

PSCAD/EMTDC를 이용한 전력케이블 고장현상에 관한 연구

김 점 식^o · 이 중 범
원 광 대

A Study on Power Cable Fault Using PSCAD/EMTDC

Jeom-Sik Kim^o · Jong-Beom Lee
Wonkwang University

Abstract : This paper describes the fault phenomena by the simulation in power system including underground transmission power cable. Studying on fault phenomena is a very important part to decide the circuit breaker, protective relay and system configuration. Simulation was carried out in several different model system depended upon cable kinds using PSCAD/EMTDC, which is one of the transient program. The simulated results show the possibility to analyze transient phenomena for the cable system.

였다면 어떠한 현상이 발생할 것인가를 검토하는 것은 전력시스템의 운용에 있어서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

본 연구에서는 이를 위하여 국내의에서 과도현상을 해석하기 위해 최근에 사용되고 있는 PSCAD/EMTDC(Power Systems Computer Aided Design/Electro Magnetic Transient DC)와 같은 과도현상해석용 프로그램을 이용하여 지중전력시스템을 모델링 하였고 시뮬레이션하여 여러 가지 경우에서의 결과를 비교 검토 하였다.[2]-[4]

1. 서 론

최근의 산업경제 및 국민생활의 급격한 성장으로 전력수요는 해마다 증가하고 있으며 특히 도심지의 전력수요는 폭발적으로 증가하고 있어 대응량 전력을 요구하고 있다. 그러나 대응량 전력을 도심지로 공급하기 위해서는 지중전력케이블을 이용하지 않고서는 도저히 불가능하여 전력케이블로 구성된 지중송전시스템은 앞으로 더욱 확대될 전망이다.

지중송전은 가공송전에 비해 도심지로 전력을 공급시킬 수 있는 유일한 대안이 될 수 있음에 반해 건설비와 개발비를 포함한 초기 투자비용과 시공 및 유지보수가 어려우며 특히 회선당 송전용량의 한계수준이 가공송전선로에 비해 훨씬 낮다는 단점이 있다. 또한 지중송전시스템에서 만일 고장이 발생하였다면 고장의 종류에 따라 정전의 범위와 시간이 광역화, 장시간화 되어 산업활동 및 국민생활에 막대한 피해를 주어 국민경제에 치명적인 손상을 주게 된다.

우리나라의 지중송전시스템을 보면 154kV OF케이블 및 CV케이블로 이루어진 시스템이 대부분이며 일부 선로에 154kV POF케이블 시스템이 건설되어 운전되고 있다. 또한 급증하는 도심지의 전력을 원활히 공급하기 위해 345kV OF케이블 시스템이 건설중에 있어 곧 운전에 들어갈 예정이다. 또한 제주-해남 구간은 직류 해저케이블까지 건설되어 있다. 한편 경인지방 및 신도시를 중심으로 배전용으로서의 22.9kV 케이블이 많이 포설되어 있는데 이러한 케이블 시스템의 건설은 더욱 많아질 것으로 예상되고 있다.[1]

그러나 지중송배전시스템을 보다 신뢰도가 높은 가운데에서 운전될 수 있도록 하기 위해서는 문제점의 분석 및 연구 개발이 뒤따라야 할 것으로 보이나 아직은 다른 분야에 비해 관심과 연구가 미진한 가운데 있다고 하겠다.

지중송배전시스템이란 전력케이블 단독으로만 구성되어 운전될 수 없다. 다시 말해 전력시스템은 가공과 지중이 혼합하여 구성되어 있으며 특히 도심지는 지중케이블이 대부분으로서 구성되어 운전되고 있다. 따라서 케이블 자체의 사고도 중요하지만 우선적으로 이러한 혼합계통에서 가공선로에 사고가 발생하

2. PSCAD/EMTDC 기능

PSCAD(Power System Computer Aided Design)는 전력계통을 simulation 하도록 하는 tool들의 집합체이며 그래픽사용자 인터페이스는 UNIX OS상의 X윈도우 시스템을 사용하여 구현하였다. EMTDC(Electro Magnetic Transient DC Analysis Program)는 EMTD의 한 형태로서 초기 버전은 비교적 적응성이 떨어졌으나 현재는 기축(pre-built) 모델을 내장한 라이브러리를 가지고 있으며 새로운 모델의 추가는 FORTRAN sub-routine을 만들어 넣음으로써 생성될 수 있다. 이 두 패키지를 모아놓은 것이 PSCAD/EMTDC이며 모듈별 구성은 다음과 같다.

1) FileManager 모듈

PSCAD 실행시의 초기화면, 시뮬레이션하고자 하는 계통의 데이터베이스들을 project, case, file.. 의 구조로 나타낸다. backup, restore, editing, copying, deleting 등의 작업을 통해 데이터베이스들을 유지, 보수하며 다른 모듈들을 선택할 수 있는 초기화면이 된다.

2) Draft 모듈

시뮬레이션 하고자 하는 계통요소들의 초기값을 설정해서 그래픽적으로 나타내는 모듈이다. 모든 component들에 대한 초기값들은 edit window에서 입력된다.

또한 PSCAD의 RunTime실행 모듈을 위해 해석하고 시뮬레이션 하는 데이터 파일을 그래픽적으로 생성한다.

3) Tline & Cable 모듈

EMTDC의 송전 선로와 케이블 데이터 값을 초기에 설정하는 특수한 모듈로서 선로의 형태, 무게, 반경, 종류 등을 선택한다. EMTDC의 주파수 의존 선로 모델에 필요한 데이터 값들이 생성되며 EMTDC 프로그램의 정확한 선로 모델링을 위하여 필요한 파라미터 값들을 제공한다.

4) Run Time 모듈

사용자가 직접 지켜서치한 계통을 EMTDC를 이용해 시뮬레이션하는 과정과 그 결과를 다양한 방법으로 모니터링 하는 모듈이다. 모니터링 방법은 Plot, Meter, Slider, Push Button 등이다.

5) UniPlot/MultiPlot 모듈

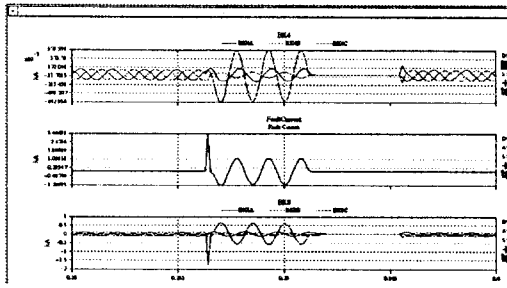


그림 5. OF케이블 1200[mm²]을 사용한 계통에서의
고장 전류 파형

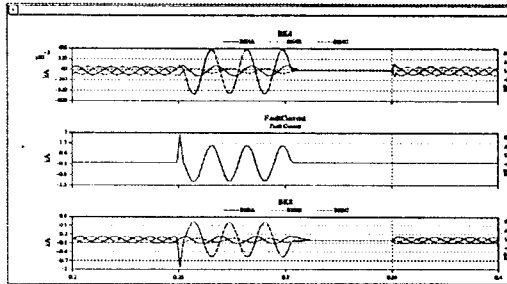


그림 6. CV케이블 1200[mm²]을 사용한 계통에서의
고장 전류 파형

4. 시뮬레이션 검토

먼저 그림 3은 일반적으로 우리나라 전력계통에서 운전되고 있는 154kV 600mm²인 OF 케이블을 전력계통에 포함시켜서 가공전선과 혼합된 전력계통의 가공선에서 고장이 발생하였을 때의 시뮬레이션 결과를 보이고 있는 것이다. 이 그림은 고장상태에서 고장상의 고장전류 및 파형은 물론 인근 차단기에서의 전류 파형을 보여주고 있다. 고장전류는 약 2.51kA였으며 생각보다 많은 DC성분은 발견되지 못하였다.

그림 4는 그림 3과 동일한 모델계통에서 OF 케이블 대신 600mm² CV 케이블을 포설하였다고 가정된 모델계통에서 동일한 고장현상이 발생하였다고 가정하였을 경우의 고장현상을 시뮬레이션한 결과를 보여주고 있다. 그림 3과 동일하게 고장전류의 크기와 파형의 형태는 매우 유사하고 각 부분에서의 전압의 형태도 매우 유사하게 나타났다. 그 이유는 두 종류의 케이블이 종류 자체는 다를지라도 케이블이 갖고 있는 전기적 특성은 매우 유사하기 때문으로 사료된다.

그림 5는 154kV 1200mm² OF케이블을 이용한 계통에서의 시뮬레이션 결과를 보이고 있는데, 그림 3의 결과 파형보다 고장전류나 차단기 전류가 약간 크게 나타나고 있는데, 이는 케이블의 단면적의 크기에 따라서 고장시 전류나 인근 차단기에 영향이 미침을 알 수 있다.

마지막으로, 그림 6는 1200mm² CV케이블을 사용한 계통에서의 고장전류 및 차단기 전류를 나타낸 그림이다. 그림 5와 같이 단면적을 같게 하였을 때 고장전류가 크게 나타나고 있으며 그림 4의 CV케이블에 비해 반경 및 단면적이 큰 원인으로 모든 파형이 크게 나타나는 볼 수 있다.

5. 결 과

송전용 전력케이블을 계통에 병입시켰을 경우 가공송전선에서 고장이 발생하였을 경우의 고장현상을 과도현상 프로그램을 이용하여 모델계통에서 시뮬레이션하여 본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 같은 종류의 케이블에서 단면적이 큰 케이블일수록 고장전류 및 차단기 전류가 크다.
- (2) CV케이블의 경우보다 OF케이블에서의 고장 파형이 크게 나타났다.

앞으로 전력케이블의 포설이 날로 증대되고 있는 실정에 있고 케이블 자체의 고장은 계통에 엄청난 파급효과를 줄 수가 있으므로 고장대책을 수립하기 위한 차원에서 전력케이블 자체에 고장이 발생하였을 경우의 현상을 자세히 모의하는 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김관성, "지중배전용 케이블의 기술동향", 지중배전 기술세미나, 한국전력공사, Sep, 1992.
- [2] 한용희, "지중 배전기술의 현황과 전망", 제1차 Symposium, 전력 케이블 연구회, March, 1993
- [3] 김철환, 박성원, 이명희, "지중 케이블의 고장점 추정에 관한 연구" 대한전기학회, Vol. 44, No. 5, May, 1995.
- [4] PSCAD/EMTDC Manual
- [5] GALE, P.F., "Cable fault location by impulse current method", Proc. IEE, Vol. 122, No. 4, pp. 403-408, 1975.
- [6] 금성전선 전선사업부, "66-154kV 초고압 CV케이블", 1987
- [7] W. L. Weeks, Yi Min Dian, "Wave propagation characteristics in underground power cable", Vol. PAS-103, No. 10, pp2816-2826, Oct. 1984.
- [8] L. M. Wedepohl and D. J. Wilcox, "Transient Analysis of Underground Power Transmission System", Proc. IEE, Vol. 120, No. 2, pp253-260, Feb. 1973.

PSCAD RunTime 모듈에서 시뮬레이션한 ASCII 데이터 파일을 보다 더 정확하고 특수하게 도시화해서 보여주는 Two dimension plotting 프로그램으로서 유리에 해석과 같은 수치해석 기법을 적용해 곡선을 표시하고 해석하는 모듈이다.

3. 지중 전력시스템의 모델링

본 연구에서는 가공과 지중으로 이루어진 전력시스템을 시뮬레이션의 대상으로 삼고 PSCAD/EMTDC에서 케이블 시뮬레이션 기능을 이용하여 전력시스템을 모델링하였다. 그리고 이 모델링 가운데서 가공선로의 임의의 지점에서 고장현상을 발생시켰을 때의 고장결과를 케이블과 시스템의 종류에 따라 여러가지로 제시하여 고장현상의 추이를 파악하고자 한다.

우선 모델링은 전력시스템에 실제로 우리나라의 현장에서 쓰고 있는 154kV OF케이블과 CV케이블의 파라미터를 입력으로 한 후 각각의 경우에 있어서의 결과를 도출하였다.

A) 입력자료

전력케이블 입력자료는 표 1에 나타난 바와 같고 케이블의 길이는 2Km, 집지저항은 100Ω으로 가정하고 종류별로 케이블을 포함시켜 계통을 구성하였다. 그림 1은 계통에 쓰인 케이블 모델이다.

표 1. 전력케이블 입력자료

종류(mm ²) 반경(mm)	OF 1200	CV 1200	OF 600	CV 600
유통로	7.8	0	7.8	0
도체	25.2	20.85	17.8	14.75
절연체	38.7	45.85	30.3	39.25
시스	41.2	48.65	32	44.65
방식층	51.5	63.55	44.7	55.75

단, 도체 저항을 1.7E-8, 절연체 유전율 3.4,시스 저항을 2.74E-8, 방식층 유전율 2.3, 각 부분에서의 허용율은 1.

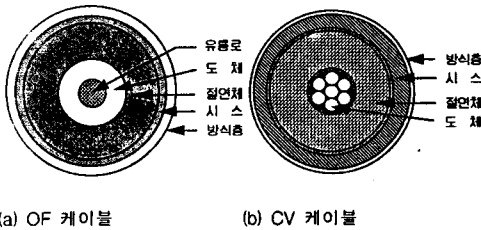
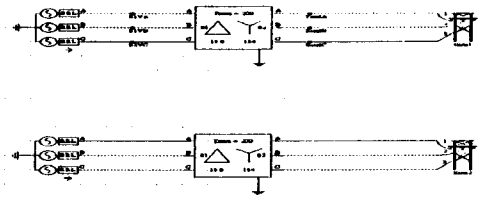


그림 1. 케이블 단면도

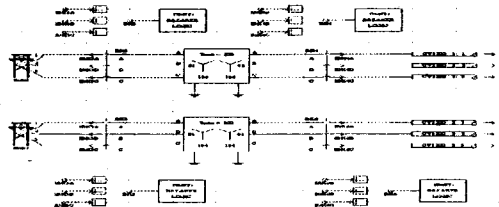
B) 고장 모의

154kV에서 OF케이블과 CV케이블 각각 600[mm²], 1200[mm²]를 포함시킨 계통의 가공선로에서의 고장을 모의하였다. 고장시간은 0.25초에서 0.05초간 지속되고, 차단기의 동작은 0.3초부터 0.35초 까지 지속되는 것으로 시뮬레이션 하였다.

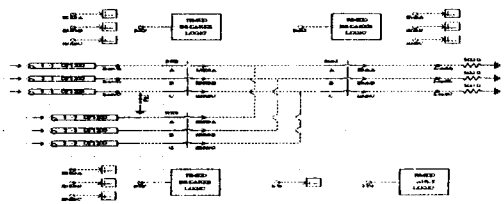
그림 2는 케이블을 포함한 전력계통에서의 고장을 모의한 모델 계통도이다.



(a)전원에서 T-line까지



(b) T-line 에서 Cable까지



(c) Cable에서 Load까지

그림 2. 계통도

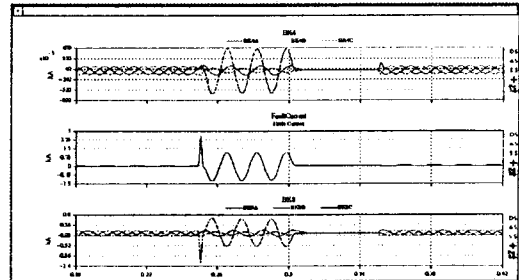


그림 3. OF케이블 600[mm²]을 이용한 계통에서의 고장 전류 파형

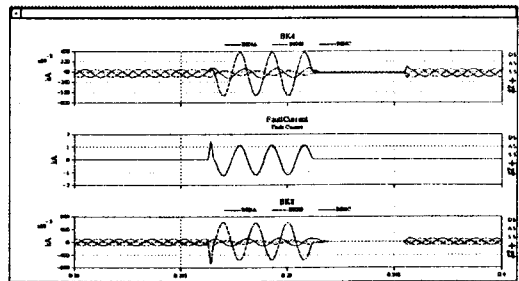


그림 4. CV케이블 600[mm²]을 사용한 계통에서의 고장 파형 전류