

PSCAD/EMTDC를 이용한 $\pm 35\text{kV}$ 급 MVDC 실증 배전망의 모델링 및 사고특성에 관한 연구

한병길, 이후동, 김지명, 최성문, 노대석*
한국기술교육대학교 전기공학과

Modeling and Fault Current Characteristics of $\pm 35\text{kV}$ MVDC Distribution System Based on PSCAD/EMTDC

Byeong-Gill Han, Hu-Dong Lee, Ji-Myung Kim, Sung-Moon Choi, Dae-Seok Rho*
Dept. of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

요약 최근, 신재생에너지전원의 급격한 도입으로 인한 계통접속 지연 문제를 해결하기 위한 방안으로, MVDC 배전기술에 대한 실증연구가 활발하게 진행되고 있으며, 특히 기존의 AC 배전선로를 활용하여 MVDC 배전망을 구성하는 경우, MVDC $\pm 35\text{kV}$ 의 전압이 적절한 것으로 평가되고 있다. 그러나, 이 전압은 기존 AC 배전망의 공급전압보다 높아 MVDC 배전망에서의 전체 사고전류를 크게 증가시킬 수 있으므로, 선로 및 주요설비들을 보호하기 위하여 정확한 사고특성의 해석이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 MVDC 배전망의 실증을 위해 구축 중에 있는 $\pm 35\text{kV}$ 급 MVDC 배전계통을 대상으로 사고특성을 분석하기 위하여, 배전계통 상용 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 배전용변전소, AC 및 DC 배전선로, 컨버터스테이션, 태양광전원으로 구성된 $\pm 35\text{kV}$ 급 MVDC 배전계통의 모델링을 제시한다. 이 모델링과 다양한 상정사고 조건을 바탕으로 $\pm 35\text{kV}$ 급 MVDC 배전계통에서의 사고해석을 수행한 결과, 사고지점 및 종류에 따른 사고특성을 정확하게 평가할 수 있어서, 본 논문에서 제시한 모델링이 MVDC 배전계통의 사고해석에 유용함을 확인하였다.

Abstract Recently, demonstration projects for a medium voltage direct current (MVDC) distribution system have been carried out as an alternative to overcome the interconnection delay issues of PV systems. When applying existing AC devices and cables to MVDC distribution systems, a voltage of MVDC 35kV has been considered appropriate. However, this voltage is higher than AC 22.9 kV and can significantly increase the overall fault current in the MVDC distribution system, so a proper analysis of fault characteristics is required for the protection of cables and devices. Therefore, this paper proposes a model of a $\pm 35\text{-kV}$ -scale MVDC distribution system, which is composed of a distribution substation, AC and DC distribution feeder, converter station, and PV system. The model was made using PSCAD/EMTDC S/W in order to evaluate the characteristics of fault in the system. Simulations of fault analysis were done based on the proposed model with several fault scenarios, and the results confirmed that fault characteristics can be accurately evaluated depending on the fault types and scenarios.

Keywords : $\pm 35\text{kV}$ -scale MVDC Distribution System, Contingency Fault Analysis, PSCAD/EMTDC, Converter Station, PV Systems

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원 연구(20214910100010)와, 2021년 한국기술교육대학교 교수 교육연구진흥과제 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Dae-Seok Rho(Korea University of Technology and Education)
email: dsrho@koreatech.ac.kr

Received February 15, 2022

Revised March 18, 2022

Accepted April 1, 2022

Published April 30, 2022

PSCAD/EMTDC를 이용하여 배전용변전소의 모델링을 수행하면 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 배전용변전소의 주변압기는 3권선 Yg-Yg-Δ 결선방식이며, 3차 권선은 제 3고조파를 제거하기 위하여 델타 결선방식을 채용하고 있다. 또한, 주변압기 2차측의 중성점에 배전계통의 지락전류를 제한하기 위한 0.6[Ω]의 NGR(neutral grounding reactor)이 설치되는 것으로 상정한다[6].

3.2 ±35kV급 MVDC 배전선로 모델링

PSCAD/EMTDC를 이용하여 ±35kV급 MVDC 배전선로를 모델링하면 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다. 이 그림에서와 같이, MVDC 배전선로는 C/S 내부에서 외부로 인출되는 지중 배전선로와 T1 MMC 측에서 T2 MMC 측으로 연결되는 가공 배전선로로 구성된다.

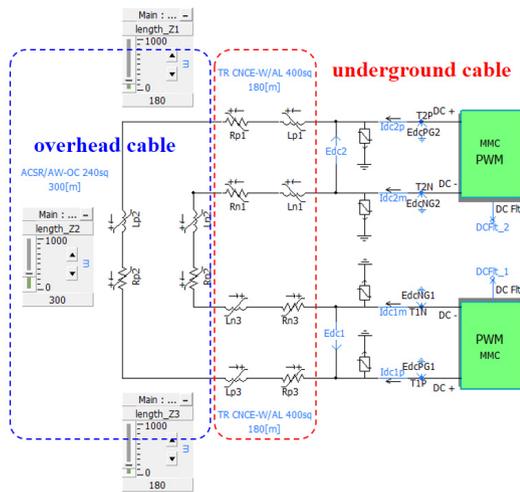


Fig. 3. Modeling of ±35kV MVDC distribution feeder

3.3 컨버터 스테이션 모델링

PSCAD/EMTDC를 이용하여 AC 회로부와 서브모듈로 구성된 Half-bridge SM(sub-module) 기반 MMC를 모델링하면 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, Fig. 4(a)는 MMC의 AC 회로부 모델링을 나타낸 것이며, MMC용 변압기(①), AC 필터(②), 차단기 및 초충회로(③), AC 리액터(④)로 구성된다. 또한, Fig. 4(b)는 C/S 내부 MMC의 서브모듈부를 나타낸 것으로, 제어신호를 받아 AC 22.9kV를 DC ±35kV로 변환되며, 각 상별로 상단과 하단측의 서브모듈에 연결된 Arm 리액터는 서브모듈의 스위칭으로 인한 고조파를 필터링 된다[7-9].

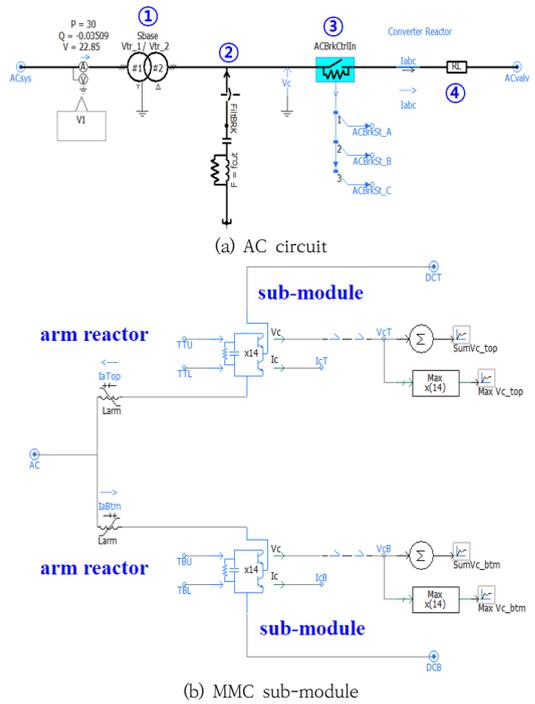


Fig. 4. Modeling of converter station

3.4 태양광전원 및 AC 배전선로 모델링

태양광전원용 계통연계형 인버터에 대하여 목표로 하는 유효전력과 무효전력을 제어하기 위한 제어기를 모델링하면 Fig. 5와 같다. 여기서, 전류 제어부는 디커플링 회로이기 때문에 유효전력과 무효전력을 서로 독립적으로 제어할 수 있다[10,11].

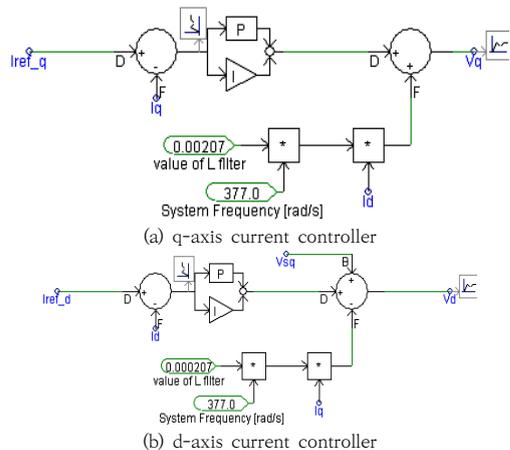


Fig. 5. Modeling of current controller in PV system

한편, AC 22.9kV 배전선로는 Fig. 6과 같이 일부구간을 제외하고 대부분 지중 배전선로로 구성되며, PV 발전단지에서 컨버터스테이션으로 연결되고, C/S에서 배전용변전소까지 연결된다.

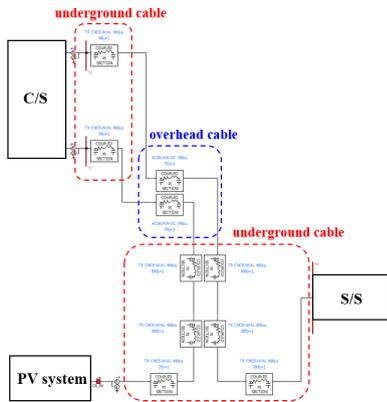


Fig. 6. Modeling of AC distribution feeder

3.5 전체 계통 모델링

상기의 ±35kV급 MVDC 배전계통의 구성을 바탕으로, 배전용변전소(①), AC 22.9kV 배전선로(②), 컨버터스테이션(③), ±35kV급 MVDC 배전선로(④) 그리고 PV 발전단지(⑤)로 구성된 전체 MVDC 배전계통을 나타내면 Fig. 7과 같다.

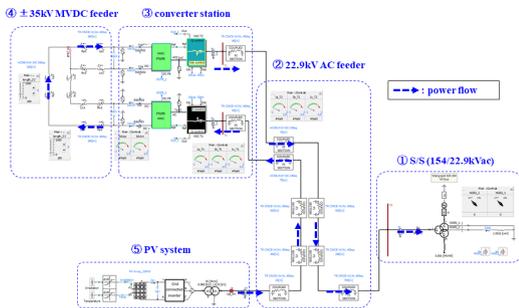


Fig. 7. Modeling of entire MVDC distribution system

4. 시뮬레이션 결과 및 분석

4.1 시뮬레이션 조건

±35kV급 MVDC 배전계통에서 단락 및 지락사고 해석을 수행하기 위하여, 사고지점 및 종류를 고려한 상정사고의 시뮬레이션 조건은 Table 1과 같다. 여기서, 사

고 발생지점은 T2 MMC의 DC측 지중선로에서 가공선로로 인출되는 지점(F1)과 T1 MMC의 DC측 지중선로에서 가공선로로 인출되는 지점(F2)으로 상정하며, 사고의 종류는 P-P 단락사고와 P-G 지락사고를 고려한다. 상기의 상정사고 지점을 단선도로 나타내면 Fig. 8과 같다.

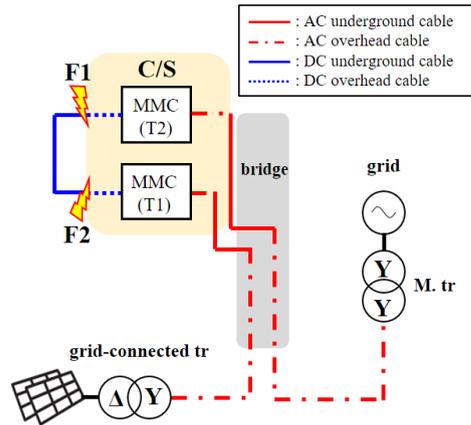


Fig. 8. Configuration of ±35kV MVDC distribution system

Table 1. Simulation conditions

items		contents	
converter station	type	modular multi-level converter (SM: half-bridge)	
	rated capacity	33[MVA]	
	rated voltage and current	AC	22.9[kV], 833[A]
		DC	±35[kV], 472[A]
	number of multi-level	28	
	capacitor of sub-module	1.000[μF]	
	arm reactor	15[mH]	
	transformer	connection	Yg-Yg-Δ
		voltage ratio	22.9/53[kV]
		capacity	35[MVA]
operation mode		V _{dc} -Q control mode(converter)	
		V _{dc} -V _{ac} control mode(inverter)	
cable	overhead	ACSR/AW-OC 240mm ²	
	underground	TR CNCE-W/AL 400mm ²	
fault location	F1	P(+)-G, P(+)-P(-) fault	
	F2	P(+)-G, P(+)-P(-) fault	

4.2 F1 지점의 P-G 지락 시 사고전류 특성

F1 지점에서 P-G 지락사고가 발생하는 경우, 대상계

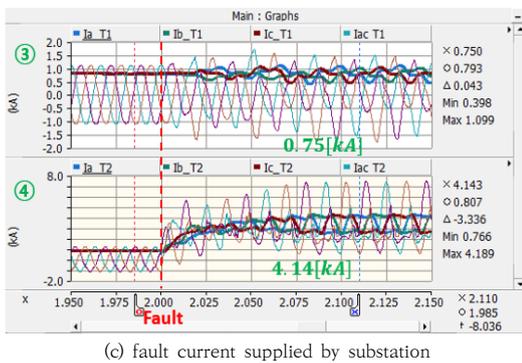
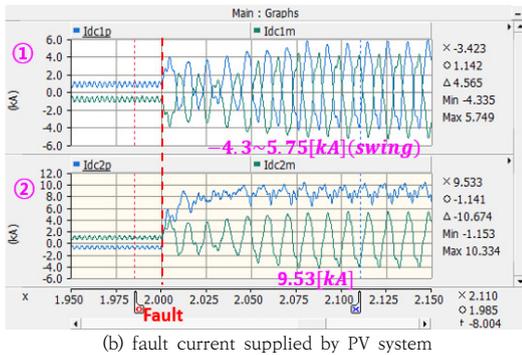
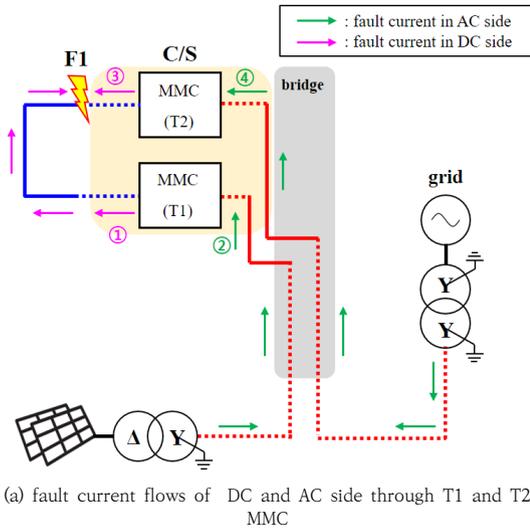


Fig. 9. Fault current characteristics of DC and AC with P-G fault in F1

통에서의 사고전류 특성은 Fig. 9와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, Fig. 9(a)의 ①과 ②는 하단 T1 MMC를 통과하는 DC 및 AC측의 사고전류 흐름이며, Fig. 9(a)의 ③과 ④는 상단 T2 MMC에 흐르는 DC 및 AC측의 사고전류를 나타낸 것이다. 여기서, F1 지점 사고 시, 전

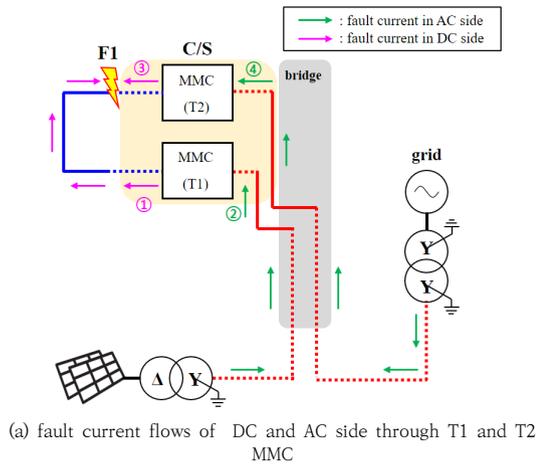
체적인 사고전류는 태양광전원과 배전용변전소 양측에서 공급되며, 컨버터 스테이션의 하단 및 상단 MMC를 통과하여 사고지점까지 공급된다. 먼저, 태양광전원측의 경우 Fig. 9(b)의 ①과 같이 하단 T1 MMC를 통과하여 -4.3[kA] ~ 5.75[kA]의 DC측 사고전류가 불안정하게 F1 지점으로 흐르며, Fig. 9(b)의 ②와 같이 연계용변압기를 통해 0.75[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

한편, 배전용변전소측의 경우 Fig. 9(c)의 ③과 같이 상단 T2 MMC를 통과하여 (+)극의 사고전류가 F1 지점으로 9.53[kA] 만큼 흐르고, (-)극의 전류는 사고발생에 의한 비정상적인 MMC의 제어로 -4[kA] ~ 5[kA]까지 매우 불안정하게 진동함을 알 수 있다. 또한, Fig. 9(c)의 ④와 같이 배전용변압기를 통해 4.14[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

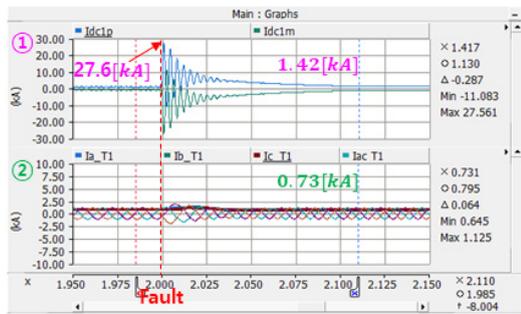
4.3 F1 지점의 P-P 단락 시 사고전류 특성

F1 지점에서 P-P 단락사고가 발생하는 경우, 대상계 통에서의 사고전류 특성은 Fig. 10과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, Fig. 10(a)의 ①과 ②는 하단 T1 MMC를 통과하는 DC 및 AC측의 사고전류 흐름이며, Fig. 10(a)의 ③과 ④는 상단 T2 MMC에 흐르는 DC 및 AC측의 사고전류를 나타낸 것이다. 여기서, F1 지점 사고 시, 전체적인 사고전류는 태양광전원과 배전용변전소 양측에서 공급되며, 컨버터 스테이션의 하단 및 상단 MMC를 통과하여 사고지점까지 공급된다. 먼저, 태양광전원측의 경우 Fig. 10(b)의 ①과 같이 하단 T1 MMC를 통과하여 1.42[kA]의 DC측 사고전류가 F1 지점으로 흐르며, Fig. 10(b)의 ②와 같이 연계용변압기를 통해 0.73[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

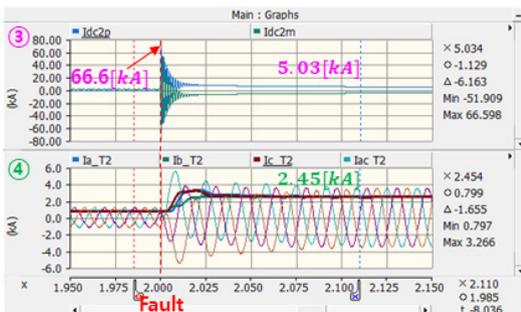
한편, 배전용변전소측의 경우 Fig. 10(c)의 ③과 같이 상단 T2 MMC를 통과하여 DC측 사고전류가 F1 지점으로 5.03[kA] 만큼 흐르는 것을 알 수 있다. 또한, DC 선로에서 사고발생 직후, 하단 및 상단 MMC에 충전되어 있는 커패시터의 순간적인 방전으로 인하여, Fig. 10(b)의 ①과 Fig. 10(c)의 ③과 같이 하단 및 상단 MMC에서 각각 최대 27.6[kA], 66.6[kA]의 사고전류가 공급됨을 알 수 있다. 그리고, Fig. 10(c)의 ④와 같이 배전용변압기를 통해 2.45[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.



(a) fault current flows of DC and AC side through T1 and T2 MMC



(b) fault current supplied by PV system



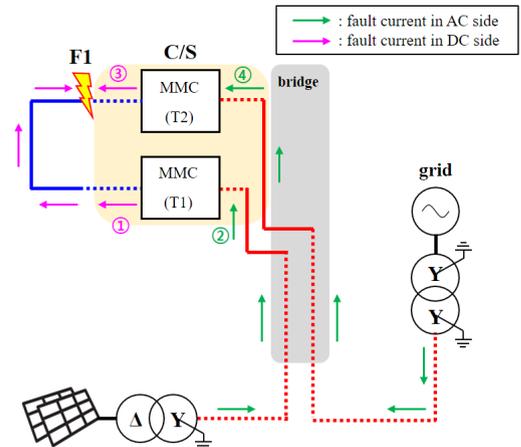
(c) fault current supplied by substation

Fig. 10. Fault current characteristics of DC and AC with P-P fault in F1

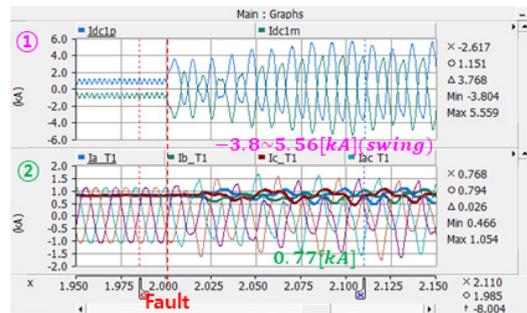
4.4 F2 지점의 P-G 지락 시 사고전류 특성

F2 지점에서 P-G 지락사고가 발생하는 경우, 대상계 통에서의 사고전류 특성은 Fig. 11과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, Fig. 11(a)의 ①과 ②는 하단 T1 MMC를 통과하는 DC 및 AC측의 사고전류 흐름이며, Fig. 11(a)의 ③와 ④는 상단 T2 MMC에 흐르는 DC 및 AC측의 사고전류를 나타낸 것이다. 여기서, F2 지점 사고 시, 전체적인 사고전류는 태양광전원과 배전용변전소 양측에서 공

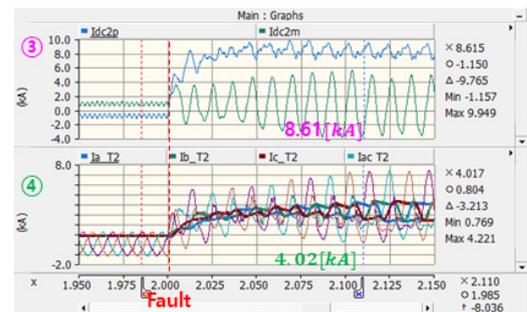
급되며, 컨버터 스테이션의 하단 및 상단 MMC를 통과하여 사고지점까지 공급된다. 먼저, 태양광전원측의 경우 Fig. 11(b)의 ①과 같이 하단 T1 MMC를 통과하여 $-3.8[\text{kA}] \sim 5.56[\text{kA}]$ 의 DC측 사고전류가 불안정하게 F1 지점으로 흐르며, Fig. 11(b)의 ②와 같이 연계용변압기를 통해 $0.77[\text{kA}]$ 의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.



(a) fault current flows of DC and AC side through T1 and T2 MMC



(b) fault current supplied by PV system



(c) fault current supplied by substation

Fig. 11. Fault current characteristics of DC and AC with P-G fault in F2

한편, 배전용변전소측의 경우 Fig. 11(c)의 ③과 같이 상단 T2 MMC를 통과하여 (+)극의 사고전류가 F2 지점으로 8.61[kA] 만큼 흐르고, (-)극의 전류는 사고발생에 의한 비정상적인 MMC의 제어로 -4[kA] ~ 5[kA]까지 매우 불안정하게 진동함을 알 수 있다. 또한, Fig. 11(c)의 ④와 같이 배전용변압기를 통해 4.02[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

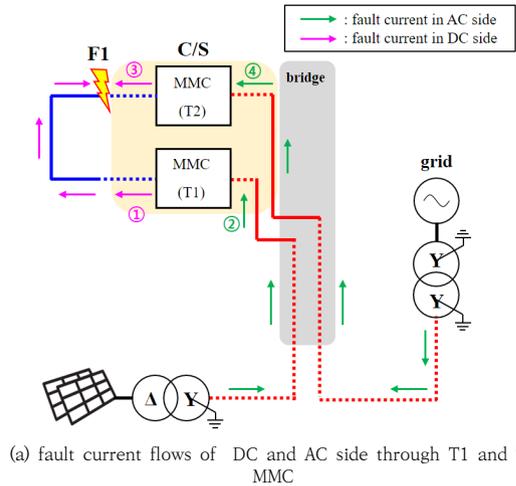
4.5 F2 지점의 P-P 단락 시 사고전류 특성

F2 지점에서 P-P 단락사고가 발생하는 경우, 대상계 통에서의 사고전류 특성은 Fig. 12와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, Fig. 12(a)의 ①과 ②은 하단 T1 MMC를 통과하는 DC 및 AC측의 사고전류 흐름이며, Fig. 12(a)의 ③과 ④는 상단 T2 MMC에 흐르는 DC 및 AC측의 사고전류를 나타낸 것이다. 여기서, F2 지점 사고 시, 전체적인 사고전류는 태양광전원과 배전용변전소 양측에서 공급되며, 컨버터 스테이션의 하단 및 상단 MMC를 통과하여 사고지점까지 공급된다. 먼저, 태양광전원측의 경우 Fig. 12(b)의 ①과 같이 하단 T1 MMC를 통과하여 3.53[kA]의 DC측 사고전류가 F2 지점으로 흐르며, Fig. 12(b)의 ②와 같이 연계용변압기를 통해 0.74[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

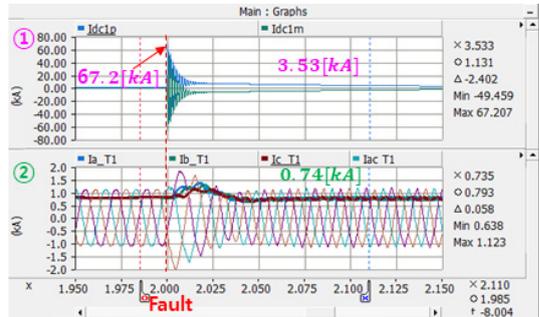
한편, 배전용변전소측의 경우 Fig. 12(c)의 ③과 같이 상단 T2 MMC를 통과하여 DC측 사고전류가 F1 지점으로 4.96[kA] 만큼 흐르는 것을 알 수 있다. 또한, DC 선로에서 사고발생 직후, 하단 및 상단 MMC에 충전되어 있는 커패시터의 순간적인 방전으로 인하여, Fig. 12(b)의 ①과 Fig. 12(c)의 ③과 같이 하단 및 상단 MMC에서 각각 최대 67.2[kA], 26.4[kA]의 사고전류가 공급됨을 알 수 있다. 그리고, Fig. 12(c)의 ④와 같이 배전용변압기를 통해 2.48[kA]의 AC측 사고전류가 3상으로 동일하게 공급됨을 알 수 있다.

4.6 종합분석

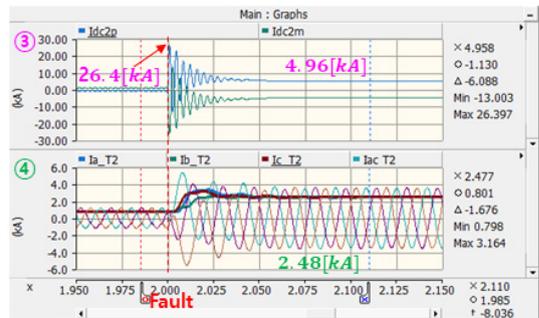
배전계통 상용해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC에 의한 ±35kV급 MVDC 배전계통의 모델링과 상정사고 조건을 바탕으로, MVDC 배전선로에서의 사고전류 특성을 나타내면 Table 2와 같다. 이 표에서와 같이, P-P 단락사고가 발생하는 경우, 배전용변전소측에 근접한 지점일수록 전체 사고전류가 크게 발생하며, 총 사고전류는 약 6.45, 8.49[kA] 정도임을 알 수 있다. 또한, (-)극의 전류는 사고발생에 의한 비정상적인 MMC의 제어에 의하여 -4[kA] ~ 5[kA]까지 매우 불안정하게 진동함을 알 수 있다.



(a) fault current flows of DC and AC side through T1 and T2 MMC



(b) fault current supplied by PV system



(c) 배전용변전소측 공급전류

Fig. 12. Fault current characteristics of DC and AC with P-P fault in F2

Table 2. Fault current characteristics for fault types

fault location	fault types	fault current[kA]
F1	P-P fault	6.45(86.5)
	P-G fault	6.3~14.4(swing)
F2	P-P fault	8.49(85.8)
	P-G fault	5.9~14.5(swing)

5. 결론

본 논문에서는 배전계통 상용 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여, 배전용변전소, AC 22.9kV 및 ± 35 kV MVDC 배전선로, 컨버터스테이션, 태양광전원으로 구성된 ± 35 kV급 MVDC 배전계통의 모델링을 제시하고, 이에 기반한 상정사고 해석을 수행하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 다양한 상정사고 조건을 바탕으로 ± 35 kV급 MVDC 배전계통에서의 사고해석을 수행한 결과, ± 35 kV 급 DC 선로측 사고 시의 전류는 발생 직후 컨버터의 필터용 커패시터의 방전으로 인하여 순간적으로 매우 크게 발생함을 알 수 있다.
- (2) P-P 단락사고가 발생하는 경우, 배전용변전소측에 근접한 지점일수록 전체 사고전류가 크게 발생하며, 총 사고전류는 약 6.45, 8.49[kA] 정도임을 알 수 있다.
- (3) P-G 지락사고가 발생하는 경우, (-)극의 전류는 사고발생에 의한 비정상적인 MMC의 제어로 -4[kA] ~ 5[kA]까지 매우 불안정하게 진동함을 알 수 있다.
- (4) 향후에는 제시한 ± 35 kV급 MVDC 배전계통의 모델링과 실증 배전망의 운용 데이터를 바탕으로, MVDC 배전계통에서 사고가 발생할 경우 안정적으로 건전한 구간에 전력을 지속적으로 공급할 수 있는 보호협조 방안에 대하여 연구를 수행할 예정이다.

References

- [1] Hu-Dong Lee, Ki-Young Kim, Mi-Sung Kim, Dae-Seok Rho, "A Study on Economic Evaluation Modeling of MVDC Distribution System for Hosting Capacity of PV System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 22, no. 3, pp. 1-12, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.3.1>
- [2] Seong-Hyun Kang, Hu-dong Lee, Seong-Doo Lee, "Analysis of ± 35 kV MVDC Fault Cases", Power Electronics Conference, pp. 571-572, 2021.
- [3] Chang-Hee Han, Han-Sang Lee, Gil-Soo Jang, "MVDC (Medium-Voltage Direct Current) Technology Trends", The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 68, no. 1, pp. 17-21, 2019.
- [4] Seong-Hyun Kang, Hu-Dong Lee, Seong-Doo Lee, Dae-Seok Rho, "A Study on Fault Analysis of ± 35 kV MVDC Hybrid Distribution System Using PSCAD/EMTDC" The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 70, no. 8, pp. 1117-1128, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2021.70.8>
- [5] Kyung-Min Lee, Chul-Won Park, "A Modeling and Fault Analysis for Hybrid Power Grid", The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 69, no. 12, pp. 1801-1807, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2020.69.12>
- [6] Hu-Dong Lee, Dong-Hyun Tae, Dae-Seok Rho, Ju-Yong Kim, "A Study on Operation Algorithm for Protection Coordination in 20kV MVDC Radial Distribution System", The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 69, no. 6, pp. 869-880, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2020.69.6.86>
- [7] Ji-Myung Kim, Hu-Dong Lee, Dong-Hyun Tae, Dae-Seok Rho, "A Study on Fault Analysis Modeling of 5kW MV-LVDC Off-grid Micro Grid System", Korea Academy Industrial Cooperation Society, vol. 22, no. 9, pp. 745-753, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5370/IEET.2018.13.1.114>
- [8] Byeong-Gill Han, Hu-Dong Lee, Dong-Hyun Tae, Dae-Seok Rho, "Operation Characteristics and Implementation of Fault Current Clamping Device in Radial-type MVDC Distribution System", The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 70, no. 8, pp. 1146-1155, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2021.70.8.1>
- [9] U. N. Gnanarathna, A. Gole, R. Jayasinghe, "Efficient Modeling of Modular Multilevel HVDC Converters (MMC) on Electromagnetic Transient Simulation Programs", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 26, pp. 316-324, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2010.2060737>
- [10] Seung-Ho Kim, Sung-Sik Choi, Seung-Jong Kim, Dae-Seok Rho, "Single-phase Control Algorithm of 4-Leg type PCS for Micro-grid System", Korea Academy Industrial Cooperation Society, vol. 18, no. 11, pp. 817-825, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.1>
- [11] Sung-Sik Choi, Min-Kwan Kang, Hu-Dong Lee, Yang-Hyun Nam, Dae-Seok Rho, "A stable Operation Strategy in Micro-grid Systems without Diesel Generators", Journal of Electric Engineering and Technology, vol. 13, no. 1, pp. 114-123, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5370/IEET.2018.13.1.114>

한 병 길(Byeong-Gill Han)

[정회원]



- 2016년 2월 : 한밭대학교 전자제어공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 서울과학기술대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2018년 8월 ~ 2020년 4월 : 한국화학융합시험연구원 연구원

- 2020년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

전력변환기, ESS, 신재생에너지, 마이크로그리드

최 성 문(Sung-Moon Choi)

[정회원]



- 2020년 2월 : 호원대학교 전기공학과 (공학사)
- 2022년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

배전계통 운용, ESS, 마이크로그리드, 신재생에너지

이 후 동(Hu-Dong Lee)

[정회원]



- 2016년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 마이크로그리드, 보호협조

노 대 석(Dae-Seok Rho)

[증신회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1987년 3월 ~ 1998년 8월 : 한국전기연구소 연구원/선임연구원

- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

전력/배전 계통, 분산전원연계, 전력품질해석

김 지 명(Ji-Myung Kim)

[정회원]



- 2020년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2022년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

전력 및 배전계통, 신재생에너지, 전기저장장치