



受配電시스템의 현황과 전망

수배전설비의 발전은 각종 법령이 정비된 1950년대부터 시작하여 고도경제성장, 오일쇼크, 버블경기를 거쳐 오늘에 이르고 있다. '90년대에 들어 계측·감시·제어분야는 하드웨어가 소형계산기와 데이터전송의 조합으로 바뀌면서 동시에 정보관리 기능이 부가된 형태로 발전되었으며, 이를 포괄하여 수배전 시스템이라 부르게 되었다.

수배전시스템은 각 시대마다 여러 가지 사회상황의 영향을 받으며 발전하여 왔다.

오늘날에 와서는 고조파억제, 내진설계, 온난화대책 등이 특히 클로즈업되어 앞으로의 방향에 대한 검토와 제품화가 진행되고 있다.

21세기를 앞둔 오늘날 수배전시스템에 요구되는 니즈는 "전력공급의 신뢰성 향상", "쉴에너지", "쉴인력", "쉴자원·지구온난화 방지"로 대별되고 있다.

아울러 부하의 중요도나 경제성 등을 감안하여 다양해지고 있는 시스템에 대응하기 위해서는 보다 고도화된 범용성의 엔지니어링 기법과 설계에 의한 수배전시스템으로 더욱 진전될 것으로 기대되고 있다.

1. 머리말

일반적인 범례로서 수용가의 수배전설비는 그림1과 같은 계통도로 표시된다. 이 설비는 전력회사의 송전선을 시작으로 전력을 받는 수전점에서 수용가의 동력부하에 송출하는 배전단까지를 범위로 하고, 수전점의 전압은 계약전력의 대소에 따라 특별고압에서 저압까지로 분류된다. 수전부, 강압부, 배전부 및 계측·감시·제어를 하는 제어부가 수배전설비를 구성하는 주요기기가며 여기에 비상용발전기와 배터리 등이 추가된다.

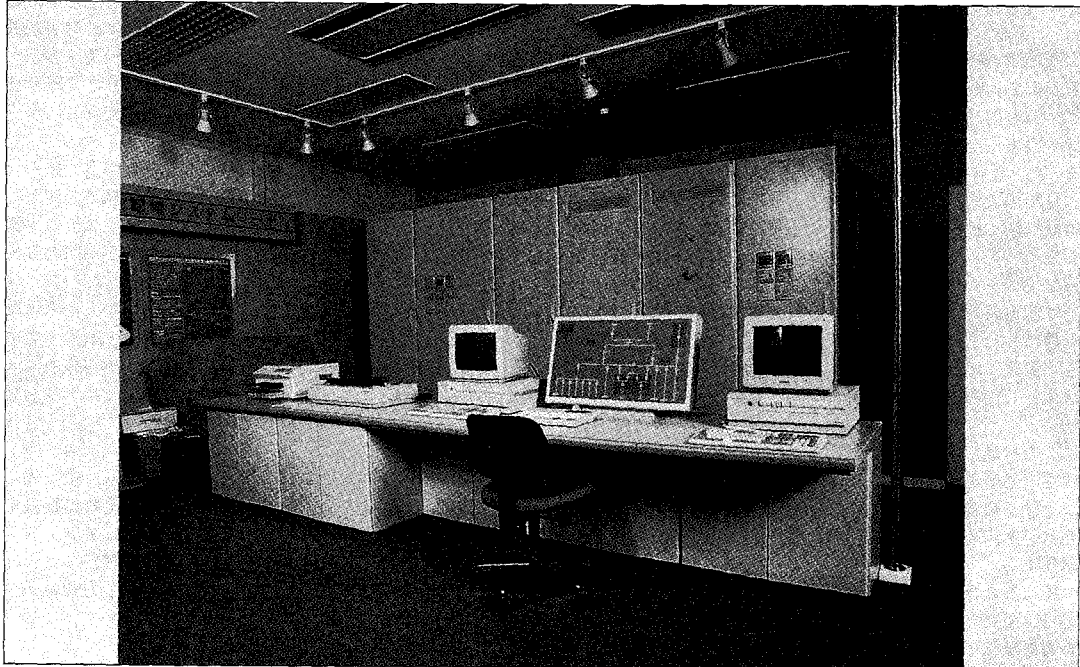
이와 같은 수배전설비도 시대에 따라 여러 가지 변천과 기술혁신을 거쳐 오늘에 이르고 있으며, 특히 최근에는 전력계통에 대한 건전성, 운용·조작·유지보수에

관한 기능이 종합감시시스템이라는 형태로서 소형계산기를 사용한 제어부에 부가되어, 그것들을 포괄한 전체를 수배전시스템이라고 부르게 되었다.

본고에서는 수배전설비에서 수배전시스템으로의 흐름을 사회정황과 관련지어 설명하고 아울러 수배전시스템의 현상과 앞으로의 전망에 대하여 기술한다.

2. 受配電시스템의 발자취

수용가 수배전설비의 발전은 전기설비 기술기준(당시에는 전기공작물 규정) 등이 정비된 '50년대부터를 그 시작으로 본다. 사회적인 니즈와 환경의 변화, 기술의 진보에 따른 새로운 제품의 출현, 그리고 각종 규정·



〈수배전감시제어시스템(MELSAS)〉

수배전시스템 및 주변 유틸리티 계측·감시·제어를 목적으로 한 전용시스템이다. MELSAS는, CRT, 미니 그래픽패널, 프린터로 구성되는 시퀀서, 터치패널, 미니프린터로 구성되는 자국 및 로컬기기내의 전용단말로 전체가 형성된다. 모국-자국간의 고속버스와 자국로컬간의 저속버스를 조합한 수배전시스템의 분산처리형시스템이다.

법령의 시행, 그리고 이것들이 상호관련하면서 발전하여 현재의 수배전시스템이 형성되어 왔다. 그림 2에 '50년대 이후 일본의 수배전설비 기술의 발전과 사회의 움직임을 표시하였으며 연대순으로 그 과정을 설명한다.

(1) 1960년대

고도경제성장으로 수배전설비의 신설이 급증하여 '64년 전기사업법의 시행과 '65년 전기설비의 기술기준이 제정되기에 이르렀으며 가스절연변전소(GIS)와 진공차단기(VCB)가 생산되기 시작하면서 절연·소호의 기술혁신이 크게 진전되었다.

(2) 1970년대

1, 2차 오일쇼크로 전력소비의 재검토가 요구되면서 코제너레이션시스템의 도입, 야간전력의 활용과 태양전

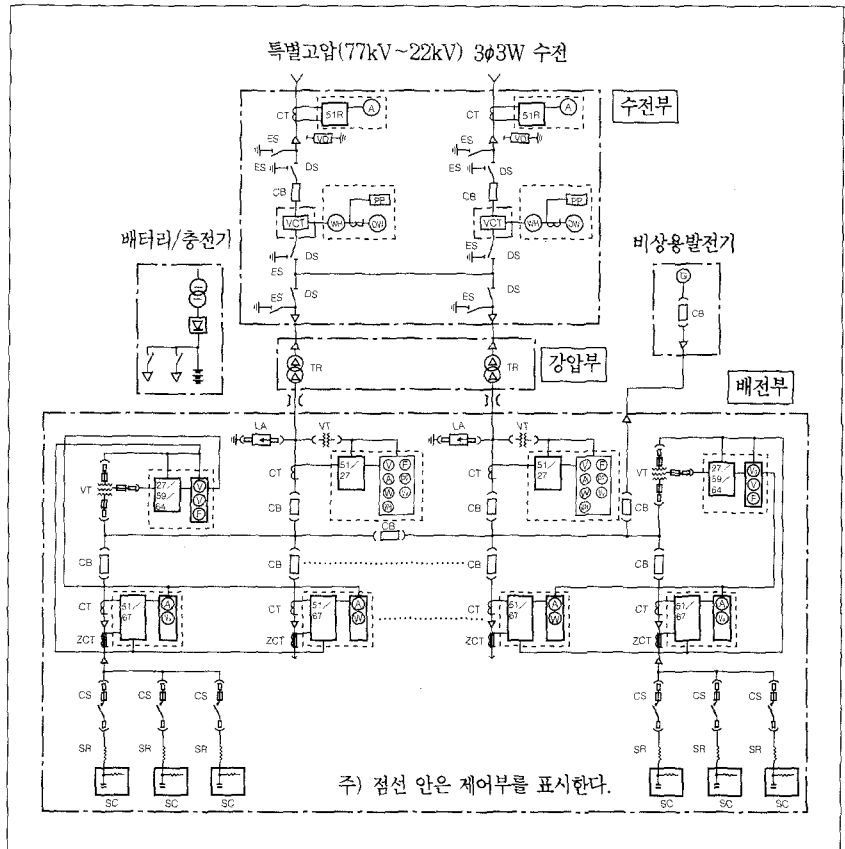
지·연료전지·풍력발전 등 신에너지의 개발이 검토되었다. 이러한 움직임은 「계통연계 기술요건 가이드라인」 및 「분산형 전원계통연계 기술지침」 등 수용가의 전력계통에 관한 기본방침의 정비를 거쳐 오늘에 이르고 있다. 고압차단기는 OCB, MBB로 바뀌었으며 VCB가 주류가 되고 유지보수 省力型기기가 개발되는 등 전면조작·전면보수형 큐비클과 같이 유지보수가 용이한 기기가 개발되었다.

(3) 1980~1990년대

토지의 지가 상승으로 종래보다 훨씬 省스페이스한 기기가 요구되면서 가스절연기구나 薄形기기로 콤팩트화가 시도되었다. 또 전산센터와 인텔리전트빌딩이 정보·통신기로서 24시간 가동이 요구되어 가면서, 동

력원과의 접점인 수배전설비 역시 신뢰성이 높은 데이터송신과 소형 계산기를 사용하게 되었고 '90년대에 들어서는 차츰 인텔리전트화한 수배전 시스템이라는 개념이 형성되었다.

이와 같은 기술 혁신과 환경의 변화에 호응하여 '95년에는 30년 만에 전기사업법이 대폭적으로 개정되었다. 「적정한 전원배치 등을 목적으로 하는 발전사업의 규제완화」, 「부하의 평준화 등을 목적으로 하는 요금제도의 완화」, 「자기 책임원칙 등을 베이스로 하는 유지보수규제의 완화」의 세 가지를 골자로 한 이번 개정은 21세기의 전력사정을 미리 예상하는 내용으로 되어 있다. 수배전시스템도 앞으로는 新전기사업법에 기초하여 더욱 발전될 것으로 생각된다.



〈그림 1〉 수배전시스템 단선 접속도

3. 受配電시스템의 현황과 동향

이 장에서는 수배전시스템의 현황과 함께 앞장의 신 전기사업법을 반영하는 항목과 공공성 또는 환경적 측면에서 요구되는 주요항목에 대하여 기술하고, 나아가 그것들에 대한 앞으로의 동향을 설명한다.

(1) 수배전시스템의 자동화와 디지털기술

'90년대에 들어 계측·감시·제어는 하드웨어가 소형 계산기와 데이터전송의 조합으로 바뀌고, 각종 로직의 자동화와 함께 정보관리기능을 부가할 수가 있게 되어 디지털화가 급속히 발전하였다. 고속화·고신뢰도화된

디지털기술은 기존의 오프라인 분석과 중앙계산기가 담당하던 각종 데이터 처리에 추가하여, 고주파분석과 고압케이블 절연감시 등도 온라인으로 분산처리할 수 있게 되었다. 특히 유지보수정보의 수집·분석이 간편해짐으로써 유지보수요원의 효율화가 촉진되고 있다. 또한 디지털기술의 발달은 제어케이블의 감소와 건설기간의 단축이라는 토털코스트의 삭감효과도 가져오게 되어 앞으로 더욱더 수배전시스템의 발전에 공헌하게 되었다.

(2) 고조파 억제대책

파워일렉트로닉스 제품의 보급은 가변속용 인버터와 UPS 제품으로서 수용가의 전기계통 중에 많이 사용되고 있으나 이것이 전원왜곡의 하나의 원인이 되기도 한

수배전시스템기술의 발전	1950년대	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대	사회의 움직임
<ul style="list-style-type: none"> •큐비클 실용화 •불연성油(PCB)변압기 생산개시 •전기설비기술기준 •GCB 등장 •변압기철심에 방향성규소강대 도입 •IC의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> •샌프란시스코강화조약 •일본 IMF 가입 •일본 가트 가입 •일본 국제연합 가입 	<ul style="list-style-type: none"> •OECD 발족 •동경올림픽 개최 •케네디리운트 교섭 타결 	<ul style="list-style-type: none"> •닉슨 쇼크 •엔화변동시세제로 이행 •제1차 석유쇼크 	<ul style="list-style-type: none"> •OPEC 원유가격 인하 	<ul style="list-style-type: none"> •버블 붕괴 •소련연방 붕괴 •지구 서밋 	<ul style="list-style-type: none"> •신바나기 •이자나기 •列島改造 •버블
<ul style="list-style-type: none"> •전기사업법 •전기설비기술기준 •가스절연변압기 생산개시 •VCB 등장 •GIS 실용화 •DRAM 개발 •PCB油 사용금지 •몰드변압기 생산개시 •액정대량생산 •산화아연형 LA 등장 •디지털형 범용 릴레이 등장 	<ul style="list-style-type: none"> •제2차 석유쇼크 	<ul style="list-style-type: none"> •阪神·淡路 大震災 •제3회 기후변동 조약체약국 회의(COP3) 				
<ul style="list-style-type: none"> •계통연계기술요건 가이드라인 •고온초전도 피버 						
<ul style="list-style-type: none"> •분산형 계통연계기술 지침 •전기사업법 개정 						

〈그림 2〉 기술의 진보와 사회 동향(일본)

다. 수용가에서 유출되는 고조파를 억제하기 위하여 「고압 또는 특별고압으로 수전하는 수용가의 고조파 억제대책 가이드라인」이 '94년에 책정되어, 수용가측으로부터 유출하는 고조파의 종합 전압왜곡률은 6.6kV 수전에서 5%, 특별고압 수전에서 3% 이하로 억제·유지하도록 규정되었다. 이의 대책은 多펄스형의 정류기를 사용하거나 低노이즈형을 채용하는 등으로 고조파 자체의 발생을 방지하는 방법, 패시브 필터나 액티브 필터를 설치하여 고조파를 수용가내에서 흡수하는 방법이 있다.

진상콘덴서는 직렬리액터의 용량 %값을 6%에서 8%, 13%로 하는 등 고조파 자체의 흡수를 피하는 대

책으로 수용가에서 채택해 왔다. 그러나 진상콘덴서에서 흡수율이 감소하는 부분은 송배전선에의 유출증가로 나타나, 수용가측에서 흡수할 수 있는 방법이 요구됨으로써 6%리액터로서 흡수내량이 큰 진상콘덴서의 규격화가 추진되고 있다. 기기 보전의 유력한 방법은 역률개선 자체를 액티브 콘덴서나 MPS로 행하여 고조파의 영향을 받지 않도록 하는 방법이 유효하게 되어 앞으로 급속히 보급될 것으로 생각된다.

(3) 耐震

'95년 1월에 발생한 일본의 阪神·淡路大震災는 수배전설비를 수배전시스템으로 생각하는 하나의 계기가 되었다. 震災 후의 설비점검결과 일부(변압기의 防振附固定方法과 축전지의 수직내진강도 등)를 제외한 수배전설비기는 '78년의 宮城縣沖지진 후에 제정된 「변전소에서의 전기설비의 내진대책지침(JEAG 5003-1980)」의 내진설계기준으로 지속적인 사용에도 충분히 견딜 수 있다는 것이 실증되었다.

그러나 전력배전망의 寸斷, 발전기의 연료배관이나 냉각수배관의 파손으로 수용가에 전기를 공급하는 설비로서의 기능이 상실되는 사례가 발생함에 따라 각각의 기기의 내진설계와는 별도로 전력의 계속공급을 계통적으로 고려하는 시스템엔지니어링의 필요성이 요구되고 있다.

구체적인 사례로서 각각의 수용가가 단독으로 최저한의 기능을 확보하기 위한 비상시 전원으로서 태양전지의 채용과 공냉식 비상용 발전기에의 전환 등이 있다.

(4) SF₆가스

SF₆가스는 절연·소호·냉각성능이 우수하고 또한

화학적으로 안정하여 인체에 무해하다 하여 전력기기의 재료매체로서는 꼭 필요한 것으로 되어 있다. 그러나 SF₆가스는 분자량이 커서 지구상에서의 수명이 길기 때문에, 사용량 그 자체는 적으나 「기후변동협약 제3차 체결국회의(COP3)」의 배출억제대상이 되고 있다. 따라서 대체가스에 대해 여러 조치가 취해지고 있으나 결정적인 포스트 SF₆가스는 실현을 보지 못하고 있으며 현재는 전기기기의 증설·폐기시에 대기への 방출을 저감시키고 SF₆가스의 회수율과 재이용률을 높이는 방법이 환경대책으로 채용되어, 법규제 내에서 회수율이 높고 조작성 간편한 회수기가 실용화되어 가고 있다.

4. 受配電시스템의 尙來 전망

그림 3에 앞으로의 사회적 변화와 니즈를 예측하고 이에 대한 수배전시스템의 구체적인 동향을 표시하였다. 사회적인 니즈는 전력의 품질확보도 포함한 신뢰성 향상, 省에너지, 省人力, 省자원 및 온난화방지의 네 항목으로 분류된다.

(1) 전력공급의 신뢰성 향상

기기본체의 품질향상, 不燃기기의 채용, 내진설계기기의 채용, 고조파대책, 설계裕度の 제고, 비상시 복구시간의 단축 등은 전력공급신뢰성 향상에 대한 기본사항이다.

기기자체의 신뢰도 향상은 생산방식과 설비의 고도화에 의하여 앞으로도 진전되어 갈 것이며, 한편 부하의 수요도, 경제성, 설비로서의 신뢰성을 종합적으로 판단하는 새로운 시스템용 디지털기기와 컴퓨터의 출현에 의하여 시스템 엔지니어링기법과 시스템제품은 앞으로 급속하게 발전될 것으로 생각된다. 배전망과 제어계통의 2중화, 전원측과 부하측을 연계하여 제어하는 로드 shedding과 셰어링 등은 소형계산기와 PLC(Programmable Logic Controller)를 조합하여 수배전시스템 제어계통의 일부로 편성될 것이다.

이와 같은 분산처리는 동시에 상위DCS(Distribution Control System)와 고속전송으로 연계되어, 부하정보·경제정보·판단기준정보가 上位系를 위해 부가되어 플랜트 종합운전관리의 합리화와 신뢰성 향상을 발전시켜 나갈 것이다.

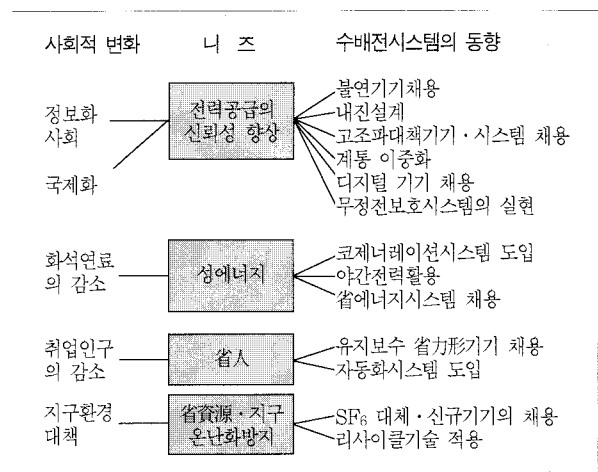
새로운 전력배전방식으로서 전력공급에서의 무정전 보호시스템의 출현이 예견된다. 이것은 초단시간 내에 사고를 검출, 차단함으로써 고압한류를 실현하여 무정전계통 전환을 할 수 있는 새로운 시스템이다.

(2) 省에너지

전력을 효율적으로 운용하는 것은 수용가에게 경제적 일 뿐만 아니라 지구환경면에서도 省에너지로서 중요한 팩터이다.

수배전설비기기에서의 省에너지는 고효율변압기와 고효율모터의 채용, 디지털기기 등의 小勢力기기への 채용으로 직접적인 효과를 올릴 수 있다.

수배전시스템은 電源系유틸리티의 관리기능을 포함할 수가 있고, 열원의 효율적 운용을 도모하는 코제너레이션 발전과 야간전력 활용의 빙축열시스템은 AI(Artificial Intelligence)기능을 갖는 종합에너지 감시 제어시스템과 병용하여 최고효율을 얻을 수 있으며



〈그림 3〉 수배전시스템의 동향

로, 앞으로 더욱 확대되어 갈 것으로 생각된다(그림 4 참조).

부하소비측 省에너지용으로는 조명제어시스템과 고저압용 액티브콘덴서가 단독시스템으로서 경제성과 유용성이 평가되고 있다.

(3) 省人力

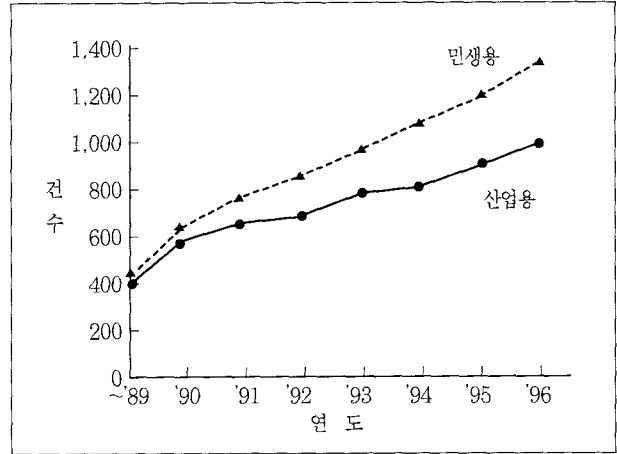
취업인구의 감소에 따라 省人力화대책이 더욱 중요한 과제가 되고 있다. 운전·유지보수업무를 정형적인 업무와 사람이 판단하는 업무로 분리하고 그 정형업무를 자동화함으로써 省인력과 요원의 비전문화를 기할 수 있다. 同社の MELSAS나 MELSAFE는 정형업무의 자동화와 위험작업의 원격관리를 목적으로 계산기와 데이터전송의 복합화에 의해 시스템을 구축하고 있다.

기기의 유지보수 그 자체를 없애거나 적게 하는 유지보수 省力形기기의 채용도 안전확보와 省인력화에 대한 효과가 크다. 차단기의 유지보수 省力形기구와 주회로의 유지보수가 필요치 않은 가스절연기기의 채용은 이에 상응하는 것이다.

이밖에, 앞으로는 사람이 판단하는 업무분야에 있어서도 뉴로, 퍼지, 엑스퍼트라고 하는 AI기술을 응용한 자동화가 진전될 것이다.

(4) 省자원 및 지구온난화방지

지구환경대책으로서 자원의 유효활용과 지구온난화방지가 요구된다. SF₆가스나 절연유의 회수 및 정제 재이용이 계획적으로 확대되고 다른 물질에 대해서도 앞으로 검토가 추진될 것으로 생각된다. 탈SF₆가스 대책으로서 주회로부와 차단부를 진공용기내에 일괄봉입하여 소호·절연의 복합기능을 갖게 한 새로운 개폐장치의 개발도 추진되고 있으며, 앞으로 이와 같은 제품화가 크게 예견된다. 한편 省자원면에서는 제품환경 어세스먼트에의 적용이 ISO14001 인증 취득의 보급과 함께 확대되고 있으며 제품개발시 필수항목으로 앞으로 한층 더 구체화될 것으로 예상된다.



〈그림 4〉 코제너레이션 도입 건수

5. 맺음말

수배전시스템을 구성하는 기기는 절연·소호·기구·재료·가공 등의 기술의 진보에 따라 소형화되고, 제조·검사·해석기술의 진전과 품질에 대한 조직적인 구성으로 신뢰성의 향상을 도모하여 왔다. 또한 디지털 기술을 강전분야에 도입함으로써 종래의 수배전설비를 시스템화하면서 급속도로 발전케 되었다.

이제 이것들을 유기적인 시스템으로서 기능을 다하도록 하여 고객의 니즈나 사회적 책무와 연계한 광의의 시스템엔지니어링이 필요하게 되었다. 미쓰비시電機가 내거는 수배전시스템 엔지니어링의 기본적인 자세는

- 운전·유지보수원의 안전을 제1로 고려한 설비
- 지구환경을 고려한 설비
- 기계와 사람의 역할을 명확히 한 설비

이며 보다 고도의 이론적 뒷받침을 21세기를 향하여 착실하게 확립시켜 고객의 요구에 응하고자 한다. ■

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.