

±35kV MVDC 시스템 신뢰도 평가

조운진*, 조동일*, 박성준*, 남준혁*, 김병기**, 문원식*

*승실대학교 전기공학과, **한국에너지기술연구원

e-mail:space012345@naver.com

Reliability Evaluation of ±35kV MVDC System

Yun-Jin Cho*, Dong-Il Cho*, Seong-Jun Park*, Jun-Hyuk Nam*, Byoungki Kim**,
Won-Sik Moon*

*Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, **KIER

요약

이 연구는 ±35kV MVDC 시스템의 신뢰도를 평가하여 주요 구성 요소와 성능을 SAIDI, SAIFI, EENS 같은 신뢰도 지수를 통해 분석하였다. 분석 결과, MVDC 시스템은 높은 신뢰도를 보이지만, 잦은 정전과 에너지 손실 위험을 줄이기 위한 개선이 필요함을 시사된다. 본 연구는 향후 에너지 저장 시스템 도입과 신속한 복구 메커니즘 개발의 필요성을 강조한다.

1. 서론

최근 에너지 자원의 다양화와 전력 수요의 증가로 인해 MVDC 시스템 도입에 관한 연구가 증가하고 있다. 이에 따라 MVDC 시스템을 전력계통에 도입 시, MVDC 시스템의 고장에 따른 과급 효과를 정량적으로 판단할 수 있는 신뢰도 평가 기술 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 ±35kV MVDC 시스템의 구성요소를 식별하고, 기초 신뢰도 지수와 배전계통 신뢰도 지수를 이용해 신뢰도를 계산하게 된다. 신뢰도 계산을 통해 ±35kV MVDC 시스템을 정량적으로 평가할 수 있다.

2. 본론

2.1 배전계통 신뢰도 지수

전력 중단이 최종 사용자에게 미치는 직접적인 영향을 반영하는 고객 관점 지수와 에너지 관점지수를 취한다. 고객 관점 지수와 에너지 관점지수에 대한 수식은 표 1과 같다[1].

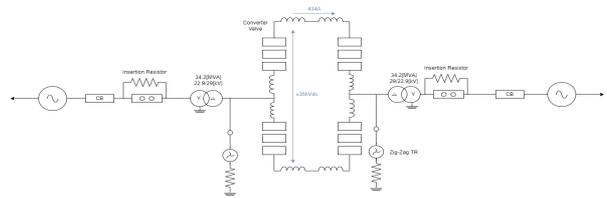
[표 1] 배전계통 신뢰도 지수

SAIDI	$\frac{N(L_i \times N_i)}{N_i}$
SAIFI	$\frac{\sum N_i}{N_i}$
EENS	$\sum \lambda_i \cdot r_i \cdot P_i$

여기서, L_i 는 i 번째 사건의 정전시간, N_i 는 i 번째 사건의 영향을 받는 고객 수, N_i 는 총 고객 수, r_i 는 i 번째 구성요소의 평균 복구 시간, P_i 는 i 번째 사건에 영향을 받은 전력량이다.

2.2 MVDC 시스템 단선도

그림 1은 ±35kV MVDC 시스템의 단선도이다[2]. 전력 변환을 위한 컨버터 밸브와 컨버터 제어 및 보호 기능을 수행하기 위한 C&P(Control and Protection System) 그리고 변압기, 냉각시스템을 포함한 다양한 종류의 야드 기기들로 구성된다. 그림 3의 설비들의 기술 요구 사양은 표 1과 같다.



[그림 1] ±35kV MVDC 시스템 단선도

[표 1] MVDC 시스템 구성요소의 기술 사양

항목		내역	
MMC	DC 공급방식	Symmetrical monopole 방식	
	정격용량	30[MW]	
	정격 전압 및 전류	AC	22.9[kV], 756[A]
		DC	±35[kV], 429[A]
밸브 레벨 수	28-level		
인터페이스 변압기	결선방식	Yg - Δ	
	전압비	22.9/28.92[kV]	
	용량	34.2[MVA]	
	%임피던스	8[%]	
태양광 전원	발전용량	15[MW]	
	연계지점	D/L#1 - 11[km]	

um voltage direct current (MVDC) grid feasibility study. Technical brochure TB793 CIGRE, 2020.

[4] Nam, T. Y., Cho, D. I., Moon, W. S., Kim, J. C., & Shin, J. W. MVDC MMC Redundancy Design Based on Availability and Cost Considering Submodule Degradation. IEEE Access, 2023.

2.3 신뢰도 지수 계산 결과

표 1을 통해 신뢰도 지수 계산을 진행하였고, 결과 값은 표 3으로 나타내었다. 표 3과 같이 SAIDI값은 시스템의 각 사용자가 평균적으로 170.0425[hours/year]의 정전을 겪게 된다. 높은 SAIDI 값은 사용자가 빈번하게 정전을 경험함을 의미한다. SAIFI 값은 평균 정전 횟수가 0.04829 [interruption/year]로 비교적 낮은 값을 보이며, 이는 시스템 정전 빈도 면에서 양호한 상태임을 나타낸다. EENS값은 1438.636[MWh/year]로 나타나고, 이는 정전으로 인한 에너지 손실이 상당함을 보여준다. EENS 값은 큰 경제적 손실을 초래할 수 있으므로, 신속한 복구와 에너지 저장 장치의 도입을 통해 이 손실을 최소화할 필요가 있다.

[표 3]배전계통 신뢰도 지수 계산 결과

신뢰도 지수	결과 값
SAIDI[hours/year]	170.0425
SAIFI[interruption/year]	0.048291
EENS[MWh/year]	1438.636

3. 결론

MVDC 시스템의 신뢰도는 대체로 양호하나, 높은 SAIDI와 EENS값은 빈번한 정전과 에너지 손실의 가능성을 시사한다. 이를 해결하기 위해 에너지 저장 장치의 도입과 신속한 복구 시스템이 필요하다. 신뢰도 평가는 MVDC 시스템의 효율성 및 신뢰도를 향상시키기 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 향후 연구에서는 더 나은 복구 방안 및 최적화된 시스템 설계가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 한국에너지기술연구원의 기본사업(C42422)을 재원으로 수행한 연구개발과제의 결과입니다.

참고문헌

[1] Ma, Z., Li, R., LürkEENS, P., Han, M., & Kim, S. N Medi