

1 자가용 전기설비의 안전 관리를 위한 감시 및 예방 진단 기술

김 세 동

두원공과대학 교수 / 공학박사, 기술사

1. 머리말

전기사업법상의 「자가용 전기설비」는 수전 장소 및 담·울타리 기타의 시설물로 타인의 출입을 제한하는 동일 구역에서 ① 수전 전압이 고압(600V 초과) 이상이거나 수전 전력이 75kW(제조업은 100kW) 이상인 경우 ② 용량 20kW 이상의 흥행 및 유흥장(카바레, 나이트클럽, 댄스홀, 헬스클럽), 다중 출입장소(시장, 대규모 소매점, 음식점, 병원, 호텔, 상점가, 도매 센터 등) 등에서 사용하는 전기설비를 규정하고 있다.

그러나 일반적으로 전기설비는 건축물 및 그 외 용도와 목적에 적합한 종합적인 전기설비를 의미하는 것으로서 건축물 내의 주거환경을 구성하는 요소인 옥내설비가 주가 되고, 그 외의 옥외설비 등을 포함한다.

빌딩이나 공장 등의 일반 수용가에 시설되는 전기설비는 수용가 내의 각종 장치, 설비, 시스템에 대한 중추적인 전력공급 전원으로서 매우 중요한 위치에 있다.

특히 최근에는 인텔리전트빌딩, 지능형 아파트의 보급에 의해 정보처리 시스템, 오피스 오토메이션(OA) 시스템, 빌딩 오토메이션(BA) 시스템, 시큐리티 시스템 등이 충실해지고 있으며, 이에 따라 수용가의 단위 면적당 부하 밀도도 150~160VA/m² 정도로 종래에 비해 크게 증

가하고 있다.

또한 전력품질 면에서 각종 설비기기측으로부터 전력 공급측에 대한 요구도 다양화되고 있다. 전원설비로서의 전기설비는 부하측에 대해 안정된 고품질의 전원을 24시간, 365일 연속하여 경제적으로 공급할 필요가 있다. 이를 위해서 전기설비의 안전성과 고신뢰성을 확보해야 하며, 철저한 안전 관리를 위해서 메인터넌스 프리 및 오조작 방지, 유지관리 업무의 기계화를 통한 운전 및 유지보수(維持補修)의 기능 향상을 도모하여야 한다.

전기사업법상의 「안전 관리」라 함은 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 전기설비의 공사·유지 및 운용에 필요한 조치를 하는 것을 말하며, 전기설비의 소유자 및 점유자는 전기설비를 기술기준에 적합하도록 유지하여야 한다고 규정하고 있다.

전기설비를 항상 양호한 상태로 운전시키는 것은 고신뢰성의 확보와 전력의 안정적 공급을 위해 필요 불가결하다.

과거에는 관리자 및 유지보수원의 경험이나 기술 등 사람의 손에 의해 감시, 운전 조작, 계측 및 유지보수 점검 등의 각 작업을 수행하여 왔다. 그러나 현 시점에서는 전문 인력 자원의 부족, 인건비의 상승 및 관리·유지보수 내용의 다양화와 고도화 등의 사회적 여건의 변화로 운전·유지보수 업무의 기능 향상과 인력 절감화가 강력히

요청되고 있다.

본고에서는 자가용 전기설비의 안전 관리를 중심으로 감시 제어의 자동화 경향 및 예방 진단 기술에 대하여 기술하기로 한다.

2. 전기설비 안전 관리를 위한 감시제어의 자동화 기술

가. 온라인 컴퓨터 시스템

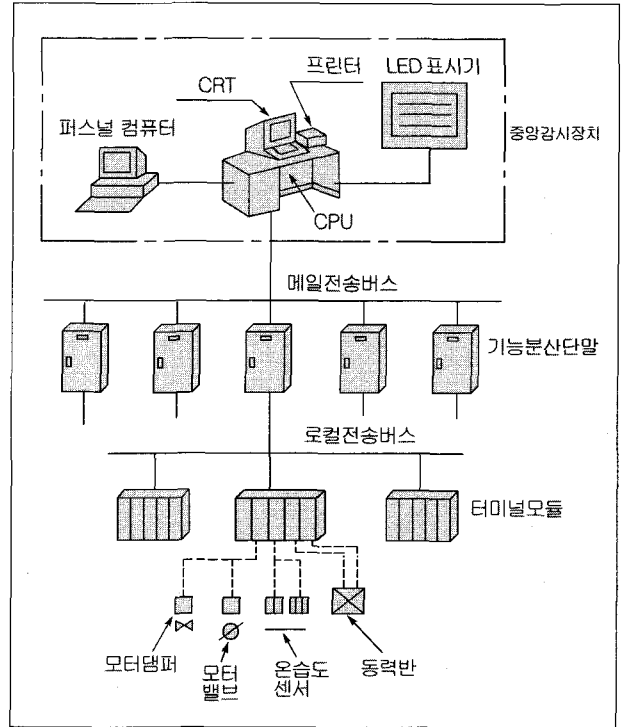
현재 모든 분야에서 컴퓨터 응용이 없는 시스템은 거의 찾아 볼 수가 없다. 전기설비 분야에 있어서도 효율적이고 유효한 관리시스템을 구축하기 위해서는 기기별, 시스템별로 계층간, 계층 내의 효율적인 연결로 정보를 교환 처리하여 각 시스템의 부가가치를 크게 증가시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 마이크로 컴퓨터나 소형 컴퓨터 등의 컴퓨터와 전송 네트워크로 구성되는 온라인 컴퓨터 시스템이 응용된다. 그리고 전송 네트워크에는 일반적으로 LAN(Local Area Network : 구역내 정보통신망)을 사용하는 것이 유효하다.

온라인 컴퓨터 시스템은 종래의 관리 및 제어의 중앙 집중 처리 방식으로부터 최근 들어 「관리의 집중, 제어의 분산」을 기본 이념으로 한 기능분산 처리 방식이 주류를 이루고 있는데 온라인 시스템에 있어서의 마이크로 컴퓨터 기술, 네트워크 기술, 데이터베이스 관리 기술 및 분산 처리 기술의 발전에 힘입어 신뢰성, 처리성, 보수성, 통신, 중앙 시스템 다운사이징의 면에서 분산 처리화되는 경향을 보인다.

그림 1은 중규모 등급의 기능 분산형 관리 시스템의 구성 예를 나타낸 것이다. 전기설비의 감시제어에 사용하는 컴퓨터 시스템은 다음과 같은 사항이 요구된다.

① 온라인 실시간 시스템이다

프로세스의 제어, 상태·이상 여부 등을 감시하기 위해서는 컴퓨터 시스템으로서 양호한 실시간(real time) 응



〈그림 1〉 기능 분산형 온라인 컴퓨터 시스템의 구성 예

답 특성이 불가결하다. 이를 위해 하드웨어, 소프트웨어의 양면에서 리얼 타임성을 꾀하는 고성능, 고도 처리, 고신뢰도의 대책이 필요하다.

② 고신뢰성이다

프로세스 제어용으로서 24시간, 365일 연속 사용하는 특성상 가혹한 환경에 견딜 수 있는 고신뢰성을 얻기 위하여 부품의 선정, 여유가 있는 사용방법, 분산제어나 이중화 등 시스템으로서의 신뢰도 향상을 위한 대책 및 적절한 메인テナンス 체제의 유지가 필요하다.

③ 설비측 프로세스의 안전을 유지한다

컴퓨터 측에 이상이 발생해도 그 이상이 설비 프로세스 측으로는 파급되지 않고, 안전한 방향으로 동작하는 페일 세이프(fail safe)의 구성이 필요하다.

④ 프로세스 인터페이스를 갖춘다

설비 프로세스와 컴퓨터 측의 프로세스 데이터 입출력 장치와의 사이에 제어나 모니터에 필요한 정보교환을 위해 프로세스와 중앙간에 인터페이스를 서로간에 가질 필요가 있다.

⑤ 오퍼레이터 인터페이스를 갖춘다

인간과 컴퓨터, 프로세스와의 대화(맨머신 커뮤니케이션)를 위한 CRT, 키보드, 프린터를 중심으로 하여 사용하는데 편리함을 갖추어야 하며, 사용자에게 친숙한 오퍼레이터 콘솔이 필요하다.

또한, 전기설비의 안전 관리에 필요한 감시제어의 주요 내용을 들면 다음과 같다.

① 감시 기능, 계측 기능

감시 조작 테이블에 설치된 CRT 디스플레이에 의해 설비 측의 상태, 고장, 계측값, 계량값, 설정값 등의 프로세스 정보가 발생 시점에서 실시간으로 제공된다. 이 정보는 설비별로 목록, 세미 그래픽, 그래프 등으로 자동 편집하여 관리자가 이해하기 쉬운 형으로 표시되며 CRT와 대화하면서 수행할 수 있기 때문에 감시와 조작의 기능과 효율이 대폭 향상된다. 계측값 등의 아날로그 값은 트랜드 그래프로써 과거의 이력까지 포함하여 데이터의 경향을 표시할 수가 있다.

② 제어 기능

전원설비나 부하설비에서 나오는 각종의 프로세스 정보(현재값, 누적값, 트랜드값 등)를 사용하여 논리 판단이나 연산 처리 및 시간 관리를 하여 대상설비를 다원적으로 제어함으로써 운전효율, 운전시간, 부하 경감, 역률 관리 및 각종 설비 기기의 운용 면에서 최적화와 고효율화를 도모할 수가 있다.

③ 기록 기능, 해석 기능

표 1은 필요한 경우에만 기록이 요구되는 랜덤 기록의

내용을, 표 2는 일보기록의 내용을 나타낸 것이다. 프린터에 의해 정시 데이터 관리, 랜덤 데이터 관리, 각종의 데이터 해석, 보존 등의 자료를 처리하며 대상 설비 기기의 정량적 관리에 의해 과학적인 보전 관리 및 유지 관리에 필요한 인력의 절감화에 크게 기여할 수가 있다.

해석 기능은 수집된 프로세스 데이터를 근거로 하여, 전력 원(原)단위나 에너지 절감 해석을 하는 것으로서, 빌딩 관리 시스템으로부터 워크스테이션이나 퍼스널 컴퓨터로 데이터를 전송하여 실행하는 방식으로 행한다. 그래서 빌딩 내의 테넌트(임차인)나 각 부문에서 사용하는 전력량을 자동 집계하여 전력 사용량과 요금을 산출하고, 청구서 작성을 하는 부과업무도 하고 있다.

〈표 1〉 랜덤 기록의 내용

항 목	내 용
조작 기록	① 설비 기기의 개별 기동, 정지 ② 설비 기기의 그룹 기동, 정지 상기의 조작을 한 경우에 조작 시각, 내용을 기록한다.
경보 발생·복귀 기록	경보가 발생한 경우 또는 복귀한 경우에 발생 시각, 내용을 기록한다. 또 경보 발생시에는 적색으로 기록한다.
상태 변화 기록	상태 변화 기록은 각 설비 기기의 상태가 변화한 경우에 시각 및 내용을 기록한다.
상태 변화 기록	기동, 정지 기기에 대해 지령 내용과 상태를 비교하여 잘못 되어 있으면 경보로 취급하여 시각 및 내용을 기록한다.

〈표 2〉 일보기록의 내용

항 목	대상 항목		내 용
	내 용	데이터 속성	
아날로그 (전류, 전압, 온도 등)	순시값	계측 데이터	매번 정확한 시각에 순시값을 기록한다.
	최대값 최소값 평균값	연산 데이터	위 순시값의 1일분 데이터를 기초로 좌측의 데이터를 산출하여 기록한다.
	1시간 적산값	계측 데이터	1시간분의 적산값을 기록한다.
펄스(전력사용량, 최대수요 전력 등)	최대값 최소값 평균값 일 합계	연산 데이터	위 적산값의 24시간분을 기초로 좌측의 데이터를 산출하여 기록한다.
	월 합계	연산 데이터	일 합계 데이터를 월초부터 당일까지 누계하여 기록한다.

나. 통합화 빌딩 오토메이션 시스템

빌딩 관리시스템을 중심으로 한 오토메이션은 설비 운용의 최적 제어, 자동 운전을 중심으로 하는 소위 프로세스 오토메이션과 설비 운용 관리업을 자동화하는 비즈니스 오토메이션의 양면을 결합하게 되어 있다.

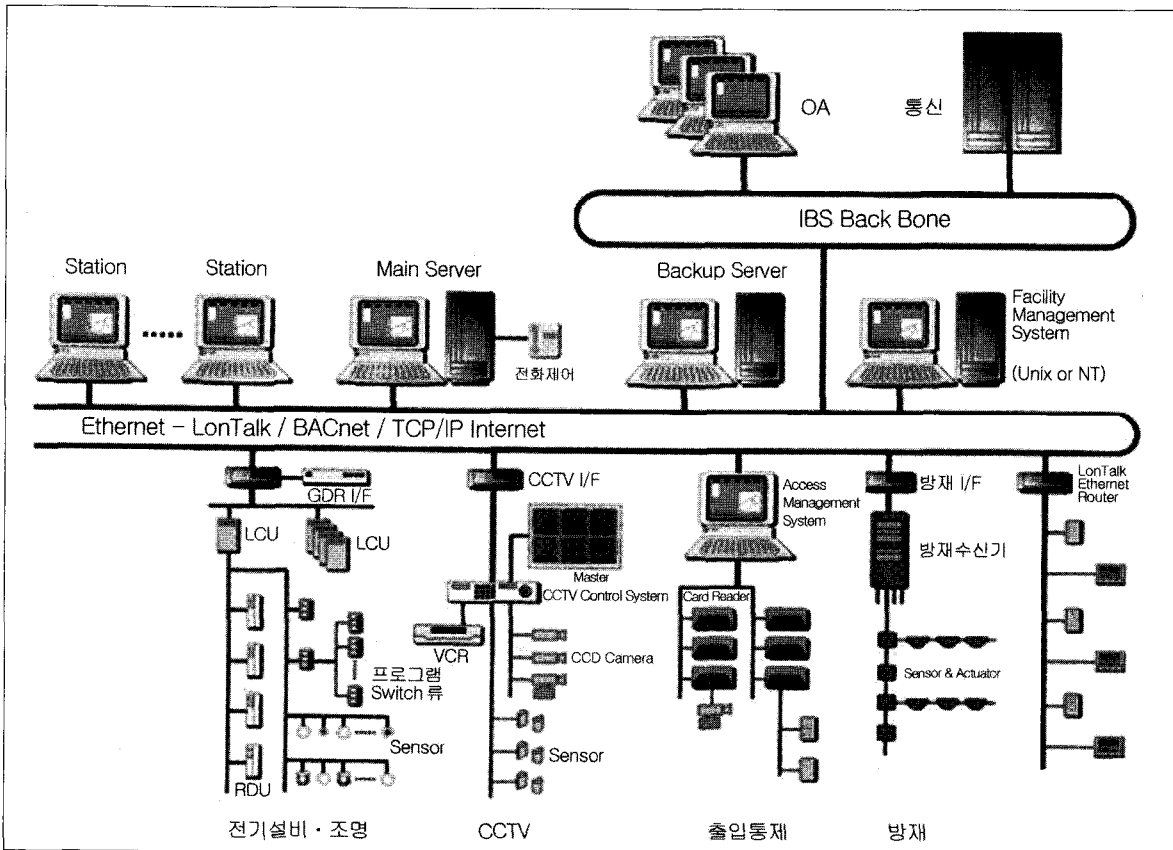
따라서 상위 레벨인 계획 관리 레벨과 유기적으로 종합하는 일이 중요하다. 또한 방재 시스템이나 방범 시스템까지 통합하는 통합화 빌딩 오토메이션 시스템에 의해 「관리의 집중, 제어의 분산」 화를 도모하는 추세에 있다.

그래서 전화계, OA계, 빌딩 관리계, 시큐리티계, 방재계 및 반송계(엘리베이터, 에스컬레이터 등) 등 각각 독립적인 기능을 하는 시스템을 통합 네트워크를 통해 빌딩

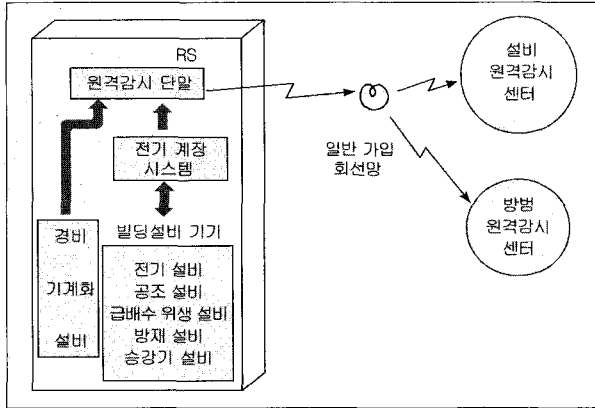
을 통합화하여 관리하는 통합화 빌딩 오토메이션을 구성하는 추세에 있다. 그림 2는 통합 네트워크를 이용한 빌딩 관리 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

다. Web 기반 원격감시 시스템

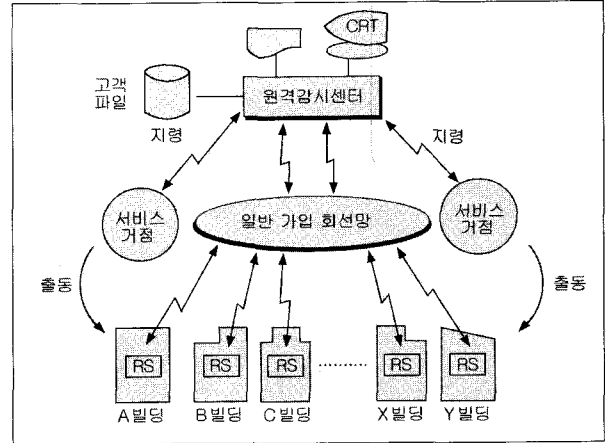
대규모 빌딩에서는 자체적으로 높은 수준의 전기설비 관리시스템과 전임 유지보수기술자를 확보하여 유지 관리를 실시할 수가 있지만 중소규모의 빌딩에서는 개별적으로 이와 같은 설비를 갖추어 관리한다는 것은 코스트 및 전임 기술자의 확보 면에서 곤란하다. 그래서 각 빌딩에 필요한 최소의 전기 계장 시스템을 갖추고, 유지보수 관리에 필요한 정보를 설치 측으로부터 취득하여 그림 3



〈그림 2〉 통합 네트워크를 이용한 빌딩 관리시스템의 구성도



〈그림 3〉 원격감시 단말



〈그림 4〉 원격감시 시스템

과 같이 발딩설비를 원격 유지 관리하는 서비스회사의 원격감시 단말(RS)에 입력한다. 메인テナンス 서비스 회사는 그림 4와 같이 전화 회선을 이용한 온라인 서비스 네트워크를 구축하는 Web 기반 원격감시 시스템의 보급이 진행되고 있다.

이렇게 함으로써 개개의 발딩에서는 24시간 365일 원격감시센터로부터 원격 감시 서비스와 서비스 거점으로 부터 전문 기술자의 파견 서비스를 받는다. 이 감시 서비스의 기계화에 의해 서비스의 전국 일원화와 균일화를 도모할 수 있게 되어 기술적 부가가치를 높이고 체계적인 관리체제를 구축할 수 있게 되었다.

(주)케이디파워라는 업체는 디지털 전력계측기기, 인터넷과 휴대폰을 이용한 모바일 전기안전 서비스, DB 축적으로 최적의 운전서비스, 에너지절감설비 시스템인 PLC (Power-line Communication : 고속 전력선 통신) 통신을 이용한 원격 종합 점검 서비스 등 첨단 기능을 추가하여 보급하고 있다. 이 가운데 디지털 전력 계측기기는 기존의 아날로그형 각종 계기류를 100% 디지털화해 인터넷과 휴대폰을 이용, 전기설비를 실시간으로 원격에서 감시·제어하는 모바일 전기안전 서비스로서 Web 기반 실시간 전기 안전관리 서비스와 결합하여 세계 어느 곳에서든 자사의 전력 운용 상황을 실시간으로 모니터링하고

제어함으로써 전기 재해를 예방할 수 있다고 한다. 또 이 제품은 지능형 수배전반이나 일반 배전반을 Web상에서 실시간으로 24시간 감시 제어하기 위해 수배전반의 전력 관리 요소 47가지 정보를 계속하여 최적화 운전 및 안전 관리를 실현할 수 있다고 한다.

최근 LG 전선은 온라인으로 전기안전 컨설팅을 서비스 하는 'e-Safety LG' 사이트를 개설하여 ① 수배전 설비 요소 기술 지원 ② 케이블 사고 현장 복구 지원 ③ 케이블 및 주변 기기 노후화 진단 분석 등의 분야에 걸친 고객들의 요구를 온라인 상으로 접수해 구체적인 답변과 실행 방안을 제안하고, 필요시 현장 조사와 실행 서비스를 실시하는 등 오프라인과 유기적으로 연계하여 지원하고 있다.

3. 유지보수 업무의 자동화 및 예방 진단 기술

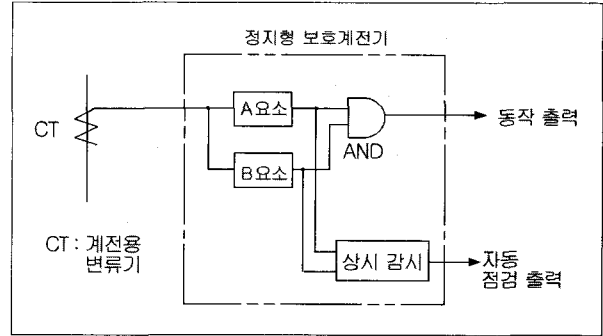
전기설비는 장기간 연속적으로 사용하기 때문에 그 동안에 소정의 성능과 높은 신뢰성을 유지할 필요가 있다. 따라서 각종의 보전이 중요하다. 내용(耐用) 연수의 향상이나 사고 손실, 기능 저하 손실을 예방하고 항상 안전

하게 고신뢰성을 가지게 하기 위해서는 온라인에 의한 자동 점검과 예방 진단이 필요하다.

가. 보호계전기의 자동 점검

보호계전기는 One Chip 마이크로 컴퓨터나 IC 등의 발달에 의해 정지(靜止)화, 디지털화된 것이 많아지고 있다. 이에 따라 신뢰성의 향상과 무보수(無補修)화를 더욱 향상시키는 자동 점검이 가능하게 되었다. 자동 점검은 오·부(誤不) 동작을 검출하는 동작 점검과 오동작을 검출하는 상시 감시로 나누어진다.

그림 5는 정지형 보호계전기의 블록도를 나타낸 것이다. 동작 점검 출력은 보호계전기에 모의신호를 입력하여 보호계전기가 정상으로 동작하는가를 확인한다. 상시 감시는 보호계전기의 내부요소를 그림 5와 같이 A, B의 2계열로 하고, 동작출력은 A, B의 AND 조건으로 하여 신뢰성을 높이고 있다. A, B의 동작신호를 체크하여, A 또는 B 중 어느 하나의 요소만 동작시에는 오동작으로 판정한다.



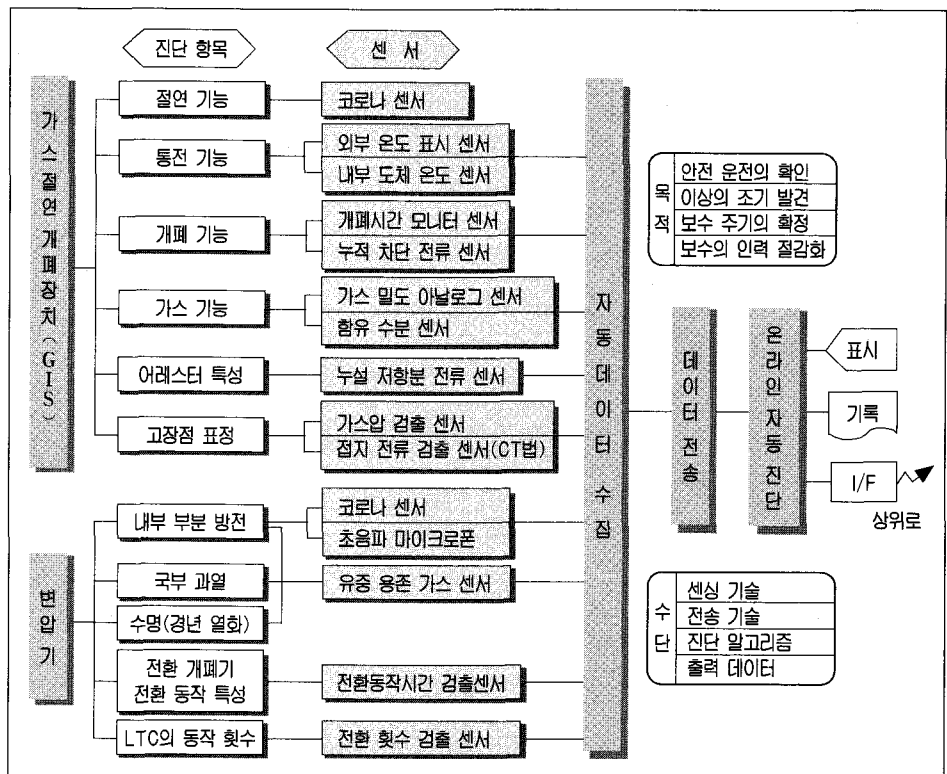
〈그림 5〉 정지형 보호계전기의 블록도

지하여 요인을 진단하고 대책을 세움으로써 중대 고장의 발생을 예방하게 되며, 설비의 장기적 신뢰성의 확보에 크게 기여한다. 진단 방법은 외부 진단과 내부 진단으로 나누어진다.

나. 예방 진단 기술

전기 설비의 고장에는 전기적, 기계적, 열적 및 화학적인 것이 있다. 시간적으로는 열화에 의한 것, 돌발적인 것 및 경시 진행적인 것으로 분류되며 요인별로는 절연물, 절연유의 열화, 마모 및 지체 등이 있다.

이들 고장을 사전에 검



〈그림 6〉 수변전기기의 온라인 예방 진단 시스템 구성 예

전력의 공급을 끊고 점검하는 것이 곤란한 전원설비는 가동중인 마이크로 컴퓨터를 이용하는 온라인에 의한 외부진단이 예방보전의 방법으로서 기대되고 있다.

특히 특고 수변전설비에 사용되는 SF₆ 가스절연개폐장치(GIS)나 유입변압기, 가스절연변압기는 대용량화, 밀폐 구조화가 꺾해지고 있기 때문에 외부진단의 필요성이 특히 높다.

그림 6은 가스절연개폐장치 및 변압기의 온라인예방 진단 시스템의 구성 예를 나타낸 것이다. 변압기와 같은 중요 전력설비에 각종 센서를 설치하여 기기의 상태 데이터를 온라인으로 수집하고 이를 근거로 전력설비의 이상 징후를 사전에 감지하며, 수명 예측, 고장부위 및 내역 확인을 통해 전력설비의 운전 중단을 사전에 방지하고, 최적의 유지보수 계획을 수립하여 안정적 품질의 원활한 전력공급을 목적으로 하는 온라인 예방 진단 시스템이 개발, 보급될 전망이다.

아울러, 이 시스템은 에너지 저감 효과를 극대화하기 위해서 설비의 모니터링 및 진단을 통한 고효율 운전이 가능하고, 전력 기기들의 상태를 항시 최적으로 유지하며 최대 효율점에서 운전 가능하게 할 수 있어야 한다. 이 시스템은 세계 어느 장소에서도 온라인으로 종합적으로 감시하고 진단하게 함으로써 최대 효율 운전을 유지시켜 주기 위한 기능을 가져야 한다.

앞으로 예방 진단 기술의 발전이 기대되고 있으며, 보수 지원으로서 진단 엑스퍼트 시스템을 가지는 고정밀도 온라인 진단으로 이동해 갈 것이다.

4. 맺음말

전력수요에 따른 공급이 안정되면서 수용가는 보다 양질의 전력을 요구하게 되고 따라서 전기설비는 장기간의 원활한 운용과 신뢰성 확보가 매우 중요한 문제가 되고 있다. 더욱이 전력설비의 용량이 커짐에 따라 사고시 그 파급 효과가 커져서 정치, 사회 문제로까지 확대될 수 있다. 이와 같은 사회적 요청에 따라 전기설비를 합리적으로 유지 보수함으로써 안정성과 신뢰성을 확보하며 사고를 미연에 방지하는 것은 매우 중요하다. 향후 전력공급의 중단 없이 설비의 이상 유무를 진단, 감시하기 위한 기술이 활발히 연구되어야 할 것이다.

빌딩에 있어서는 고객 요구의 다양화, 설비의 고기능화, 복잡화, 대규모화에 의해 설비의 운용에 필요한 기술이나 오퍼레이터의 조작은 이전보다 늘어나 고도화, 복잡화되고 있다. 이로 인해 자동화 범위를 확대하여 효율적이며 안정된 운전과 품질, 코스트의 양면에서 최적 제어를 실현하는 자동화 시스템이 강력히 요구되고 있다. 이 요구를 실현하기 위해 종래의 이론에 의한 컴퓨터 제어 외에 AI(인공지능) 엑스퍼트 이론, 퍼지 이론, 뇌와 신경망을 모델로 한 뉴럴 네트워크 등 최신의 컴퓨터 지식 처리 기술을 응용한 시스템이 산업계에서 검토되기 시작하고 있으며, 일부는 고장 진단의 지원 등에 실용화되기 시작하고 있다.

앞으로 전기설비 구성 기기의 몰드화, 난연화, 가스 절연화, 컴팩트화하는 것은 물론 상시 감시가 가능한 예방보전 시스템의 도입이 적극 검토되어야 할 것이다.

〈참고 문헌〉

1. 편집부, '예방보전과 최근의 진단기술 동향', 월간 전기, No.5, 2000
2. 김홍국, '빌딩의 전기안전관리', 전기안전, No.4, 1995
3. 김세동 외, '전기설비의 고장사고 예방 및 진단기법에 관한 연구', 한국건설기술연구원, 1995
4. 구자운 외, '전기설비의 예방보전과 보존관리', 한국조명전기설비학회, 1999
5. 김영록, 김선경, '자가용전기설비 보수관리 핸드북', 성안당, 1997
6. 전기기술편집부, '변압기의 고장진단 요령', 성안당, 1997
7. 豊田武二, 'ビル設備の自動化讀本', オーム社, 1996
8. 中島廣一, '電源システムの障害とその影響', 日本電氣設備學會誌, No. 11, 1997
9. 中島和弘, '停電対策と電源設備の高信頼化', 日本電氣設備學會誌, No. 11, 1997
10. 當麻喜弘, '高信頼化技術入門', 日本規格協會, 1988
11. 中川康彦外, '電氣設備のモダニゼーション', 日本電設工業協會, 1997
12. R.C. Dugan, M.F. McGranaghan and H.W. Beaty, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, pp.70~80, 1996