

초전도케이블 시장진입 가격 산정 방법론 고찰

論文
53A-10-2

Methodology for Estimating the HTS Cable Market Price

金鍾律[†] · 李昇烈^{*} · 尹在暎^{**}
(Jong-Yul Kim · Seung-Ryul Lee · Jae-Young Yoon)

Abstract – As power demand increases gradually, the call for underground transmission system increases. But it is very difficult and high in cost to construct new ducts and/or tunnels for power cables in metropolitan areas. HTS (High Temperature Superconducting) cable has the several useful characteristics such as increased power density, stronger magnetic fields and/or reduced losses. Therefore HTS cable can allow more power to be moved in existing ducts, which means very large economical and environmental benefits. In these days, companies world-wide have conducted researches on HTS cable. A development project for a 22.9kV class HTS cable is proceeding at a research center and university in Korea.

In this paper, we investigate the expected price of HTS cable to have a merit in viewpoint of economic aspect. First, life-cycle cost of conventional cable is calculated and based on this, the expected price of HTS cable is evaluated, which HTS cable is competitive against conventional cable.

Key Words : HTS Cable, Economic Assessment, Life-cycle Cost, Expected Market Price

1. 서 론

1986년 고온초전도체(HTS : High Temperature Superconductor)가 발견된 이후 초전도를 의료, 수송, 에너지 등 다양한 분야에 응용하기 위한 연구가 활성화되기 시작하였다. 액체질소를 냉각매체로 이용하는 고온초전도기술은 액체헬륨을 사용하는 종전의 저온초전도체(LTS : Low Temperature Superconductor) 보다 가격측면에서 경쟁력이 있고 실제 적용에 있어서도 상대적으로 실용성이 높다.

HTS 기술의 다양한 적용분야 중에서도 특히 전력분야에 대한 적용연구가 1990년대 중반 이후 크게 활발해졌는데 그 이유는 초전도 전력기를 전력계통에 적용하면 전력손실 저감, 환경측면 이익향유 및 계통운영의 효율성을 향상시킬 수 있기 때문이다[1~3]. 즉, 초전도한류기, 초전도케이블, 초전도변압기와 같은 고온초전도 전력기기는 기존 상전도 전력기기에 비해 용량증대, 손실저감, 환경보호, 설비입지 감소 등 여러 측면에서 많은 장점을 지니고 있다. 그러나, 현재 시점에서는 초전도 전력기기의 경제성이 상대적으로 낮고 신뢰성에 대한 의문 때문에 실 계통 적용상에 많은 장애가 놓여있는 실정이다.

초전도기기를 전력계통에 적용할 때 고려하는 신뢰성 문

제는 향후 해당 기기의 상용화 개발 완료단계에서 검토되어야 할 사항으로 판단된다. 이는 향후 개발될 초전도기기가 전력계통에서 요구하는 시험규격을 만족하는지 여부에 따라 판단되어지는 문제이기 때문이다. 따라서, 초전도기기를 개발 중인 현 시점에서 초전도기기의 신뢰성 문제를 논하는 것은 성급한 논의라고 생각된다. 그에 반해, 경제성 검토는 가장 기본적인 상위개념에서 초전도기기의 계통적용 가능성을 좌우하는 근거가 되므로 가장 최우선적으로 검토되어야 한다. 그러나, 초전도기술 자체의 특성상 급격한 기술개발로 인해 현 상태에서 미래에 개발될 것으로 예상되는 초전도기기의 정확한 비용요소(정격사양, 부피, 손실, 가격 등)를 산정하기는 매우 곤란하다. 또한, 미래 전력계통의 불확실성 및 계통측면의 적용관점 다양성 등을 고려한다면 현 시점에서 타 대안과의 직접적인 경제적 편익을 논하는 것은 곤란하다. 그러므로, 본 논문에서는 현실적으로 타당성이 상대적으로 높은 초전도케이블 계통적용방안을 토대로 초전도케이블이 상전도케이블 대비 가격 경쟁력을 가지기 위한 시장진입 가격 수준을 산정하였다.

2. 초전도케이블 계통적용방안

초전도케이블 적용방안에 있어서는 다회선 상전도 케이블을 동일 전압계급의 1회선 초전도케이블로 대체하는 방안과 1회선 상전도 케이블을 전압계급이 낮은 1회선 초전도케이블로 대체하는 방안[4]으로 나눌 수 있다. 송전계통에 있어 신규건설시 3회선 또는 4회선 선로를 한번에 건설하는 경우는 현실적으로 그리 많지 않으며 대부분 신규로 2회선 선로를 건설하는 것이 일반적이다. 이러한 상황에서 초전도케이

[†] 교신저자, 正會員 : 한국전기연구원 전력연구단 연구원
E-mail : jykim@keri.re.kr

* 正會員 : 한국전기연구원 전력연구단 연구원

** 正會員 : 한국전기연구원 전력연구단 책임연구원

接受日 : 2004年 4月 30日

最終完了 : 2004年 7月 1日

를 적용 가능 시장규모는 그리 크지 않을 것으로 예상된다. 또한 송전계통의 경우 (N-1) 제약조건 만족해야 하는데, 예를 들어 송전용량 측면에서는 문제가 없다하더라도 (N-1) 제약조건을 고려한다면 초전도케이블의 1회선 적용은 곤란하다 할 수 있다. (N-1) 제약조건을 고려하여 초전도케이블 2회선을 건설하게 되면, 결국 상전도 케이블 2회선을 초전도 케이블 2회선으로 대체하는 것과 동일하게 되어 경제적 측면에서의 이득은 상당히 감소하게 한다.

배전계통에 있어서 2회선 또는 3회선 선로를 통해 동일한 수용가에 전력을 공급하는 경우는 없다고 할 수 있다. 이는 현행 제도가 수용가의 부하규모가 10MW를 초과하게 되면 22.9kV 수전이 아닌 154kV 수전을 하도록 되어있기 때문이다. 현실적으로 상전도 다회선 선로를 초전도 1회선 선로로 대체하는 경우는 아주 특수한 사례로서 향후 Niche-Marketing 개념에서 별도 검토하여야 할 것으로 사료된다. 따라서, 송전계통과 마찬가지로 배전계통에서의 상전도 다회선 선로의 초전도 1회선 교체 방안은 배제하였다.

따라서, 본 논문에서는 상전도 케이블 1회선을 동일용량의 전압계급이 낮은 초전도 1회선 케이블로 적용하는 방안을 검토대상으로 선정하였으며 345kV 상전도케이블을 154kV 초전도케이블로 대체 또는 154kV 상전도케이블을 22.9kV 초전도케이블로 대체하는 경우에 대하여 각각 시장진입 가격을 산정하였다.

3. 시장진입 가격산정

본 논문에서는 케이블의 Life-cycle 비용 개념을 이용하여 초전도케이블 시장진입 가격을 산정하였다. 정확한 케이블 Life-cycle 비용을 산정하기 위해서는 여러 가지 항목들을 모두 고려하여 계산해야 한다.

그러나 본 검토의 목적이 절대적인 Life-cycle 비용규모를 산정하는 것이 아니라 상전도 케이블과 비교하여 가격경쟁력을 가질 수 있는 적절한 초전도케이블 시장진입 가격수준을 도출하는데 있으므로, 여기서는 아래 식(1)과 같이 중요 항목들만을 고려하였으며 공통적으로 적용되는 부분은 고려하지 않았다[1,5,6].

$$\begin{aligned} \text{Life-cycle 비용} &= \text{초기투자 비용} + \text{운전비용} \\ &= (\text{케이블 및 부속재 가격} + \text{설치비용} + \text{토목공사비용}) (1) \\ &\quad + (\text{전력손실비용} + \text{탄소세 비용} + \text{유지보수비용}) \end{aligned}$$

3.1 초기투자 비용

3.1.1 케이블 가격 및 설치비용[7]

케이블 가격은 상전도 케이블의 경우 22.9kV CN-CV 325㎟ 케이블 0.54억원/C-km, 154kV XLPE 2000㎟ 케이블 6.31억원/C-km, 345kV OF 2000㎟ 케이블 16.07억원/C-km으로 산정하였다. 상전도 케이블 설치비용의 경우 154kV 케이블의 경우 0.58억원/C-km, 345kV 케이블인 경우 0.78억원/C-km으로 산정하였다. 초전도케이블 경우는 동일한 전압계급의 상전도 케이블 설치비용 보다 약 20%정도 비싼 것으로 가정하여 22.9kV 초전도케이블은 0.282억원/C-km,

154kV 초전도케이블은 0.696억원/C-km으로 산정하였다. 동일 전압계급의 초전도케이블 설치비용을 상전도 케이블보다 다소 높게 선정한 이유는 초전도케이블의 냉각설비 설치에 따른 추가적인 비용을 반영하였기 때문이다.

3.1.2 토목공사비용

토목공사비의 경우 한전 건설단가를 적용하여 관로식인 경우 22.9kV 3.58억원/km, 154kV 10억원/km, 개착식 전력구인 경우 154kV는 51억원/km, 345kV는 70억원/km로 산정하였다[7].

3.2 운전비용

3.2.1 전력손실비용

1) 비용산출 데이터

① 케이블 손실

실제 케이블에 있어서 전력손실은 선로위치, 매설방식에 따라 편차가 매우 크며 이를 일반화하여 적용하기는 불가능하다. 따라서, 본 검토에서는 이러한 사항을 고려하여 매설방식 등에 의한 영향은 배제하고 케이블 자체의 도체저항만을 고려하여 전력손실을 산정하였다. 초전도케이블의 경우는 도체저항에 의한 손실과 냉각장치에 의한 손실부분을 함께 고려하였다. 상전도 케이블의 선종은 현재 154kV 및 345kV 지중선로에 가장 일반적으로 사용되고 있는 154kV XPLE 2000㎟, 345kV OF 2000㎟로 선정하였다[8]. 케이블의 도체저항은 케이블 업체의 최대DC저항 자료를 근거로 하여 상전도 154kV XPLE 2000㎟는 0.0132[Ω/km*phase], 345kV OF 2000㎟는 0.013[Ω/km*phase]로 선정하였다[8]. 초전도케이블의 경우 정상상태 도체저항은 이론적으로는 “0”이나, 실제로는 “0”에 가까운 아주 적은 저항값을 가지게 된다. 따라서, 초전도케이블 도체저항은 상전도 케이블 도체저항의 1/100 수준인 것으로 가정하였고, 이를 바탕으로 냉각장치의 전력손실을 추정하였다. 앞선 사항들을 고려할 때 초전도케이블의 전체 손실은 상전도 케이블 손실의 약 20% 내외일 것으로 예상되며, 본 논문에서는 20%로 가정하여 전력손실량을 계산하였다.

② 전기요금

초전도기가 상용화될 2010년경의 전기요금은 향후 전력시장 구조개편 여부에 따라 매우 큰 가변성을 가지고 있다. 그러므로 현 시점에서 과거 전기요금만으로 미래의 전기요금을 추정하는 것은 비현실적이라 할 수 있다. 본 논문에서 전력손실 비용은 현 시점의 전기요금을 기준으로 계산하였으며, 현재까지 발간된 한전통계자료가 2002년 데이터까지를 포함하고 있으므로 2002년 전기요금 73.88원/kWh[9]을 기준요금으로 선정하였다.

③ 연간 선로 평균 이용률

한전의 2010년 peak 계통 데이터 및 PSS/E 프로그램을 이용하여 조류해석을 수행하고 그 결과를 토대로 이용률을 추정한 결과 2010년 peak 부하시 154kV 및 345kV 선로의 평균 이용률은 대략 23.9%와 27.5%로 나타났다. 그러나 실제 선로 이용률은 선로위치에 따라 큰 편차를 가지게 되는데 본 논문에서는 상대적으로 적용 가능성 높은 수도권 지

역 선로의 이용률을 적용하였다. 수도권 지역 평균 이용률은 전체 평균이용률의 약 1.3배 정도 높은 31.07%, 35.75%로 나타났다.

2) 단위 길이당 케이블 전력손실 비용

저항이 거의 없는 초전도케이블은 상전도 케이블에 비하여 전력손실 측면에서 매우 유리하다. 그러나 실제 계통 운영관점에서 케이블의 이용률이 항상 100%로 운전되지 않는다는 점을 고려해 보면, 초전도케이블 적용에 따른 전력손실 저감효과는 이용률에 따라 큰 편차를 가지게 된다. 실제 전력손실량을 계산하기 위해서는 각 선로의 연중 이용률을 모두 고려하여야 하나 현실적으로 이 같은 방법은 불가능하다. 여기서는, 수도권 지역 케이블 1회선당 연간 평균 이용률을 추정하여 사용하였다.

아래에서는 상전도 및 초전도케이블의 1회선 단위 길이당 연간 전력손실량 계산결과를 나타내고 있다. 연간 전력손실량을 살펴보면 154kV 및 345kV 상전도 케이블은 14.49[MWh], 33.59[MWh]이며 22.9kV 및 154kV 초전도케이블은 2.9[MWh], 6.72[MWh]로 나타났다.

초전도케이블 사용으로 인한 1회선 단위 길이당 연간 전력손실 저감량은 22.9kV 초전도케이블 적용시 11.59[MWh], 154kV 초전도케이블 적용시 26.87[MWh] 정도이다.

위의 계산 결과를 이용하여 초전도케이블 사용으로 인한 전력손실 저감효과를 금액으로 환산해 보면 22.9kV 초전도 케이블 적용시 매년 85만원/C-km, 154kV 초전도케이블 적용시 198만원/C-km의 비용을 저감할 수 있다. 초전도케이블의 수명을 30년이라고 가정한다면 수명기간 동안의 총 전력손실 저감액은 0.26억원/C-km 및 0.6억원/C-km일 것으로 예상된다.

3.2.2 연간 탄소세비용

앞서 살펴본 바와 같이 초전도케이블 사용으로 인하여 케이블 1회선 단위 길이당 연간 11.59[MWh](22.9kV 초전도케이블 적용시), 26.87[MWh](154kV 초전도케이블 적용시)의 전력손실을 줄일 수 있게 되고, 이는 곧 발전소에서 전력생산시 전력손실 저감량 만큼의 전력을 생산하지 않아도 됨을 의미한다. 따라서, 전력생산시 발생되는 CO₂ 배출량이 감소하게 되어 탄소세 비용을 저감하는 효과를 기대할 수 있게 된다. 아래에서는 상전도 및 초전도케이블의 CO₂ 탄소세 비용을 산출하고 초전도케이블 사용에 따른 탄소세 저감 효과를 검토하였다.

1) 비용 산출 데이터

① 발전원별 전력생산량

한전 전력통계 자료의 발전원별 전력생산량을 살펴보면 다음과 같다. 2002년 실적을 기준으로 전력생산량 비율을 살펴보면 수력 1.7%, 석탄 39.6%, 유류 6.0% 및 LNG 13.3%, 원자력 39.4%로 나타났다[9].

② 화력기의 MWh당 CO₂ 배출량

화력기의 MWh당 CO₂ 배출량은 다음과 같다. LNG 0.623[TCE/MWh], 석탄 0.924 [TCE/MWh], 유류 0.749[TCE/

MWh]로서 상대적으로 석탄발전이 가장 많은 CO₂를 배출함을 알 수 있다[10].

③ CO₂ 단위 무게당 탄소세

향후 적용될 CO₂ 단위 무게당 탄소세 가격은 관련연구기관 및 해외자료를 근거로 하면 약 \$10/TCE [11]으로 추정된다. 그러나 이는 단지 CO₂ 배출에 대한 탄소세이며 화력기에서 발생되는 CO₂ 이외의 환경오염 물질인 NO_x, SO_x의 경우는 현재까지 어떠한 부과 기준도 명확하게 되지 않은 상황이다. 본 검토에서는 CO₂ 및 NO_x, SO_x에 대한 부분을 모두 고려하여 단위 무게당 탄소세를 \$20/TCE로 가정하였다. (환율 1,200원 기준으로 한화 24,000원/TCE)

2) 연간 탄소세 비용

케이블 1회선 단위 길이당 CO₂ 탄소세 비용을 산정하면 다음과 같다. 케이블 1회선 단위 길이당 연간 전력손실량이 상전도 154kV 케이블 14.49[MWh], 상전도 345kV 케이블 33.56[MWh]이며, 초전도케이블은 22.9kV 케이블이 2.9[MWh], 154kV 케이블이 6.72[MWh]이므로, 결국 연간 탄소세 비용은 상전도 케이블 각각 0.0017억원, 0.0040억원, 초전도케이블이 0.0003억원과 0.0008억원으로 나타났다.

따라서, 상전도 대신 초전도케이블을 사용하였을 경우 연간 탄소세 저감 이익은 약 0.0014억원(22.9kV 초전도케이블 적용시)과 0.0032억원(154kV 초전도케이블 적용시) 정도로 추정된다.

3.2.3 유지보수 비용

유지보수 비용은 과거 한전에서의 실적 값을 살펴보면 송전설비의 운전유지비 및 제세 보험금 비율이 연 5.34%로 나타나 있다. 본 검토에서는 유지보수 비용이 점차 감소하는 경향을 고려하여 상전도 케이블 유지보수 비율을 5%로 산정하였다. 초전도케이블은 동일한 전압계급의 상전도 케이블 가격의 7%로 가정하였다. 동일 전압계급의 상전도 케이블 유지보수 비용보다 높게 설정한 이유는 설치비용과 마찬가지로 초전도케이블의 냉각설비에 따른 추가적인 비용을 반영하였기 때문이다.

3.3 초전도케이블 시장진입 가격추정

상기의 자료들을 근거로 하여 상전도 및 초전도 케이블 Life-cycle 비용을 계산하면 다음과 같다. 케이블의 수명을 30년으로 가정할 때 2010년 신규 설치된 154kV 및 345kV 상전도 케이블 1회선 선로의 Life-cycle 비용[1,5,6]은 식(2)를 이용하여 계산하면 약 26.72억원 및 113.74억원으로 예상된다.

상전도 케이블 Life-cycle 비용

$$\begin{aligned} &= \text{케이블가격} + \text{설치비용} + \text{토목공사비용} + \text{수명기간} \\ &\quad *(\text{연간전력손실} + \text{탄소세} + \text{케이블가격의 } 5\%) \end{aligned} \quad (2)$$

초전도케이블의 Life-cycle 비용을 구하는데 있어 초전도 케이블 가격이 현재 미지수 이므로 본 검토에서는 상전도

케이블 가격에 가격지수를 곱한 가격을 초전도케이블 가격으로 보고 식(3)-(4)를 이용하여 Life-cycle 비용을 산정하였다. 여기서, 가격지수(N)은 상전도 케이블 가격에 대한 초전도케이블 가격의 비율을 나타내고 있다.

$$\text{가격지수}(N) = \frac{\text{초전도케이블 가격}}{\text{상전도케이블 가격}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &\text{초전도케이블 Life-cycle 비용} \\ &= (\text{상전도케이블 가격} * \text{가격지수}) + \text{설치비용} + \text{토목공사비용} \\ &\quad + \text{수명기간} \times (\text{연간 전력손실 및 탄소세 비용} + \text{상전도 케이블 가격의 } 7\%) \end{aligned} \quad (4)$$

아래 그림 1-2에서는 가격지수(N)에 따른 초전도케이블 Life-cycle 비용을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 22.9kV 초전도케이블은 가격지수 N<4, 154kV 초전도케이블은 가격지수 N<3인 경우 상전도 케이블 보다 가격 경쟁력을 가지게 될 것으로 예상된다.

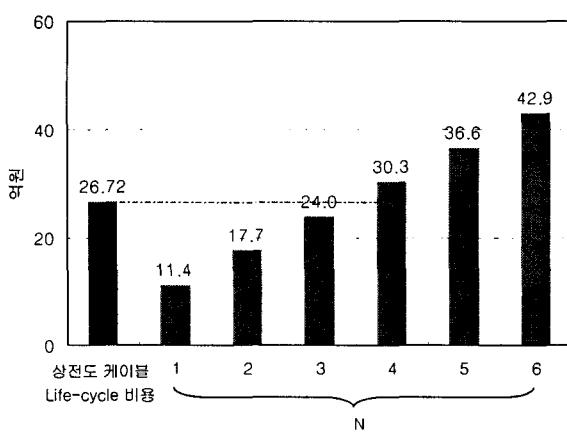


그림 1 154kV 상전도케이블 및 22.9kV 초전도케이블 비교
Fig. 1 Comparison of 154kV conventional cable and 22.9kV HTS cable

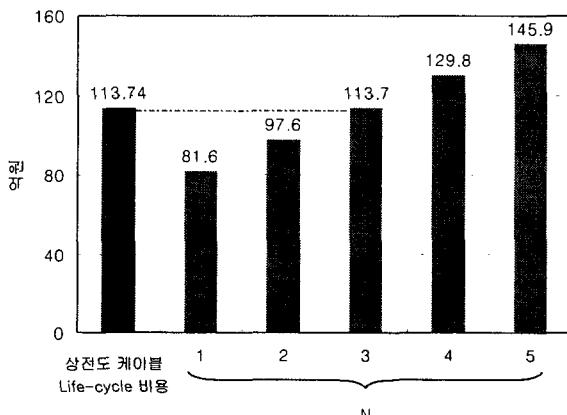


그림 2 345kV 상전도케이블 및 154kV 초전도케이블 비교
Fig. 2 Comparison of 345kV conventional cable and 154kV HTS cable

검토결과 22.9kV 초전도케이블의 가격지수가 154kV 초전도케이블에 비해 약간 높은데, 이는 곧 상전도 케이블에 대한 22.9kV 초전도케이블의 가격경쟁력이 154kV 초전도케이블 보다 더 높다는 것을 의미한다.

위에서 언급한 Life-cycle 비용 계산 방법을 이용하여 보다 구체적인 시장진입 가격을 추정할 수 있는 수식을 수립하면 아래 식(5)와 같다[1,5,6]. 결국 상전도 케이블의 Life-cycle 비용과 초전도케이블의 가격을 제외한 기타 비용을 이용하여 가격 경쟁력을 가지기 위한 초전도케이블의 정량적인 시장진입 가격을 제안하는 것이다. 여기서 제시되는 시장진입 가격은 초전도케이블 및 냉각장치를 포함하는 가격이며, 여유도 k는 초전도케이블이 상전도 케이블 보다 가격 경쟁력을 가지기 위한 가격 여유 마진을 의미한다. 아래 표 1에서는 식(5)에서 사용된 파라미터들에 대한 정의를 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} RC_{HTSTR} &= K \times (TC_{CC} + IC_{CC} + CC_{CC} - IC_{HTS} \cdot CC_{HTS} + LC \times \\ &\quad (AL_{CC} \times U + AMC_{CC} - AL_{HTS} \times U - AMC_{HTS})) \end{aligned} \quad (5)$$

표 1 파라미터 정의
Table 1 Definition of parameters

RC_{HTSTR}	초전도케이블 시장진입 가격(억원/C-km)
K	여유도 ($K < 1$)
U	선로평균 이용률
LC	상전도 및 초전도케이블 수명(년)
TC_{CC}	상전도케이블 가격(억원/C-km)
IC_{CC}	상전도케이블 설치비용(억원/C-km)
CC_{CC}	상전도케이블 토목공사 비용(억원/km)
IC_{HTS}	초전도케이블 설치비용(억원/C-km)
CC_{HTS}	초전도케이블 토목공사 비용(억원/km)
AL_{CC}	상전도케이블 전력손실 및 탄소세 (억원/년)
AMC_{CC}	상전도케이블 유지보수비용(억원/년)
AL_{HTS}	초전도케이블 전력손실 및 탄소세 (억원/년)
AMC_{HTS}	초전도케이블 유지보수비용(억원/년)

시장진입 가격 산정식을 이용하여 22.9kV 및 154kV 초전도케이블의 시장진입 가격을 살펴보면 약 19.48억원/C-km (154kV 상전도케이블의 약 3.1배) 및 42.01억원/C-km (345kV 상전도케이블의 약 2.6배)로 추정된다.

3.4 선로이용률 변화에 따른 시장진입 가격 민감도 분석

초전도케이블의 시장진입 가격은 케이블의 평균 이용률에 의해 다소 편차를 가지게 된다. 이는 케이블의 전력손실향이 이용률의 제곱에 비례하여 변화하기 때문에 이용률 증감에 따라 전부하시와 차이를 나타낸다. 선로의 이용률 변화

에 따른 초전도케이블의 시장진입 가격 변화추이를 살펴보면 다음과 같다.

케이블 이용률 증가에 따라 초전도케이블 시장진입 가격은 증가하게 된다. 본 검토에서 예상한 2010년 수도권 154kV 및 345kV 케이블 평균 이용률 31.07%, 35.75%를 적용할 경우 시장진입 가격은 19.488억 원/C-km, 42.01억 원/C-km인 테 반하여 40%인 경우는 19.66억 원/C-km, 42.17억 원/C-km으로 다소 증가하게 된다. 반대로 이용률이 20%로 감소하게 되면 시장진입 가격 역시 19.33억 원/C-km, 41.59억 원/C-km으로 하락하게 된다.

위에서 살펴본 바와 같이 케이블의 경우 선로 이용률 변화에 따른 초전도케이블의 시장진입 가격 변화는 그리 크지 않다. 이는 Life-cycle 비용에서 전력손실 및 탄소세 비용이 차지하는 비중이 매우 작고 오히려 토목공사비용에 의한 영향이 크기 때문이다. 전압계급 차이에 의한 지중선로의 전력구(관로) 건설 비용차이는 계통조건에 따라 편차를 가지지만 일반적으로 22.9kV와 154kV 경우 6~7억 원/km, 154kV 와 345kV 경우 20억 원/km정도이다. 따라서, 초전도케이블 시장진입 가격산정에 있어 지중선로의 토목공사비용은 타 요소에 비해 상당히 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며, 실제 계통에 초전도케이블을 적용할 경우 구체적인 적용방안에 맞추어 보다 정밀한 경제성 평가가 수행되어야 할 것이다.

4. 결 론

고온초전도 전력기기는 송전용량, 고장전류, 전력손실 및 환경보호 등 미래 전력계통 운영상의 많은 문제점을 해결하고 안정적인 전력공급을 담보할 수 있는 합리적인 대안으로 등장하고 있다. 본 논문에서는 Life-cycle 비용 수식과 가격지수 개념을 도입하여 초전도케이블이 성공적으로 시장에 진입할 수 있는 최대한계가격인 시장진입가격 산정수식을 수립하였다. 또한 시장진입가격 산정수식을 이용하여 현재 개발중인 초전도케이블의 시장진입 가격을 예상하였다. 본 논문에서 검토한 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다.

○ 22.9kV 및 154kV 초전도케이블의 시장진입 가격은 19.48 억 원/C-km(154kV 상전도 케이블 가격의 약 3.1배) 및 42.01억 원/C-km(345kV 상전도 케이블 가격의 약 2.6배) 으로 분석되었다.

○ 케이블 이용률변화에 따른 시장가격 민감도를 분석한 결과 이용률이 40%로 증가하면 154kV 및 345kV 초전도케이블의 시장진입가격도 19.666억 원/C-km, 42.17억 원/C-km로 증가하였으며 반대로 이용률이 20%로 하락하면 시장진입가격 역시 19.33억 원/C-km, 41.59억 원/C-km으로 감소하게 된다. 위의 결과에서 알 수 있듯이 선로 이용률 변화에 따른 초전도케이블의 시장진입 가격 변화는 그리 크지 않다. 이는 Life-cycle 비용에서 전력손실 및 탄소세 비용이 차지하는 비중이 매우 작고 오히려 토목공사비용에 의한 영향이 매우 크기 때문이다.

현 시점에서 기기 파라미터의 불확실성, 미래 계통구성의 가변성을 고려할 때 정확하고 절대적 가격을 제시하기는 불가능하다. 그러므로 본 논문에서는 시장진입 가격 산정함에

있어 여러 가지 제약사항과 데이터의 불확실성을 고려하여 정량적인 방식과 정성적인 방식을 혼합하여 사용하였으며, 일부 데이터의 가정 및 데이터 추정은 필연적으로 요구하게 된다. 이러한 상황을 종합해 볼 때, 본 검토결과는 초전도케이블 경제성 분석을 위한 검토방법론 수립 및 실제 개발자들에게 기기 개발방향의 가이드라인을 제시하는데 큰 의미가 있으며 향후 실제 계통 적용시에는 각 적용사례별로 보다 정밀한 경제성 평가가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

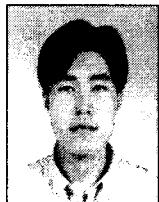
감사의 글

“본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도용융기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.”

참 고 문 헌

- [1] Diego Politano, Marten Sjostrom, Gilbert Schnyder and Jakob Rhyner, “Technical and economical Assessment of HTS Cable,” IEEE Transactions on applied superconductivity conference, Sept. 2000.
- [2] John Cerulli, “State of the Art of HTS Technology for Large Power Applications: Current Programs and Future Expectations,” Proceedings of the Power Engineering Society Winter Meeting, Dec. 1998.
- [3] R. S. Silbergliit, Emile Ettedgui, Anders Hove, “Strengthening the Grid : Effect of High Temperature Superconducting(HTS) Power Technologies on Reliability, Power Transfer Capacity, and Energy Use,” Rand Corp., July 2002.
- [4] 김종율, 이승렬, 윤재영, “전력회사 계통에 22kV급 초전도케이블 도입을 위한 적용개소 고찰,” 한국초전도저온 공학회, 제5권, 제2호, pp.20-29, 2000.
- [5] A. M. Wolsky, “Introduction to Engineering & Economic Issues Bearing on Cryogenics for Future Power Sector Equipment Incorporating Ceramic Superconductors,” Meeting of the ExCo of the IEA, Oct., 2001.
- [6] Marten Sjostrom and Diego Politano, “Technical and Economical Impacts on a Power System by Introducing an HTS FCL,” IEEE Transactions on applied superconductivity conference, Sept, 2000.
- [7] 한국전력공사, “한전 투용자 단가”, 2002.
- [8] LG전선, <http://www.lgcable.co.kr>.
- [9] 한국전력공사, “한전 전력통계자료집” 2002.
- [10] KOGAS, <http://www.kogas.or.kr>
- [11] 한국에너지경제연구원, “Estimates on CO₂ Tax in long future”, 2003.

저자 소개



김종율 (金鍾律)

1974년 07월 06일생, 1997년 부산대학교 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력시스템그룹 연구원

Tel : 055-280-1336, Fax : 055-280-1390

E-mail : jykim@keri.re.kr



이승렬 (李昇烈)

1975년 09월 23일생, 1999년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2003년 동 대학원 전기공학과 박사수료, 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력시스템그룹 연구원

Tel : 055-280-1358, Fax : 055-280-1390

E-mail : srlee@keri.re.kr



윤재영 (尹在暎)

1962년 07월 30일생, 1985년 부산대학교 전기공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력 시스템 그룹장

Tel : 055-280-1316, Fax : 055-280-1390

E-mail : jyyoon@keri.re.kr