

수변전설비의 최신 기술동향

김세동 <두원공과대학 교수/공학박사, 기술사>

1 개 요

전기사업법상의 자가용 전기설비는 수전장소 및 담·울타리 기타의 시설물로 타인의 출입을 제한하는 동일 구역에서 ① 수전전압이 고압(600[V] 초과) 이상이거나 수전전력이 75[kW] (제조업은 100[kW]) 이상인 경우 ② 용량 20[kW] 이상의 흥행 및 유흥장(카바레, 나이트클럽, 댄스홀, 헬스클럽), 다중 출입장소(시장, 대규모 소매점, 음식점, 병원, 호텔, 상점가, 도매센터 등) 등에서 사용하는 전기설비를 말한다.

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 전력 공급전원으로서 매우 중요한 지위에 있다. 전기설비를 항상 양호한 상태로 운전시키는 것은 고신뢰성의 확보와 전력의 안정적 공급을 위해 필요 불가결하다.

특히, 최근에는 인텔리전트빌딩, 지능형 아파트의 보급에 의해 정보처리시스템, 오피스오토메이션(OA)시스템, 빌딩오토메이션(BA)시스템, 시큐리티시스템 등이 구축되고 있다. 이에 따라 수용가의 단위

면적당 부하 밀도도 150~160[VA/m²]로서 종래에 비해 크게 증가하고 있다. 또한 전기품질 면에서 각종 설비기기 측으로부터 전력공급 측에 대한 요구도 다양화되고 있다.

전원설비로서의 전기설비는 부하 측에 대해 안정된 고품질의 전원을 24시간, 365일 연속하여 경제적으로 공급할 필요가 있다. 이를 위해서 전기설비의 안전성과 고신뢰성을 확보해야 하며, 철저한 안전 관리를 위해서 메인テナンス 프리 및 오조작 방지, 보수 관리 업무의 기계화를 통한 운전 및 보수의 기능 향상을 도모하여야 한다.

본고에서는 첨단정보빌딩의 중요한 역할을 담당하고 있는 수변전설비의 최근 기술동향 및 장래 기술수요 예측에 대하여 소개하고자 한다.

2. 공급 신뢰성 및 전기 품질 확보

근래에 들어 전자통신기술의 발전과 각종 뉴미디어의 실용화로 고도의 정보화사회가 급속하게 진전되고 있다. 따라서, 기업은 물론 가정에 이르기까지 컴퓨터 및 정보통신기기와 같은 순간적인 전압의 저하도 허용하지 않는 중요한 부하기기의 사용이 급증하고 있으며, 이와 같은 정보통신기기 및 컴퓨터시스템 등은 순간정전, 순시전압저하, 전압변동, 고조파, 노이즈, 정전기 등의 영향을 쉽게 받기 때문에 이러한 점을 충

분히 고려하여 신뢰성과 안전성을 확보하도록 구성하여야 한다.

전기의 품질이 강조되는 이유는 컴퓨터는 물론 각종 가전제품 등이 복잡하고 정밀한 전자회로로 구성되어 조그만 전압변동이나 정전사고에도 전자회로가 오작동을 일으키거나 파괴될 수 있기 때문이다. VTR의 경우 수백분의 1초 사이에 공급전압의 15%만 떨어져도 내부 기억회로가 소멸되는 것으로 알려져 있으며, 개인용 컴퓨터 및 고압 방전램프등은 공급전압의 10 ~ 30%만 변동이 있어도 오작동을 일으키게 되는 등 정보화사회에서의 전기품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 앞으로 산업의 고도 정밀화 및 생활수준 향상에 따른 전기품질에 대한 국민의 욕구는 갈수록 증대될 것이다.

따라서, 근래에 들어 자가용전기설비의 공급 신뢰성 확보를 위해 2회선 이상의 수전 방식을 채택하고, 중요 부하에 대해서는 전원공급의 이중화, 병렬운전 방식이 채택되고 있다. 그리고, 순시 전압저하 및 순

간정전도 허용하지 않는 매우 중요한 부하의 경우에는 2대 이상의 무정전 전원공급장치(UPS)를 병렬 여유 방식으로 구축하여 시스템을 운영하고 있다 [1-5].

우리 나라와 같이 3상 4선식의 간선방식에서 평형상태의 R, S, T상에 흐르는 제3고조파 성분은 위상이 같기 때문에 중성선에 3배의 전류가 흐르게 된다. 이로 인하여 중성선 케이블의 과열, 배선용차단기의 과열, 전원측 변압기의 과열, 역률저하, 전력손실의 증가 등의 영향을 주고 있다. 이와같은 고조파 대책으로는 그림 1과 같은 중성선 영상고조파전류 저감장치(ZED)를 설치 운영하고 있다[6]. 또한, 수용가에서 발생한 고조파전류가 계통에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 직렬리액터가 부착된 전력용콘덴서 및 L-C 필터 등을 설치하고 있으나 고조파 장애의 근본적인 해결 대책으로 접근하기 위해서는 고조파 발생원인 기기 측으로부터의 고조파 발생량을 저감할 수 있는 방법의 강구가 더욱 중요하다.

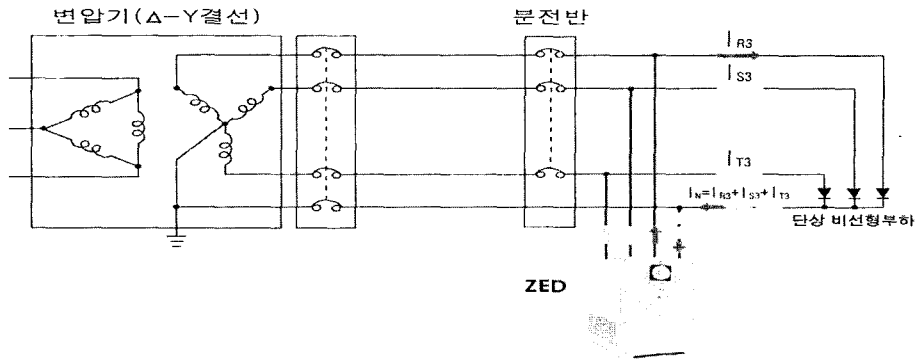


그림 1. 고조파저감장치(ZED)의 회로연결 구성도

3. 수변전기기의 콤팩트화

고압 이상의 전력을 구내에 수전받는 수용가는 다시 부하 기기의 사용 전압에 적합하게 바꾸는 설비를 시설하여 구내에만 배전하고 구외로 전송하지 않을

경우에는 이 설비를 「수변전설비」라 한다. 그러므로 전기 설비 기술 기준에서 정의하는 변전소와는 달리 「변전실」 또는 「전기실」 등으로 부른다.

다시 말해서 전력회사의 배전 선로에서 분기하여 끌어들인 특별고압을 전기실에 있는 변압기에 의해

220(V), 380(V)의 전압으로 낮추어 전등, 동력설비의 전원으로 사용하는 설비이다. 수변전설비에서 가장 중요한 전기기기는 변압기이며, 변압기를 중심으로 시스템의 구성이 달라질 수 있다. 일반적으로 수변전기기의 조립 방식에 따라 개방형과 폐쇄형 수변전설비가 주로 사용되고 있다.

개방형 수변전설비는 배전반, 차단기, 변압기 모선, 애자류 등을 파이프 프레임(pipe frame)에 부착하는 방식으로 종래에 많이 채용된 방식이었으나, 충전 부분에 접촉할 염려가 있고, 조립작업에 인건비가 많이 들며 면적을 많이 차지하는 등 불리한 점이 많아 최근에는 거의 채용되지 않는다.

폐쇄형 수변전설비는 배전반, 차단기, 변압기 모선, 애자류 등을 전부 또는 일부를 금속 상자 안에 조립하는 방식으로 충전 부분에 접촉할 우려가 없어 안전하고, 수변전기기로 인한 소요 면적을 최소화하면서 경제성, 공급 신뢰성 또는 운용의 용이성 등 유리한 점이 많아 현재는 거의 이 방식을 채택하고 있다.

변전소가 맡고 있는 중요한 역할은 변압기능과 스위칭기능이라 할 수 있다. 과거에는 변전소의 차단기와 개폐기 등이 개별기 형태로 스위칭 기능을 담당하였지만, 최근에는 차단기와 개폐기를 밀폐된 절연가스 공간 내에 장치시킨 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear)가 스위칭기능을 담당하고 있다.

GIS는 차단기, 단로기, 모선, 접지개폐기, 계기용 변압변류기, 피뢰기 등을 SF_6 가스로 충전된 탱크 내에 완전히 밀폐 내장되어 있으므로 종래 변전설비와 같이 충전부가 노출되어 있지 아니하므로 안전성이 크게 향상되고, 장치가 통합 입체 배치되므로 종래의 변전설비에 비해 면적이 1/10 ~ 1/20까지 축소되며, 안전성, 신뢰성, 보수 점검의 용이성, 소음이 적고 특히 옥내 설치도 가능한 점이 특징이다. 최근에는 변전소의 전력 개폐장치로 사용되는 기존 탱크형 GIS 보다는 그림 2와 같이 부피가 20~30% 작고 변전소 옥내화가 가능한 C-GIS(큐비클형 가스절연개

폐장치)의 개발 보급에 주력하고 있다(7).

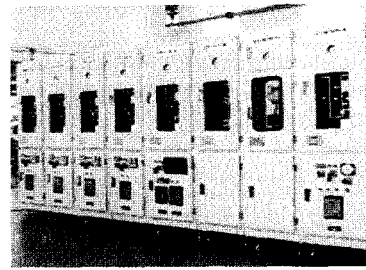


그림 2. C-GIS(큐비클형 가스절연개폐장치)의 외관도

4. 수변전설비의 감시 제어를 위한 자동화 기술

현재는 컴퓨터 응용이 없는 시스템은 거의 찾아볼 수가 없다. 전기 설비의 효율적이고 유효한 관리 시스템을 구축하기 위해서는 기기별, 시스템별로 계층간, 계층 내의 효율적인 연결에 의한 정보의 교환과 처리를 하여 각 시스템의 부가 가치를 크게 증가시킨다. 이를 위해서는 마이크로 컴퓨터나 소형컴퓨터 등의 컴퓨터와 전송 네트워크로 구성되는 온라인 컴퓨터 시스템이 응용된다.

온라인 컴퓨터 시스템은 종래의 관리 및 제어의 중앙 집중 처리 방식으로부터 근래에 들어 「관리의 집중, 제어의 분산」을 기본 이념으로 한 기능 분산 처리 방식이 주류를 이루고 있다. 온라인 시스템에 있어서의 마이크로 컴퓨터 기술, 네트워크 기술, 데이터베이스 관리기술 및 분산처리기술의 발전에 힘입어 신뢰성, 처리성, 보수성, 통신, 중앙시스템 다운사이징의 면에서 분산 처리화되는 경향에 있다.

더우기, 전화계, OA계, 빌딩관리계, 시큐리티계, 방재계 및 반송계(엘리베이터, 에스컬레이터 등) 등 각각 독립적인 기능을 하는 시스템을 통합 네트워크를 통해 빌딩을 통합화하여 관리하는 통합화 빌딩오토메이션을 구성한다.

최근 국내 수변전기기의 전문업체는 디지털 전력 계측 기기, 인터넷과 휴대폰을 이용한 모바일 전기 안전

서비스, DB 축적으로 최적의 운전서비스, 에너지절감 설비시스템인 PLC(power-line communication : 고속 전력선 통신) 통신을 이용한 원격종합 점검서비스 등 첨단기능을 추가하여 보급하고 있다(8). 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 전기안전관리 서비스와 결합하여 세계 어느 곳에서도 자사의 전력 운용 상황을 실시간으로 모니터링하고 제어함으로써 전기재해를 예방할 수 있다고 한다. 이 제품은 지능형 수배전반이나 일반 배전반을 Web상에서 실시간으로 24시간 감시 제어하기 위해 수배전반의 전력관리요소 47가지 정보를 계측하여 최적화 운전 및 안전관리를 실현할 수 있다고 한다.

5. 보수 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, 기능저하 손실을 예방하고 항상 안전하게 고신뢰성을 가지게 하기 위해서는 온라인에 의한 자동점검과 예방진단이 유효하다.

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

이들 고장을 사전에 감지하여 요인을 진단하고 대책을 세우는 일은 중대 고장의 발생을 예방하게 되며, 설비의 장기적 신뢰성의 확보에 크게 공헌한다. 진단의 방법은 외부 진단과 내부 진단으로 나누어진다.

전력의 공급을 끊고 점검하는 것이 곤란한 전원 설비는 가동중인 마이크로 컴퓨터를 이용하는 온라인에 의한 외부 진단이 예방 보전의 방법으로서 기대되고 있다.

특히 특고수변전설비에 사용되는 SF₆ 가스절연 개폐장치(GIS)나 유입변압기, 가스절연 변압기는 대용량화, 밀폐 구조화가 피해지고 있기 때문에 외부 진단의 필요성이 특히 높다.

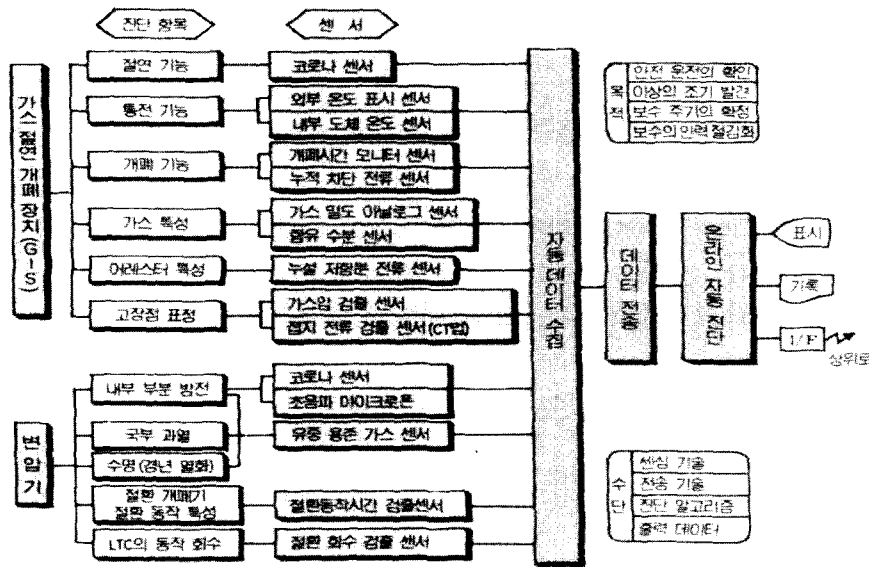


그림 3. 수변전기기의 주요 예방 진단 항목 및 센서와 진단시스템

그림 3과 같이 가스 절연개폐장치 및 변압기에서의 예방진단 항목과 센서 및 진단 시스템이 개발되어 있다. 예방 진단 기술은 앞으로 발전이 기대되고 있으며, 보수 지원으로서 진단 엑스퍼트시스템을 가지는 고정밀도 온라인 진단으로 이동해 갈 것이다(9-12).

6. 에너지절약화

정부는 지구환경 보호를 위한 에너지 효율 향상운동인 「GEF(Green Energy Family)」운동을 전개하고 있으며, 이 운동은 에너지를 사용하고 있는 모든 사람들이 에너지의 효율적인 사용으로 지구 온난화 방지에 기여하고, 대기오염을 줄여 환경 오염을 감소시키면서 에너지 비용을 절감하기 위한 국민 운동이다.

1998년부터 시작되는 녹색에너지 설계운동은 신축건물 부문을 대상으로 에너지 이용 효율 극대화 및 원천적인 에너지절약을 위하여 설계 단계에서부터 에너지절약 설비와 신기술을 도입시키는 실천 프로그램이다. 아울러, 2001년 6월부터 건축법 제59조 및 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조의 규정에 의하여 건축물의 용도별 에너지절약 설계기준을 고시하여 신축건물 부문을 에너지절약형 설계를 통한 에너지 저소비형 건축물을 점차 전환시키는 목표를 가지고 있다.

따라서, GEF 운동 및 에너지절약 설계기준에 의하면, 고효율 변압기 사용, 변압기 대수제어 기능 구성, 직강압방식 변전시스템, 역률자동제어설비, 최대수요전력제어 등과 같은 수변전설비의 에너지절약 방법을 제시하고 있다(8). 최근에는 고효율 변압기를 장착한 복합 기능형 수배전시스템이 고효율기자재 품목으로 지정되었으며, 복합 기능형 수배전시스템이란 고효율 변압기, 최대수요전력 제어장치, 자동역률 제어장치 등을 탑재하여 에너지절감 효과가 뚜렷한 수배전반을 의미한다.

7. 맺음말

오늘날 산업사회의 기술이 고도로 성장할수록 안정적이면서도 신뢰성이 높은 양질의 전력을 필요로 한다. 그래서 새 밀레니엄에 접어들면 전기 부하의 50% 이상이 전력전자시스템을 거쳐 전력을 공급받게 될 것이며, 전력전자 장비의 발생 고조파에 대한 문제 해결이 절실히 요구될 것이다.

전력품질은 크게 공급신뢰성과 전압의 질로 평가된다. 전력의 공급신뢰성에 영향을 주는 요인으로는 전력공급이 일시적으로 중단되거나 외란 등으로 인해 전압이 순간적으로 허용 범위를 벗어나는 것들이다. 그리고 전압의 질을 떨어뜨리는 요인으로는 고조파 문제, 전압 불평형, 전압의 순간 급상승, 서지의 발생 등을 들 수 있고, 이 요인들은 수용가측 설비의 회로와 부하에 전기적인 절연을 파괴하고 오동작을 일으키는 등 악영향을 미치게 된다.

앞으로 정보화 사회의 진전으로 전력수요의 증대와 더불어 전원의 고품질조건이 크게 요구됨에 따라 사고 정전 및 계획 정전으로 인한 정전시간을 최소화하여야 한다. 고품위 전원시스템을 확보하기 위해서는 구성기기의 몰드화, 난연화, 가스절연화, 컴팩트화하는 것은 물론 계통 구성의 이중화 등으로 전원시스템 전체의 공급신뢰성과 보전성을 향상시켜야 하며, 상시 감시가 가능한 예방보전시스템의 도입이 적극 검토되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 임수생, 이은용, '전력품질 개선의 필요성과 STATCOM' 전기학회지, VOL. 48, No. 4, 1999.
- [2] 박용용, 몬테카를로 기법을 이용한 배전시스템에서의 순간전압강하 영향 평가, 송실대 석사학위 논문, 1998.
- [3] 편집부, '예방보전과 최근의 진단기술 동향', 월간

- 전기, No.5, 2000.
- [4] 구자윤 외, 전기설비의 예방보전과 보존관리, 한국 조명전기설비학회, 1999.
 - [5] 김세동, 정수용, '컴퓨터 및 정보통신기기의 전자방해 대책기술', 한국조명·전기설비학회지, No. 12, 1999.
 - [6] <http://www.psdtech.com/>
 - [7] <http://www.iljinelectric.co.kr/product/>
 - [8] <http://www.kdpower.co.kr/product/>
 - [9] 中島廣一, '電源システムの障害とその影響', 日本電気設備學會誌, No. 11, 1997.
 - [10] 中島和弘, '停電対策と電源設備の高信頼化', 日本電気設備學會誌, No. 11, 1997.
 - [11] 中川彦外, '電気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.

◇ 저자 소개 ◇



김 세 동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 한국전력공사(1979~1984) 근무. 한국건설기술연구원(1984~1997.2) 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기과 교수. 전기설비기술사, 본 학회 학술이사 및 편수위원. 관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP. 전기설비 최적 설계.