

초전도케이블 선로의 도입을 고려한 대도시 지역의 차기 전력계통 모델 구성 기초연구

김 성 일* · 이 증 범 · 성 기 철 · 류 강 식
(원 광 대) (한국전기연구소)

Modeling of future power systems in metropolis by considering installation of superconductive power cable

Sung-Il Kim * · Jong-Beom Lee · Ki- Chul Seong · Kang-Sik Ryu
Wonkwang University KERI

Abstract - This paper presents the power system basic planning in urban area, when the superconductive power cable is installed in power system in the future. To decide the proper superconductive cable routes, load flow calculation was carried out based on the long term load forecasting of Kyoungin area. The simulated results show that installation of superconductive power cable is able to overcome rapidly growing power demand of urban area.

토를 통해 기존 전력케이블 확장 모델계통을 구성하였다. [5][6][7] 또한 각 연도별 확장 모델계통 검토를 통하여 초전도 케이블의 도입 경로를 선정하고, 기존 확장방안과 초전도케이블이 적용된 경우를 상호 비교함으로써 초전도케이블에 대한 적용 효과를 검토하였다.

1. 서 론

최근 대도시 지역에서 전력수요는 국민생활의 증가, 늘어나는 공단지역, 신도시 건설, 정보화 사회 도래와 더불어 지속적으로 증가되고 있는 추세이며, 이러한 현상으로 장래 대도시 지역에서의 전력공급 형태는 고밀도, 고신뢰도화, 대응량화를 더욱더 요구하고있다. 또한 이 문제를 해결하기 위한 방안으로서 신가평, 신안성, 신서산 변전소 등을 신설하여 대단위 전원단지 및 경인지역간을 765kV급 전력계통 격상사업을 추진하고 있다. [1]

그러나 이러한 765kV 계통의 신설은 지역간 전력수급 불균형은 해소될 수 있으나 대도시 지역내에서 급증하는 전력수요를 공급하기 위해 지중전력케이블 추가 건설과 새로운 경로확보는 가까운 장래에 한계점에 도달할 것이다. 또한 추후 OF케이블(Oil Filled Cable)등 기존 전력케이블에 의한 계통확충만으로는 한계가 있을 것으로 예상되고 있어 향후 대도시 지역의 전력수요를 만족시키기는 어렵다고 본다.

이에 대한 해결책의 하나로 초전도 현상을 전력케이블에 적용한 초전도케이블에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. [2] 초전도케이블은 기존 전력케이블에 비해 6~10x의 전력손실을 감소시킬 수 있으며 대전류 송전특성을 갖고 있고, 또한 기존 케이블과 거의 동일한 공간만을 필요로 하므로 기존의 전력구를 그대로 이용할 수 있는 등의 큰 장점을 가지고 있다. 그러나 Quench현상, 냉각장치의 개발 및 효율적 관리능력의 배양등을 위해 지속적인 연구가 필요하다. [3][4]

본 연구에서는 대도시지역의 전력증가 추세와 초전도케이블의 개발 양상을 고려하여 도심지의 대응량 전력공급을 위해 초전도 케이블이 도입되어 운전될 시기를 2010년 이후로 상정하고 향후 계통변화에 적합한 초전도케이블 도입경로 및 시기를 검토하고자 한다. 이를 위한 사례검토로서 부하밀도가 가장 높은 서울지역을 대상으로 하고, 이 지역의 약 15년 후인 2010년 계통계획을 기준으로 5년 단위로 2030년까지의 전력조류 및 상정사고 검

2. 대도시 전력계통의 현황

서울시를 포함한 경인지역에서의 전력계통을 살펴보면 그림 1에서와 같이 서울지역의 외곽에는 345kV계통이 환상망 형태로 구성되어 있으며, 새로 신설될 765kV계통이 345kV변전소와 연계되어 서울 중심지역으로 전력을 공급하고 있다. 한편 서울지역본부에서 제시한 수요전망에 따르면 서울지역의 평균 전력부하 밀도는 '91년 5.6MW/km²에서 '96년에는 8.3MW/km², 2010년 경에는 15.1MW/km²이 될 것으로 예측되고 있다.

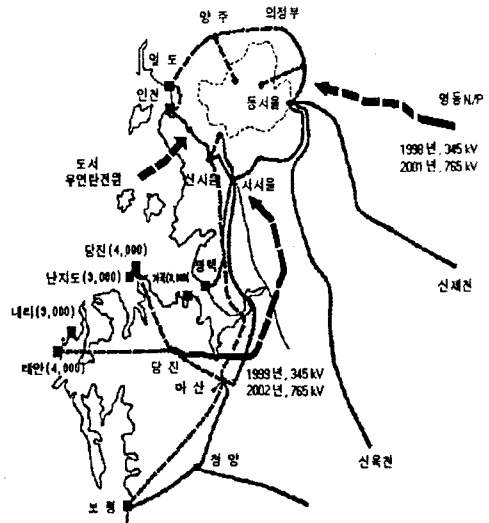


그림 1. 향후 765kV계통을 포함한 경인지역 계통구성

특히 명동지역의 전력부하밀도가 가장 높아 2010년 경에는 252.8MW/km²로 예측되고 있다. 또한 각 변전소간 평균직선 거리는 '91년 3.7km에서 '96년 3.1km로 점점 감소되는 경향을 보이고 있는 추세다.[5]

3. 초전도케이블의 도입

초전도케이블 도입경로는 그림 2 (a)의 기존 선로와 다르게 (b)의 경우는 외곽지역으로 부터 도심부까지 초전도케이블을 구성하여 대규모 전력수송을 하며, 중심부에서는 이를 주변 도심부로 역송하도록 계통을 구성하도록 한다. 이러한 이유는 종래의 방식에서는 중심부에서 필요한 대용량 수송을 위해 도시 주변부의 송전망이 불필요하게 증가됨으로 인하여 이러한 단점을 보완하고 초전도케이블이 갖는 대용량 전력수송이라는 장점을 최대한 활용하자는 것이다. 그리고 초전도케이블 적용시, 도심부 중앙에 위치할 변전소는 가능한 부하상황을 고려하여 근접한 위치로 선정하며, 도심부내의 기존선로를 효과적으로 이용할 수 있도록 해야 한다.

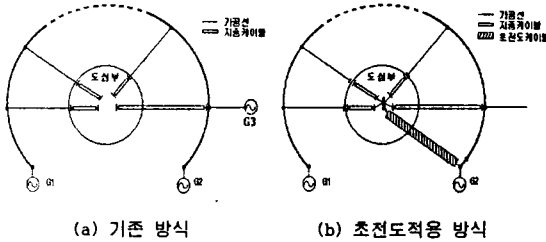


그림 2. 전력수송을 위한 외곽-도심중심부간 선로구성

4. 사례 연구

본 연구에서 부하분배는 서울지역 분부에서 제시한 기본 관리구별 수요전망(5)을 참조하여 154kV 모선에 배분하고, 발전의 경우는 각 2010년 계통의 전원계획을 참고하여 부하의 증가형태 및 송전손실을 고려하여 각 검토연도별로 증분하였고 배분하였다. 이 때 각연도별 전력수요 상정은 표 1과 같이 2010년의 전국 총부하량을 기준으로 매년 3.6%씩 증가할 것으로 예측하였다. 이 때의 서울지역 최대전력수요는 2010년에 7,539[MW], 2015년, 2020년, 2025년, 2030년에는 각각 8,998[MW], 10,738[MW], 12,815[MW], 15,294[MW] 정도로 상정하였다. 이를 정리하면 표 1과 같다.

이러한 부하분배를 토대로 수행된 시뮬레이션은 초전도케이블을 계통에 적용하기 위하여는 최소 15 - 20년이라는 장기간 추가 될 것이므로 서울지역내의 선로에 정상운전시 및 상정사고시 계통검토를 하여 선로에 과부하가 발생하지 않도록 계통을 구성하고 이 결과와 초전도케이블을 각 연도별로 적용한 경우를 상호 비교함으로써 적용 타당성을 검토하는 것으로 하였다. 단, 상정사고 조건은 1루트 사고로 하였다. 또한 송전선 및 변압기에 대한 확장 검토 가정은 다음과 같다.

- (1) 선로 확장기준
 - 조류검토를 통해 선로사고(154, 345kV : 1회선사고)시 과부하 선로 발생할 경우 경우 등중의 선로로 확장한다.
- (2) 변압기 확장기준

○ 1 Bank 사고시에도 건전 Bank에 과부하가 발생하지 않는다.

표 1. 각 연도별 전력수요 상정

연도 부하 및 발전량	연도				
	2010	2015	2020	2025	2030
전국발전량[MW]	50,394	60,142	71,775	85,659	102,228
전국총부하[MW]	49,615	59,212	70,665	84,334	100,647
서울지역부하[MW]	7,539	8,998	10,738	12,815	15,294

다음 그림 3은 본 연구 과정을 나타낸 흐름도로서 기존 전력케이블과 초전도케이블이 도입될 경우를 상호 비교하기 위한 과정을 나타낸 것이다.

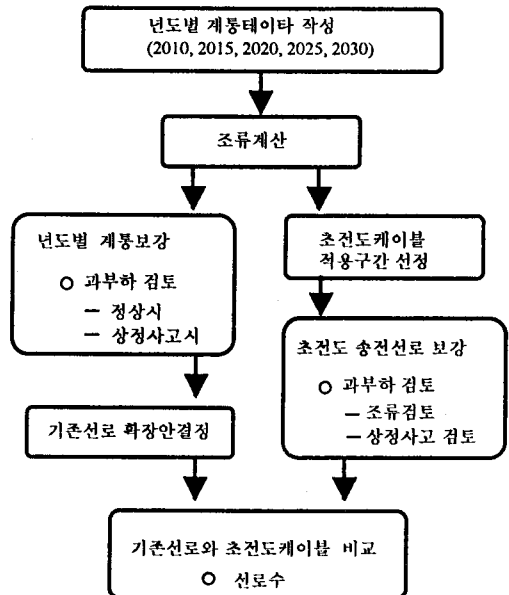


그림 3. 초전도케이블 적용가능성 검토방법

그림 4는 2010년 기본 확장계통으로서 154kV급 이상 송전선로에서 서울지역의 부하밀도와 1회선 사고시 즉 상정사고를 고려해 기존 전력케이블로 확장한 계통도이다.

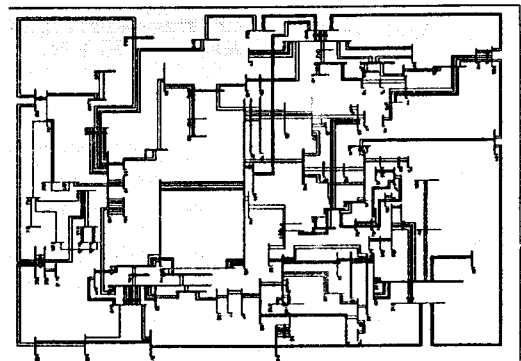


그림 4. 2010년 서울지역 전력계통도 (기존 전력케이블로 확장)

다음 그림 5은 2030년의 부하율 고려해 기존 전력케이블로 확장한 경우로 2010년에 비해 선로 증가가 크게 증가된 것을 알 수 있었다.

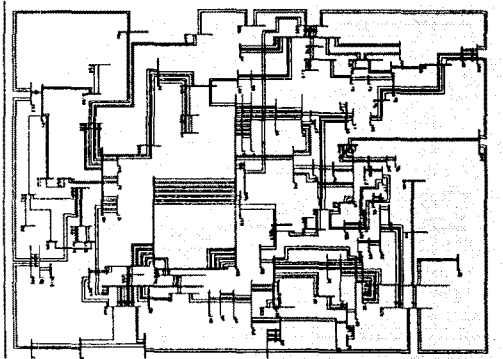


그림 5. 2030년 서울지역의 전력계통도
(기존 전력케이블로 확장)

다음 그림 6은 초전도케이블을 적용한 경우로서 초전도케이블의 수전단은 영동의 원자력 단지로 부터 서울 등부로 대전력이 유입되는 동부지역의 변전소로 설정하였으며 승전단은 기존 전력케이블과 근거리애 있고 부하밀도가 높은 지역으로 선정하여 초전도케이블을 도입한 서울 지역의 계통도이다.

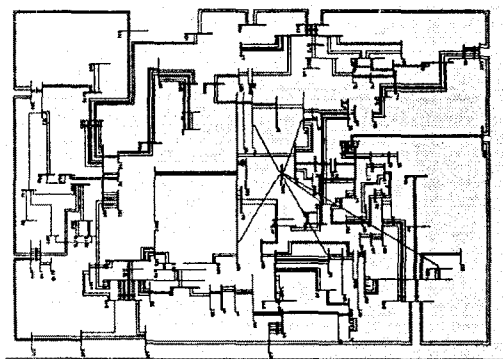


그림 6. 초전도케이블을 도입한 2030년 서울지역 전력계통

다음 표 2는 기존 전력케이블로 2010을 기준 년도로 10년단위로 연도별 확장한 결과와 초전도케이블을 동서울 변전소부터 대도시 지역까지 2015년부터 2030까지 도입했을 경우를 나타낸다.

표 2. 연도별 선로수 비교 검토

연도	선로수 및 확장	
	기존 전력케이블로 확장한 전력계통	초전도케이블을 도입한 전력계통
2010	325	-
2015	353	332
2020	375	347
2025	408	378
2030	461	415

기존 전력케이블로만 확장한 경우 2010년을 기준으로 평균 9.125x씩 증가되었으며, 초전도케이블을 도입하였을 경우 2015년을 기준으로 평균 7.8x씩 증가함을 나타낸다. 또한 기존 전력케이블과 초전도케이블을 도입할 경우 각 연도별로 비교한 결과 2015년에는 초전도케이블을 도입한 결과 21개, 2020년, 2025년, 2030년에는 각각 28개, 30개, 45개가 감소함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 향후 대도시 계통에 초전도케이블을 도입할 경우 모델 범위의 전력케이블의 총 선로수는 기존 전력케이블로만 확장할 경우보다 감소됨을 나타낸다. 따라서 경제적 측면뿐만 아니라, 대도시 지역에서의 공간 확보의 어려움을 감안한다면 환경측면에서도 도입효과가 클 것으로 사료된다.

5. 결론

서울지역에 대해 2010년 계통을 기본계통으로 구성한후 2030년까지의 확장안에 대해 전력조류 및 상정사고 검토를 통해 초전도케이블 적용검토를 수행하였다. 이하 사례검토를 통한 결론은 다음과 같다.

- 1) 초전도케이블은 외곽지역에 위치한 345kV변전소와 도심지의 과밀지역에 위치한 변전소간을 구성토록한다.
- 2) 초전도케이블로 승전되는 대용량 전력은 도심부의 대수요를 조달하며, 주변부로 승전토록 함으로써 도심부지역 수급에 필요한 대규모전력을 공급하기 위해 필요한 외곽부-도심부간 선로를 절감할 수 있었다. 한편, 초전도케이블 적용시 전력조류 측면에 대해서만 검토하였으나 실제 적용을 위해서는 단락용량 감소대책 및 안정도 검토등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 한국전력공사, "향후 대전력전송을 위한 장기계통 구성대책에 관한 연구", 한국전력공사 전원계획처, 1990.
- [2] 일본 전기신문, "초전도케이블개발(동경전력 전선 2사와 협동으로)", 1995. 5. 11.
- [3] 한일웅, "초전도신재 및 초전도케이블의 전망" 제 4회 전력케이블 심포지움 발표집, 1994. 11.
- [4] 松村年郎, 後頭幸生, "極低温 大容量送電線導入に適合した大都市送電系統の構成に関する-考察", 일본전기학회 논문지 vol.110-B, No.2, 1990.
- [5] 한국전력공사, "서울지역 長期需要展望 및 配電計劃" 한국전력공사 서울地域本部, 1994. 1.
- [6] 한국전력공사 전력연구원, "초전도케이블 및 송전시스템 개발연구", 1차년도 중간보고서, 1995. 7.
- [7] 超傳導·極低溫機器電氣絶縁技術調査専門委員會 "超傳導應用機器の電氣絶縁技術 電氣學會技術報告(JAPAN)" 528號, 1995. 1.