

국외 지중배전계통 구성 및 운영현황 조사연구

이남우, 김동명
한국전력공사 전력연구원

Study on examination the operation and configuration of the Underground Distribution System in abroad

Nam Woo Lee, Dong Myung Kim
KEPCO KEPRI

Abstract - 배전선로 지중화에 경험이 많이 있는 유럽 전력회사의 지중 운영사례와 최근 공급신뢰도 향상을 위해 지중계통의 다양한 구성방법을 모색하고 있는 미국의 Con-Edison사의 차세대 계통 구성 프로젝트 등 북미, 일본의 계통 구성방식과 설비운영 실태를 조사하였다. 국외 전력사에서는 환경적인 요인과 안전을 위해 지중화 및 기자재 개선에 많은 노력을 기울이고 있으며, 특히 오염물 퇴적과 변압기 과부하 감시기능을 부가한 지하블트, 직접매설형 변압기, 벽면거치형 스위치 등 새로운 설계개념을 도입하고 있었다.

1. 서 론

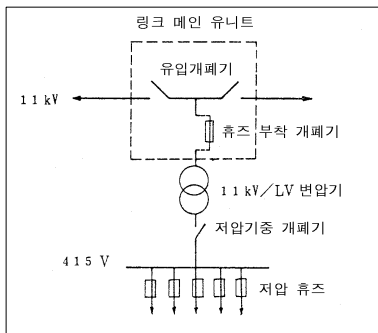
세계 각국의 지중배전 역사를 살펴보면 도시의 발달과 밀접한 관계가 있다. 영국과 독일에서는 17~18세기에 이미 현재의 도시 형태가 구축되어 있었을 뿐만 아니라 시민들의 도시경관에 대한 의식이 높고 건물의 건축에 따른 규정이 오래전부터 제정되어 있었기 때문에 다른 나라보다 앞서 지중화가 진행되었다. 프랑스의 배전설비는 가공선이 일반적이지만 부하밀도가 높은 지역을 중심으로 기술적, 경제적 또는 환경적인 요소들을 고려하여 지중선을 채택하고 있다. 특히, 일부 대도시에서는 인체의 안전측면에서 지중선 공급을 의무화하여 왔으나 최근에는 배전설비의 보수와 환경측면에서 지중화를 추진하고 있다. 미국에서는 과거 도심지에서도 가공선이 주류를 이루었으나 도시미관의 향상과 고밀도 부하지역에서 변압기 용량 부족 문제로 지중화를 시행하였으며, 일본에서는 도시의 미관 향상, 방염 강화 및 고밀도 부하 지역의 전력공급을 위해 1981년부터 지중화를 실시되고 있다.

본 연구에서는 배전선로 지중화에 경험이 많은 유럽 전력회사의 운영사례와 최근 공급신뢰도 향상을 위해 다양한 계통구성 방법을 모색하고 있는 미국의 Con-Edison사의 차세대 계통구성 프로젝트를 등 북미, 일본의 계통 구성방식과 설비운영 실태를 조사하였다.

2. 본 론

2.1 영국

영국의 주요 도시는 전기공급 초기에는 가공선과 지중선이 거의 50%씩 건설되었으나, 그 후 도시 형성과정에서 지중화가 적극적으로 추진되었다.



〈그림 1〉 런던의 배전변전소 구성

건설 초기에는 케이블 포설방법은 관로식이 주류를 이루었고 맨홀, 지하매설 변압기등도 설치되었지만 그 후 건설비용이 높고

보수의 어려움 등으로 현재는 맨홀을 설치하지 않는 직접매설식이 적용하고 있다.

그러나 런던 배전국 등 대도시지역은 재굴착이 불가능하기 때문에 관로방식을 사용하고 있다. 그리고 변압기 설치공간은 시내 중심부에서는 빌딩의 지상 1층 혹은 지하 1층을 사용하고 외곽 지역에서는 수용가의 차고 일부를 빌리거나 구내에 전력회사 비용으로 벽돌 구조물을 마련하고 있으며 인도 또는 지하에는 설치하지 않는다.

2.2 독일

전기공급이 시작된 초기부터 건물이 밀집되어 있어 가공배전선으로는 이격거리 확보가 어려워 공중 안전측면을 고려하여 설비의 지중화를 추진하였다. 또한 세계 제2차 대전 전후 도시 재건 시 주택 복원과 지역의 환경개선 규정에 따라 지중화를 규제하는 법률 등은 일부도시를 제외하고는 거의 없지만 가공배전설비는 “자연과 역사적 환경의 보존”이라는 점 때문에 제약을 받고 있다.



〈그림 2〉 소규모 배전스테이션

독일에서는 증설되는 배전선의 80%를 지중케이블로 포설하고 있으며, 지중화율은 점차 증가되고 있다. 도시 외 지역에서는 일반적으로 1,000 kVA/km 이상의 계통에서는 지중배전이 유리한 것으로 보고 있다. 일반적으로 독일의 각 전력회사에서는 지중적용 범위를 매년 확대하고 있으며 그 이유는 다음과 같다.

- 지중공사비의 비용은 원칙적으로 전액 수용부담으로 책정되므로 자금조달의 어려움은 없다.
- 전기사업자는 전선로, 기타 부속설비를 공공용지에 설치할 권리를 갖고 있어 공사 시 지방자치단체의 허가를 필요로 하지 않는다.
- 사고 시 수시로 굴착이 가능하며 작업시간대는 주로 주간이다.
- 변압기의 설치장소는 수용가의 1층에 임대형식으로, 사람의 출입이 용이한 장소가 일반적이며 임대료는 무료 또는 소액이다.

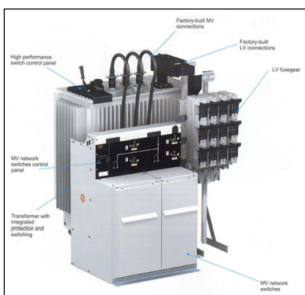
2.3 프랑스

송배전계통의 지중화 여부는 EDF(Électricité de France, 프랑스 전력공사)의 판단에 따르지만 가공선과의 건설비용 차이 때문에 일반적으로 가공선을 선호하고 있으며 지중선은 기술적, 지리적 제약조건으로 불가능한 장소(인구 고밀지구)에만 적용하고 있다. 지중배전선의 대부분은 대도시와 대공업지역에 집중되어 있는데 건설비용은 도시계획 시 해당 도시가, 지중화 대상 이외의

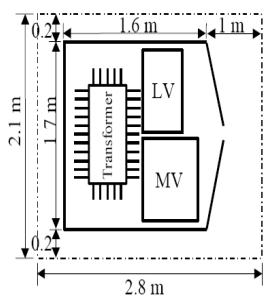
지역에서는 지중화를 희망하는 수용가의 부담으로 되어 있지만 통상적으로 경제적, 기술적으로 부득이한 경우가 많아 EDF에서 부담하고 있다. EDF의 경우 지중화 비용 때문에 적극적으로 수용하지 않고 도시부에 한정하여 전력공급을 시도하고 있으나 최근 아래와 같은 이유로 지중화 경향이 강해지고 있다.

- 대규모 폭설이 발생할 시 가공선의 경우 장시간 정전이 우려 된다.
- 폭염에 의한 가공선의 과부하 해소와 변전소 주변에 가공선의 정비
- 환경측면에서 제약과 사적(史蹟)의 보존
- 가공선 건설에 장시간 소요된다.
(가공선은 민간 소유지에 설치하는 것에 반해 지중선은 공유지에 매설한다. 따라서 신설선로의 허가 승인기간이 가공선은 2~4 년이 걸리며 지중선은 대략 6개월이다.)

최근 EDF에서는 배전변전소 규모를 최소화하여 투자비용 감소와 설치면적의 축소 등을 추진하고 있는데, <그림 3>에 신 개념이 도입된 초소형 24kV 630A 변압기(RMU1)와 접지면(총 표면적)을 보여주고 있다.



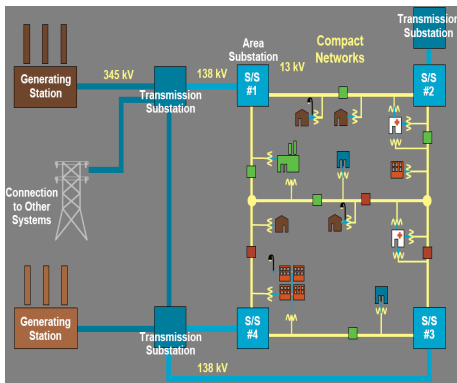
<그림 3> 배전변압기 + 개폐기



<그림 4> 제안된 변전소의 접지면

2.4 미국

배전계통은 지중보다 가공으로 공급하는 것이 보편화되어 있다. 1965년 이후 전력회사는 배전선의 미화에 노력을 경주하였으며 이것이 전력사업의 공(公)적인 요소의 하나가 되었다.



<그림 5> Con Edison사의 미래 배전계통 개요도

그러나 미국에서는 도시의 발전을 추종하는 형태의 전기사업이 창업되고 있고 또한 공급면적이 광범위해지기 때문에 전국적으로 보면 가공선에 의한 공급이 주력을 이루고 있다. 지중배전은 주로 다운타운일대와 도시주변부의 신항지역(신규개발의 주택단지), 공항부근, 경관지 부근 등을 중심으로 “지중화지구”로 추진하고 있다. 다운타운 일대는 부하밀도가 상당히 높기 때문에 고

층빌딩과 쇼핑센터 등의 대용량 수용이 많은 곳, 병원과 대형상가 등 고 신뢰도를 요구하는 부하가 많은 지역 외 도시미화에 대한 요청이 있는 지역에 대하여 주로 네트워크 또는 스포트네트워크 방식이 적용되고 있다.

2.5 캐나다

1) RMU : Ring Main Unit, 보호장치가 내장된 개폐기

배전설비 형식은 가공선을 기본으로 발전하여 왔지만 가공선에 의한 공급부족과 신뢰도의 향상 등을 포함하여 종합적인 검토를 수행한 후 지중화가 실시되어 거의 대부분의 도시부, 변전소 주변의 배전선 인출부분, 대도시의 다운타운 지구 그리고 신규개발의 주택지구에서는 지중배전방식이 보급되고 있다. 지중화는 미관향상의 관점에서 각 지자체와의 합의에 의해 토목공사 시공비용을 자치체측에서 부담함으로써 공사비를 전기사업자와 등분하는 등의 비용분담을 실시하고 있다. 캐나다에서 지중공사에 대한 가공선공사 비용 비율은 각 전기사업자 및 각 지구의 수요형태에 따라 다르지만 대략 3~10배 정도이다.

2.6 일본

도시의 고밀도 부하지역의 경우는 스포트네트워크 방식과 레귤러네트워크 방식이 적용되고 있으며, 기본 방식으로는 연계 방식, π 형태로 공급되고 있다. 6kV 회선의 간선은 다른 변전소 회선에 연계되어 있으며, 분기선은 같은 변전소의 다른 회선과 연계되어 있다. 2차측 저압선은 핸드홀에 의해 방사상 방식으로 구성되어 있다.

지방도시의 경우 지중배전계통 구성은 연계 방식으로서, π 형태로 공급되고 있으며, 간선에는 기본적으로 가공공급을 원칙으로 하고 있다. 신규 주거단지에서는 지방도시와 동일한 계통구성을 취하고 있으며, 개폐기는 매 500 kW 부하마다 설치한다.

2.7 두바이 지역(중동)

배전계통 구성은 유럽이나 캐나다 지역과 유사한 형태로 구성하고 있으며 기존 변전소의 경우는 132/11 kV, 지중계통의 경우 400/11 kV의 변전소를 통해 2가지 형태의 배전용 변전소를 통해 루프시스템(Loop Configuration)으로 전력을 공급하고 있으며 현재 약 16,000개의 배전용 변전소가 운영 중에 있으나 원격감시 및 제어는 이루어지지 않고 있다. 배전용 변전소의 주요 특징은 다음과 같다.

- 볼트 내의 변압기안에 한류(Current Limiting) 퓨즈나 차단기 설치
- 변압기 내부의 한류퓨즈는 착탈 방식
- 변압기 용량은 1~1.5 MW
- 저압수용가는 모두 3상으로만 공급

3. 결 론

국내의 지중배전계통은 일부지역을 제외한 대부분이 획일적으로 개방 루프방식을 적용하고 있으며, 1999년 관련 건축법의 폐지로 지중기기의 지상 설치에 많은 어려움이 있는데, 고객 건물 내 또는 유희부지에 지중설비 공간 제공이 법제화되어 있어 전력설비의 신·증설에 용이한 유럽의 경우 지역 및 부하의 특성에 따라 다양한 계통 구성방식을 적용함으로써 신뢰도 측면의 향상을 꾀하고 있으며 신기차제 개발 및 컴팩트한 배전변전소 구성을 고려하고 있다.

따라서 지중화 증가추세에 있는 국내의 경우 지중기기 설치 공간 확보의 어려움을 해소하고 공급신뢰도 향상을 위해서는 유럽의 간선연계방식과 관련 설치법규의 도입을 검토해 볼 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] “지중배전신뢰도 향상을 위한 계통구성 및 기자제 시설기준 정립에 관한 연구”, 한국전력공사, 2008.
- [2] “3G System of the Future”, January 2006-Public draft, Con-Edison, Inc.
- [3] “A Review of the Reliability of Electric Distribution System Components”, EPRI White Paper, EPRI, Palo Alto, CA : 2001.
- [4] Didier Fulchiron, “Protection of MV/LV Substation transformers, Cahier technique No 192, 1998.