하였다.

환경조건에 의한 설비 고장

환경조건에 의한 설비는 양호한 지역에서 1,746건(61.3(%)), 분진지역 394건(13.8(%)), 염해지역 237건(8.3(%))의 순으로 나타났다.

전기설비사고 원인분석

고압설비에 발생한 설비사고 1,178건중 COS (Fused Cut-Out) 465건(39.5(%)), 변압기 179건(15.2(%)), MOF 116건(9.8(%)), 수배전용 개폐기 96건(8.2(%))등의 순으로 발생하였다. 고압설비에 발생한 설비사고를 원인별로 분류하면 자연열화 289건(24.5(%)), 과부하 10.건(8.7(%)), 부식 79건(6.7(%)), 풍우(5.6(%))등의 순으로 나타나 자연열화에 의한 설비사고가 가장 많은 것으로 분석되었다.

저압설비에 발생한 설비사고는 총 1,674건중 배선용차단기 265건(15.8(%)), 분기배선 158건(9.4(%)), 전동기 147건(8.8(%)), 기기배선 138건(8.2(%)) 등의 순으로 발생하였다. 저압설비에 발생한 설비사고를 원인별로 분류하면 자연열화 332건(19.8(%)), 과부하 241건(14.4(%)), 수분 및 물기 침투가 201건(12(%)) 등으로 나타났다.

2.2 전기설비의 고장 진전 현상

각 설비 기기에서는 고장이 생겼을 때의 초기 현상과 진행 과정에 따라 특유의 상황 (signature 지문) 을 나타내게 된다. 이러한 현상과 진행 과정을 조사하고 분석하면 각 기기의 고장 및 진단을 용이하게 행할 수 있다. 다음의 각 부위에서 일어나는 고장 과정을 분석하여 보자.

- a. 인입선
- b. PT 및 CT등의 측정 기기
- c. CB 나 LBS 등의 차단기기
- d. Transformer
- e. 역율개선용 condenser
- f. 기타의 설비 기기

인입선

인입선의 경우 고장 원인은 자연 열화가 대부분이

다. 동축 케이블을 사용한 경우에는 습기에 의한 water tree상의 내부 열화로 인해 절연이 파괴되며 케이블 단말에서 내부 compound열화로 인해 아크가 발생하고 단락 하는 현상이 일어난다. 또한 전선의 접속 시에 부분 접촉불량이 발생하여 아크나 spark가 일어나고 이로 인한 과열에 의해 전선이 연소하고 화재로 발전하는 것이다. 인입선의 아크나 spark 또는 부분 방전이 고장이 진전될 때 전기적으로 감지할 수 있는 parameter가 될 수 있다.

PT/CT

PT나 CT의 경우에는 비락과 자연 열화 그리고 제작 불완전에 의한 사고가 많다. 이 경우 mold에서의 단락과 과열에 의한 부분 방전이 지락으로 발전되어 그 동작이 중지되거나 또는 conductor 단자에서 접촉 저항이 증대하여 아크나 spark가 발생하고 과열로 인해 지락 사고가 되는 경우 그리고 lead line에서 습기로 인한 부분 방전에 의한 지락 사고의 가능성이 있다.

이 경우에서도 arc, spark, 또는 부분 방전이 전기적 parameter가 되어 예방 보전 시스템에서 이용하여 고장을 조기에 찾아낼 수 있다. 그림 3에 계기용 변압기 (PT)의 고장 메커니즘을 나타내었다. 이 고장 메커니즘에서 보면 은-라인 감시의 관점에서 특히 부분방전 발생이 하나의 변수가 될 수 있음을 알 수 있다. 이 부분방전은 고주파를 발생하게 되는 때 고주파를 측정할 수 있는 센서와 분석기에 의하여 측정할 수 있다.

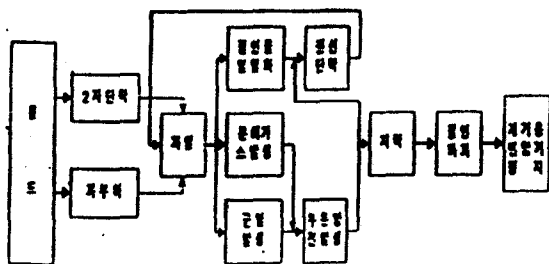


그림 3. 계기용 변압기(PT)의 고장 메커니즘

차단기 종류

CB나 LBS의 기기에서는 타물건 접촉에 의한 사고가 가장 많고 자연 열화에 의한 사고도 생긴다. 절연체에 이 물질이 부착하여 절연 열화로 인해 아크 단락에 의해 방전으로 진행되어 외부 섬락(flash-over)으로 나타나서 애관이 파괴되거나, OCB의 경우 열화로 인해 접촉불량 또는 전극 소모에 의해 국부 과열 등으로 부분방전이 일어나고 외부 섬락으로 진행되고 하며, 기계적인 이완이나 탈락에 의해 같은 경로로 진행될 수 있다. 이와 같이 모든 고장 경로에 arc, spark, 또는 부분방전이 일어나므로 이를 찾아내고 정상 switching현상과 구분이 가능하다면 실수 없이 신뢰성 높은 예방 보전이 가능하다. 그림 4에 차단기 고장의 mechanism중에서 온라인 감시의 변수가 되는 부분만을 표시하였다. 여기에서도 특히 glow방전과 부분방전 현상이 온라인 감시의 한 변수가 될 수 있다.

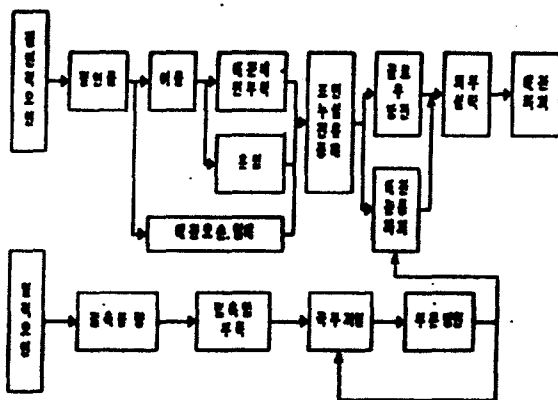


그림 4. 차단기의 고장 메커니즘

변압기 종류

Transformer 고장은 과부하에 의한 고장 과 자연 열화도 그 원인이 된다. 외부 힘이 균열에 의한 누설 또는 애관등의 균열에 의한 부분 방전 그리고 철심 coil의 체결 부족에 의한 과열이나 전기접속부의 습기에 의한 절연 저하로 일어나는 가스 발생에 의한 부분 방전으로 진행하여 내부 섬락으로 발전한다. 이 경우도 역시 arc, spark, 방전 현상을 정확히 알아내면 고장을 조기에 진단하고 예방할 수 있다. 그

림 5에 고압 변압기의 고장 mechanism중에서 온라인 감시의 변수가 되는 부분만을 표시하였다. 부분 방전과 방전현상이 온라인 감시의 변수가 될 수 있다.

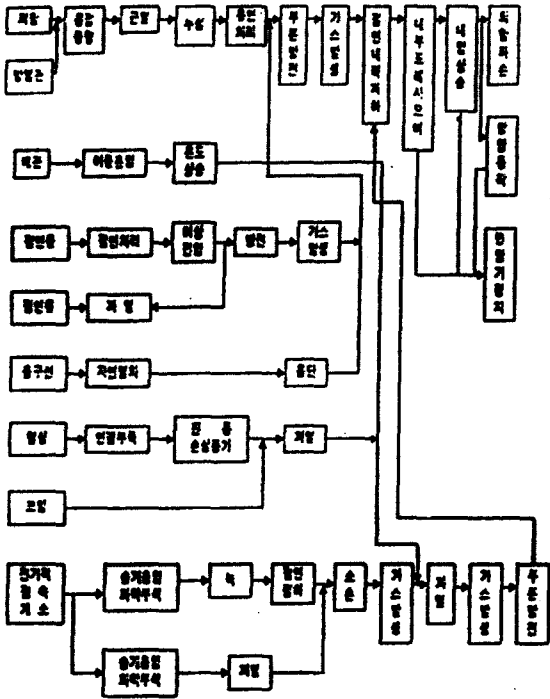


그림 5. 변압기의 고장 메카니즘

전력용 콘덴서

역률개선을 condenser의 경우 자연 열화에 의한 고장이 대부분이다. 즉, 외함(case)의 부식과 흡습, gasket의 탄력 저하에 의한 흡습, 예판 crack에 의한 흡습은 부분 방전(partial discharge)으로 진전하여 가스 발생과 함께 내부 섬락으로 진행된다. 그 외에 단자 접촉불량에 의한 과열 이 지락으로 발전하기도 하며 절연유의 이상이 내부 섬락으로 발전하기도 한다. 이 경우에도 결국 arc, spark, 방전의 검출이야말로 가장 중요한 전기적 parameter가 되어 고장을 조기에 발견할 수 있어 고장으로의 진전을 중지시킬 수 있다. 이렇게 함으로 on-line 그리고 remote-control에 의한 예방 보전적 고장 조기 검출이 가능하게 된다. 그림 6에 고압 진상 콘덴서의 고장

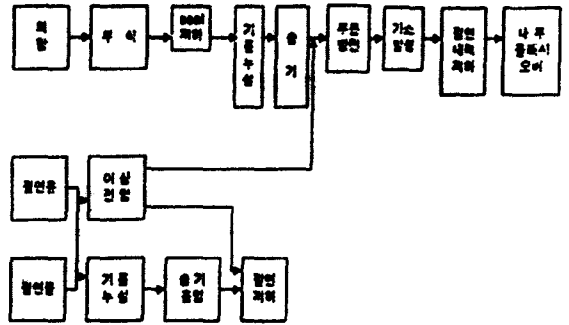


그림 6. 전력용 콘덴서의 고장 메카니즘

mechanism 고장 mechanism중에서 온라인 감시의 변수가 되는 부분만을 표시하였다. 부분방전이 주요 변수의 하나가 된다.

3. 조기 고장 검출

앞 절에서 다른 고장 메카니즘에서는 대부분 아크, 스파크, 또는 부분 방전이 포함되어 있다. 그러므로 아크와 스파크 및 방전 현상이 중요한 변수가 된다. 고장 초기에 일어나는 spark 현상은 아직도 채간에 충분한 potential을 이루지 못한 경우이고 electron avalanche가 일어나면 restrike가 되어 arc로 진행하게 된다. 이러한 arc현상은 arc의 특징인 전압과 전류와 의 역비례 현상을 보여 time-domain에서의 현상으로 구분이 가능하다. 그러므로 time-domain 방법과 frequency-domain 방법을 동시에 사용하면 이러한 검출을 더 효율적으로 할 수 있다.

그리고 이러한 주파수 및 시간 변수 외에도 기기 현상을 진단하는데 도움을 주는 전기신호의 변수가 생긴다. 즉, 에어콘을 많이 가동할 때의 콘덴서 투입이나, 비가 오고 번개칠 때의 절연열화 및 누전 현상에 의한 접촉 불량성 spark 현상이 더 빈번하게 된다. 그리고 뇌우 현상 중에도 이러한 transient 현상이 나타나게 되므로 신뢰성 높은 전기설비 진단 및 고장 징후 발견을 위하여 새로운 변수 즉, 환경 변수를 사용하여 각 기기의 동작 시간, 날씨에 따른

특수 기기의 투입 절리에 대한 정보가 고도로 이용되도록 한다.

이 세 가지 변수에 의한 전기설비 현상 해석을 고도로 하기 위해서는 이들 세 가지 방법에 의한 결과를 상승적으로 결합하여 전문가 시스템으로 개발하는 방법이 요구된다. 그리하여 전문가 시스템에 사용되는 여러 추론 방법과 전문가 시스템을 개발할 수 있는 툴(tool)을 사용하여 전문가 시스템에 의한 고장 진단 및 고장 예측 시스템이 요구된다.

3.1 전기설비 고장 진단 및 예지를 위한 구조

각 기기의 고장 상황을 통하여 알아낸 전기적 함수를 on-line으로 하여 고장원인 및 고장 예측을 위해서 가장 중요한 것은 이들 각 기기들의 고장 시에 대한 특징을 충분히 이해하고 구분할 수 있어야 한다. 그리하면 전기설비에 대한 포괄적인 고장 예측 뿐 아니라 전기설비 내의 각 기기 상황에 대한 고장 진단과 예측이 가능하게 된다.

앞에서 설명한 바와 같이 전기설비는 계속 사용하여 해가 거듭하면 열화, 이른바 경년 열화 한다. 여러 가지 조건에 의해 열화가 계속되어 성능이 저하하고 계속 파괴 과정으로 진행된다. 따라서 성능 저하 또는 파괴 이전에 적절한 조치를 취하여야 한다. 설비에 잠재해 있거나 밖으로 드러나는 고장에 대해 그 고장의 mechanism, 발생률, 영향을 검토하여 시정 조치를 결정하는 계통적 조사 연구를 고장 해석(failure analysis)이라고 한다. 이 고장 해석은 고장 mode, 고장 mechanism 및 이것의 관련성을 상세히 조사하여 설비가 고장에 이르는 경과는 원인을 명확히 하여 재발방지 및 다른 경우에서의 사전 예방이 가능하도록 하는데 그 목적이 있다. 이러한 전기설비에 대한 고장 해석을 도표로 나타내면 그림 7과 같다.

그림에서 보는 것처럼 전기설비에 있어서의 고장이 일어날 수 있는 장소 또는 기기 및 부품(failure source)에 대하여 고장 상태(failure mode)를 분류하고 물리 화학적, 기계적, 전기적, 인간적 원인에 의한 전기설비 고장 상태의 진전과 진행(failure mechanism)을 파악하여 고장 원인이 설계, 제작,

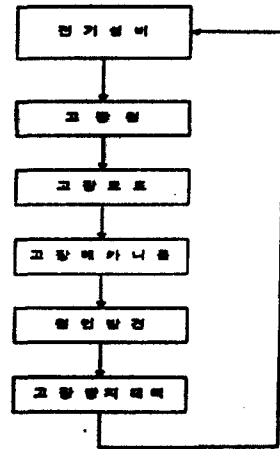


그림 7. 고장 방지를 위한 고장 해석의 순서

사용 또는 보전에 있었는지를 발견(failure finding)하고 이에 따라 재발 방지(prevention measure)를 위해 그 부위를 더욱 감시하고자 하는 것이 현재의 고장에 대한 대처법이라 할 수 있다. 이러한 대처법은 직접적 결점이나 사후 상황에 따른 대처로 나타나서 재발 방지가 수동적이고 off-line으로 진행되고 있으며, 또한 열화 상태가 단순한 관찰범으로는 발견되지 않는 것이 다수여서 고장방지에 대한 새로운 방법이 필요하다.

현재 적용되고 있는 고장 해석에서의 재발 방지 방법은 원인에 대한 규명이 있음에도 불구하고 충분히 그것이 활용 안되고 있다. 그 이유는 원인 요소에 대한 전기적 함수를 어떻게 측정하느냐에 대한 것과 또한 원인 규명에 있어서 사용자가 그 동안 축적해 둔 지식과 경험이 이용될 수 있는 지식베이스(knowledge base)의 결여 및 그 구조의 불합리성에 문제가 있다고 하겠다. 그러므로 그 동안의 운전 및 사용 경험을 바탕으로 한 원인 규명과 고장 진단의 지식이 충분히 활용되어야 보다 나은 시스템을 구성할 수 있게 된다. 그러므로 경험과 지식을 바탕으로 한 원인 규명과 고장 원인파 mechanism을 data base(또는 knowledge base)화 하고, 이 원인 규명에 의한 전기 함수를 우선 선정하여 이 함수를 on-line에 의한 측정으로 기본의 지식베이스에 의해 검정하고 진단한다면 신뢰성 높은 고장 해석과 고장

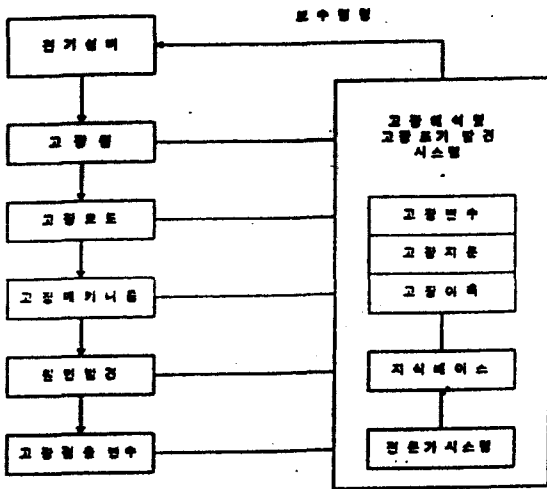


그림 8. 새롭게 제안된 고장 해석의 구조

진단이 가능하여 이를 바탕으로 고장에 대한 예측을 할 수가 있다.

또한, 이러한 기존의 운전 및 사용 경험뿐만 아니라 여러 가지 이유로 고려하지 못했던 parameter들을 이용한 새로운 검출법 및 진단법이 가미되어야 하겠다. 최근에 전기 신호에 대한 여러 방법이 연구되고 실용되고 있으므로 이러한 방법이 새로이 고장 해석 system에 더해지고 추가되면 더욱 향상된 고장 진단 및 예측 system을 이룩할 수 있다. 그러므로 이러한 고장 해석 system을 근간으로 하고 새로운 진단법 및 검출법을 추가 및 새로 개발하여 지능적인 고장 진단 예측 system을 이루어 전기설비의 안전 운전 및 국가관리 및 공공 사업의 유지 및 인명 보호와 재산 보호가 이루어지도록 하고 있다. 이에 근거한 새로운 고장해석 및 고장 진단법을 그림 8에 나타내었다.

이 새로운 시스템은 feedback loop가 형성되어 Failure Source, failure mode, failure mechanism의 분석 결과에 의하여 failure parameter, failure signature, failure history가 기존의 운전 경험에 의한 knowledge base에 추가되며 expert systems의 근간인 expert system shell의하여 결합되어 고장 진단 및 고장 예측 시스템을 구성하게 된다. 고장진단 및 예측 시스템은 이 knowledge와 고장에 있어서

의 정보를 바탕으로 전기설비를 감시하고 고장 현상을 조기에 진단하여 발견하고 보전 지시를 내려 고장이 나기 전에 설비를 수리할 수 있도록 하여 전기설비의 보전과 최적 운전에 큰 기여를 하게 된다.

3.2 고장 예지 및 진단 시스템의 구현

전기 설비의 고장 예지 및 진단에서 가장 중요한 것은 각 전기설비에서 내부적으로 고장이 진전되고 있는 상황을 나타내 줄 수 있는 변수의 검출과 선정이 중요한 요소가 된다. 앞의 전기 설비 고장 메커니즘에서 다른 바와 같이 이러한 변수에는 arc, spark, discharge 등이 있다. 그러므로 각 기기의 arc, spark, 방전 현상을 사람의 지문처럼 구별할 수 있다면 전기신호를 인입단에서 sampling하여 인입선을 포함한 전체 전기설비의 고장 유무를 진단할 수 있다. 그러므로 본 수전선 설비에 대한 예방 보전 시스템을 구성함에 있어서 가장 중요한 것은 전기적 parameter에 의한 각 기기 특유의 signature를 알아내는 것이며 그 후 이를 바탕으로 조기 고장 진단이 가능한 것이다.

변수 선정의 방법에는 transient 현상을 time-domain에서 찾고 각 기기의 특유의 구조와 동작 특성에 따라 판별하는 방법이 있는데, transient analysis나 crest factor 등을 이용하여 waveform에 대한 distortion을 특징 짓는 방법이다. 다른 방법은 waveform의 주파수 특성을 조사하고 이에 따라 기기 특유의 주파수 성분을 구별하여 각 기기를 분류하는 방법이 있다. 이 주파수 해석이 많이 사용되어 왔고 좋은 성과를 보이고 있으나 다른 기기의 동작에서도 유사한 특성이 보여 민감한 특성은 있으나 안전성이 결여되는 경우가 많다. 이 frequency-domain에서의 방법은 60(Hz)의 전기적 신호에 잡음으로 특징 되는 spark나 아크 전류의 주파수 특성을 이용하는 것이다. 아크나 spark의 주파수 특성을 이용하는 두 가지 방법은 parameter로 고조파 성분을 우선 sampling하고 이 sample된 고조파 (harmonic) 성분들에 대해 그 성분의 크기(magnitude)를 이용하는 것과 그 성분이 시간에 따라 변화하는 량을 parameter로 하는 알고리즘의 두 종류로 대별된다. 이

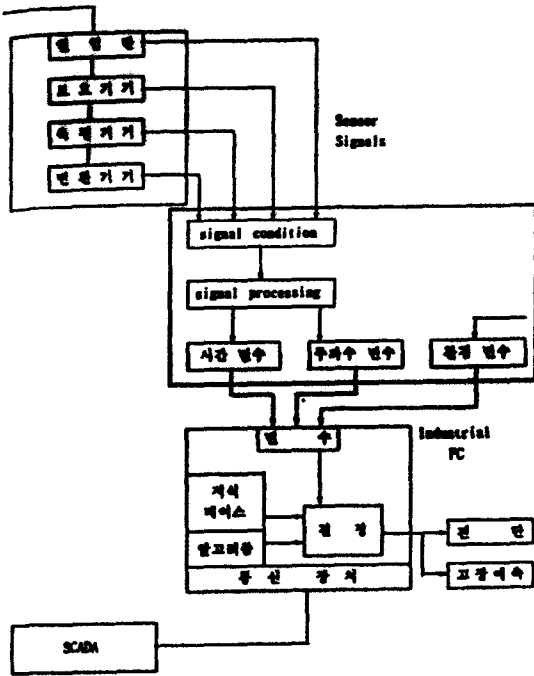


그림 9. 고장 진단 및 예지 시스템 하드웨어 구성

두 개의 알고리즘을 동시에 사용하면 신뢰성 높은 sensitive 한 고장검출기를 실현할 수 있다.

한편 이 고조파 성분은 존재는 고장에 의해서 뿐 아니라 정상적 활동 즉 스위칭 현상에 의해서도 가능하므로 무조건 sensitive한 고장 검출 기를 완성했다고 해서 농사는 아니다. 고장란을 구별하여 정확한 검출을 하는 것은 현재 해결해야 할 가장 어려운 과제이다. 전기설비 고장은 그 초기의 아크 및 spark 주파수 특징이 일반 정상 스위칭과 아주 유사한 특징을 갖고 있기 때문이다. 이 고장 진전을 발견하지 못하여 그대로 놓아두면 대형 재해 또는 사고의 위험이 야기되고 또한 사람과 가축에 피해를 입히는 등의 전기 안전 사고가 유발되지만 일반 정상 스위칭 현상을 고장 조기 현상이라고 오인하여 전기 설비를 중단하고 보전 활동 즉 교환이나 수리를 시도한다면 다른 큰 문제 즉, 정전으로 인한 불편과 공장 조업 중단 등의 문제를 일으키게 된다. 그러므로 신뢰성 있는 고장 조기 검출 기는 sensitive하면서도 security가 높은 시스템이 되어야만 한다. 전문가 시

스템에 근거하여 위의 변수 검출과 지식 적용을 고려하여 고장 예지 및 진단 시스템의 하드웨어는 그림 9와 같이 구성할 수 있다.

그림에서 보면 인입단, 보호기기, 측정기기, 및 변환기기로 구성된 수변전설비에서 각 기기로부터 전류와 전압의 신호를 측정하고 이 신호는 필요한 시간 변수와 주파수 변수를 분류하기 위해서 신호처리의 과정을 거치게 된다. 이에 추가하여 환경 변수가 더해진다. 이러한 변수와 knowledge에 의하여 진단과 고장 예측이 이루어지며, 이 시스템은 stand-alone으로 사용할 수도 있고 SCADA와 같은 기존의 데이터 획득 및 제어 시스템에 연결하여 사용할 수도 있다.

이러한 시스템 구조하에서 전기설비 진단 및 예지를 위한 변수를 기존의 시간 함수에 추가하여 주파수 변수에 의한 분석을 더하고 아울러 환경 변수 추가 및 변수 상승적 결합에 의하여 고장 예지 및 진단 변수 및 상관 관계 결정하게 된다. 이에 따라 다음과 같이 전기설비 고장 진단 및 예지를 위한 knowledge가 종합적으로 사용된다.

- * 기존에 개발된 기기 특성 및 고장 징후 이용
- * 접촉 현상, 기기 고장 징후, 기기 동작 특성 이용
- * 전기설비의 현상에 대한 신호해석 및 처리에 의한 절연 노후, 스파크, 아크 현상과 특징 구분
- * 주파수 변수와 시간 변수에 의한 제현상 분류
- * 환경 변수의 사용에 대한 정보 이용
- * 유사한 일반 개폐 및 정상 스위칭현상 구분
- * 변수의 지능적 분류 및 전문가 시스템에 의한 최종 진단/예지

4. 결 론

문명의 발달과 생활 수준의 향상으로 인하여 가정과 사무실 그리고 공장동에 있어서의 전력 사용량은 날이 증가하고 있으며 이에 따라 전기 설비도 증가하고 있어서 안전하고 안정적인 전기의 공급 및 사고의 미연 방지를 위하여 전기설비에 대한 보수관리가 이루어져야한다. 그러나 현재까지의 보수의 개념

은 고장 발생후의 사후보수와 시간을 정해놓고 하는 예방정비 또는 예방 보수에 그치고 있다. 그러나 고장의 발생을 미리 알 수 있다면 가장 적절한 보수체계를 유지할 수 있을 것이다. 본 글에서는 이러한 개념에서 전기설비에 대한 고장 해석과 함께 조기 검출을 위한 방법론을 전개하였다. 이를 위하여 전기

설비에 대한 일반론과 전기 설비의 고장 과정 및 그 원인 그리고 이러한 전기설비의 고장을 방지하기 위한 기존의 고장 해석법과 전문가의 지식과 경험 그리고 새로운 변수를 결합한 고장 조기 검출 구조에 대하여도 다루었다.

◇ 著 者 紹 介 ◇

김 창 종(金昌鍾)

1957年 4月 8日生. 1980년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1982년 서울대 대학원 전기공학과 졸(석사). 1983~1985년 LG산전 연구소 연구원. 1989년 TEXAS A & M 대학 전기과 졸업(박사). 1990~1992 TEXAS A & M 대학 및 TEES(텍사스주립연구소) 연구교수. 현재 수원대 전기과 교수. 당학회편수위원.

성 석 경(成錫慶)

1958년 9월 2일생. 1981년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 Texas A&M 대학 전기공학과 졸업(박사). '84년~'86년 부산대학교 공대 전기공학과 조교. '86년 ~'87년 삼성중공업 연구소 주임연구원. '88년 Detroit Edison 연구소 연구원. '92년~현재 삼성중공업 대덕연구소 수석연구원.