

345 kV 계통전류 저감 대책

주형준, 곽주식, 강연욱, 심응보, 이백석, 박진홍
한전 전력연구원, 한전 송변전처

A Research for Current decreasing in 345 kV Power System

H.J.Ju, J.S.KWAK, Y.W.Kang, E.BShim, B.S.Lee, J.H.Pak
KEPRI, KEPCO

Abstract - 전력계통의 증가에 따라 일부 계통에서 지락 고장 전류가 2010년 이후 차단기 정격전류인 40[kA]를 초과할 것으로 예상된다. 이에 대한 대책으로 345kV 변압기의 중성점의 부동(Floating) 운전을 위하여 PSS/E를 이용하여 실제의 발변전소의 모델을 설정하고 EMTP를 이용하여 지락고장 발생시 건전상의 전위상승, 중성점 전위상승, 부동운전 가능 대수, 변압기 중성점 NGR 설치 효과 및 적정 임피던스 산출, 변압기 중성점 피뢰기 설치 효과 및 적정 정격 산출등을 검토하였다.

1. 서 론

345kV 변압기의 중성점의 부동(Floating) 운전을 위하여 각각의 발전소 해석모델은 PSS/E의 계산결과에 기초하여 연결된 변전소를 전원등가 임피던스를 갖는 단독전원으로 등가하고 선로는 실제의 길이로 모의하였다.

변압기의 중성점 부동운전시 계통고장 및 서어지에 의해 중성점의 절연이 위협받게 되므로 보호가 필수적이다. 따라서 중성점부동운전을 검토하였으며, 피뢰기를 이용하여 중성점을 보호하는 방법을 모의하였다. 계통에 발생하는 각종 과전압에 대한 해석을 통한 송전용 피뢰기의 적정 정격과 적용방안에 대하여 검토하였다.

2. 본 론

PSS/E 계산결과 전력계통의 확대에 따라 표1과 같이 일부계통에서 지락고장 전류가 차단기 정격전류를 초과할 것으로 예상된다. 이에 대한 대책으로 345kV 변압기의 중성점의 부동(Floating) 운전을 위하여 다음을 검토하였다.

- 지락고장 발생시 부동운전 가능 대수
- 지락고장시 건전상전위와 중성점전위 상승
- 중성점 피뢰기 설치 효과 및 적정 정격 산출

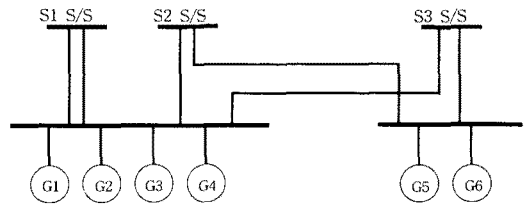
발변전소	차단정격	지락고장전류			
		2003년	2005년	2010년	2015년
A	40kA	38.9	39.5	41.2	41.1
B	40kA	39.3	38.5	41.7	43.2
C	40kA	36.4	40.4	45.6	44.6

표 1. 지락고장용량 초과개소 전망

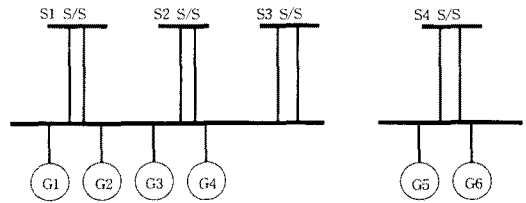
2.1 변압기 부동운전 검토

각각의 발전소 해석모델은 PSS/E의 계산결과에 기초하여 연결된 변전소를 전원등가 임피던스를 갖는 단독전원으로 등가하고 선로는 실제의 길이로 모의하였다.

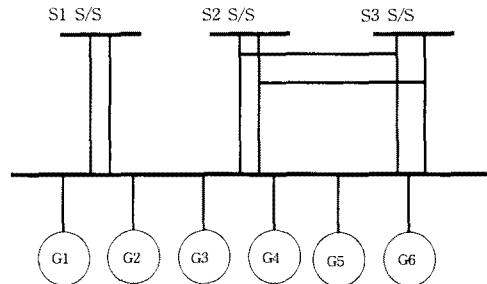
2.1.1 EMTP 해석을 위한 변전소 등가모델



가. A 변전소 계통해석모델



나. B 변전소 계통해석모델



다. C 변전소 계통해석모델

그림 1. 변전소 계통해석 등가 모델

위의 그림과 같이 3개소의 A, B, C 변전소를 모델로 하여 PSS/E data를 2003년, 2005년, 2010년, 2015년의 하게 피크 전력계통으로 모의하여 각각의 변전소에 1상 부동운전과 2상부동운전 그리고 중성점리액터 NGR을 1Ω, 5Ω, 10Ω으로 각각 1상과 2상에 연결하여 1선지락 고장시 건전상의 최대 전위와 중성점의 최대전위 그리고 지락전류의 변화를 검토하였다.

2.1 변압기 부동운전 검토

각각의 발전소 해석모델은 PSS/E의 계산결과에 기초하여 연결된 변전소를 전원등가 임피던스를 갖는 단독전원으로 등가하고 선로는 실제의 길이로 모의하였다.

2.1.1 1선지락 고장시 건전상전위상승

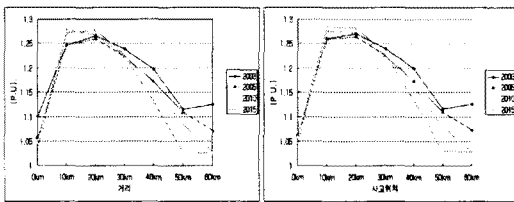
건전상 전위 상승은 제한값이 1.35[P.U.]이나 여러 변수들을 고려하여 1.3[P.U.]로 제한하였다.

그림 2에서와 같이 각 변전소별로 2003년부터 2015년까지의 1선지락사고가 10[km]간격으로 발생시 건전상의 전위상승을 검토하였다.

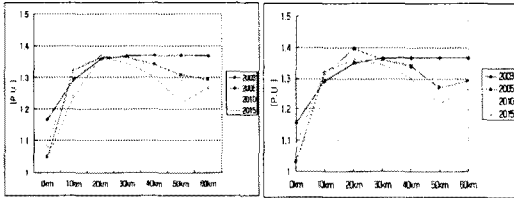
A 변전소의 경우 중성점 부동운전 대수가 2 Bank 일 때 건전상전위는 최대 1.284[P.U.]로 건전상 전위상승 제한 값인 1.3[P.U.]를 만족한다. 즉 A 변전소의 #1~#4 변압기에서 2 Bank의 부동운전이 가능하다. #5~#6의 경우에는 부동운전이 불가능하다.

B 변전소는 건전상전위는 최대 1.392[P.U.]로 건전상 전위상승 제한 값을 초과한다. 또한 부동운전 대수가 2 Bank인 경우에는 건전상의 전위가 최대 1.367[P.U.]로 건전상 전위상승제한 값을 초과하게 된다. 즉 B 변전소는 부동운전이 불가능하다.

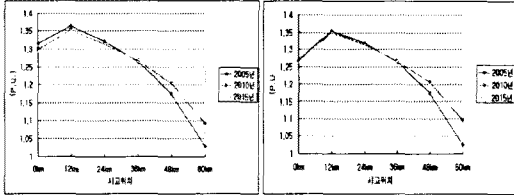
C 변전소는 중성점 부동운전 대수가 2 Bank 일 때 건전상전위는 최대 1.354[P.U.]로 건전상 전위상승 제한 값을 초과한다. 즉 C 변전소는 부동운전이 불가능하다.



A 변전소의 1선지락시 건전상전위상승



B 변전소의 1선지락시 건전상전위상승



C 변전소의 1선지락시 건전상전위상승

그림 2. 1선지락시 건전상전위상승

2.1.1 1선지락 고장시 변압기 중성점 전위상승

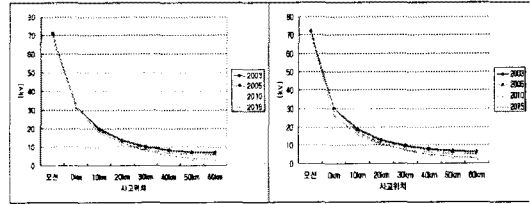
그림 3에서와 같이 각 변전소별로 2003년부터 2015년까지 10[km]마다 1선지락사고 발생시 변압기의 중성점 전위상승을 검토하였다.

A 변전소의 경우 변압기 중성점 상승은 72.14[kV]로 제한값 기기정격인 중성권선 BIL 450[kV]를 만족한다. 따라서 변압기 중성점 운전은 2 Bank 까지 가능하다.

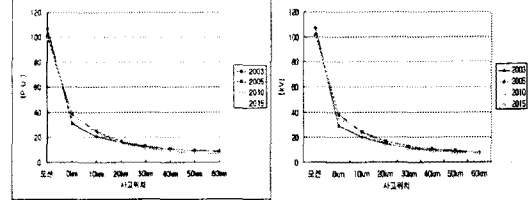
B 변전소의 경우 변압기 중성점 상승은 107.05[kV]로 제한값 기기정격인 중성권선 BIL을 만족한다. 따라서 변압기 중성점 운전은 2 Bank 까지 가능하다.

C 변전소의 경우 변압기 중성점 상승은 89.9[kV]로 제한값 기기정격인 중성권선 BIL을 만족한다. 따라서 변압기 중성점 운전은 2 Bank 까지 가능하다.

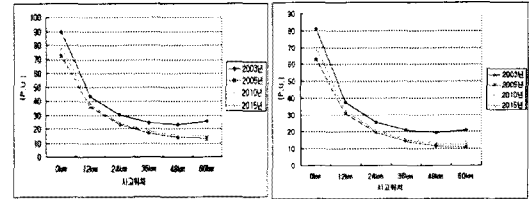
따라서 중성점 전위상승이 변압기 부동운전시에도 정격을 만족하므로 2 Bank 까지의 부동운전이 가능하다.



A 변전소의 1선지락시 중성점 전위상승



B 변전소의 1선지락시 중성점 전위상승



C 변전소의 1선지락시 중성점 전위상승

그림 3. 1선지락시 중성점 전위상승

2.2 변압기 중성점 리액터(NGR) 설치효과

변압기 부동운전 대신 변압기의 중성점에 리액터를 1Ω, 5Ω, 10Ω으로 설치할 경우 부동운전과 비교하여 1선 고장전류 감소 효과는 적지만 부동운전을 하지 않는 경우 보다는 고장전류의 감소된다. 아래의 표에서 알수 있듯이 1상 부동운전의 경우 5Ω의 리액터를 설치한 것과 같은 효과를 갖게 되지만 2015년에는 차단기 정격전류를 초과하게 되고, 2상 부동운전의 경우에는 뚜렷한 경향을 보이지 않는다. 따라서 NRG의 설치는 변압기 중성 부동운전보다 향상된 성능을 기대하기 어렵다.

고장전류 [kA]	직접 접지	2상 부동	1상 NGR			2상 NGR			
			1Ω	5Ω	10Ω	1Ω	5Ω	10Ω	
2015년	A 변전소	44.8	41.8	44.3	43.6	43.0	44.2	42.9	41.5
	B 변전소	43.4	41.7	42.3	41.5	41.4	42.2	41.2	41.2
	C 변전소	44.8	41.8	44.3	43.6	43.0	44.2	42.9	41.5

표 2 NGR 설치시 지락고장 전류변화

2.3 부동운전시 지락전류 감소 분석

각 년도 별로 지락고장 전류 용량을 검토하였다. 변압기의 부동운전수가 증가할수록 고장전류는 감소하는 경향을 보이나 차단기 정격인 40[kA]를 초과하게 되어 A 변전소의 경우를 제외하고는 부동운전만으로 차단기 정격을 만족시킬 수 없다.

부동운전 Bank 수	지락고장전류[kA]			차단정격
	A 변전소	B 변전소	C 변전소	
직접접지	41.1	43.5	44.3	40kA
1 Bank	40.5	41.6	42.9	
2 Bank	38.9	41.7	40.4	

표 3 부동운전시 지락고장 전류변화

[참 고 문 헌]

- [1] 정태호외, "EMTP를 이용한 154kV 정정콘덴서뱅크의 중성점 제동저항 정격 검토", 한국전력공사, 2001.4
- [2] "IEEE Standard Rating Structure for AC High Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis", IEEE Std C37.2-1979
- [3] 심용보외, "계통과도전압분석기를 이용한 2005년 송전계통의 개폐과전압해석", KIEE 1998,48C
- [4] 심용보외, "EMTP를 이용한 송전선의 뇌과전압 해석", KIEE, 하계학술대회 1992
- [5] 심용보외, "EMTP를 이용한 한전 765kV 계통 차단과전압 해석", KIEE 하계학술대회 1994
- [6] 심용보외, "765kV 송전선로의 345kV 운전 에 따른 계통 해석", KIEE, 하계학술대회 1998
- [7] 심용보외, "345kV 상분리형 GIS 설치시의 내뢰성검토", KIEE 하계학술대회 1999
- [8] 심용보외 정태호외, "EMTP를 이용한 154kV 정정콘덴서뱅크의 중성점 제동저항 정격 검토", 한국전력공사, 2001.4

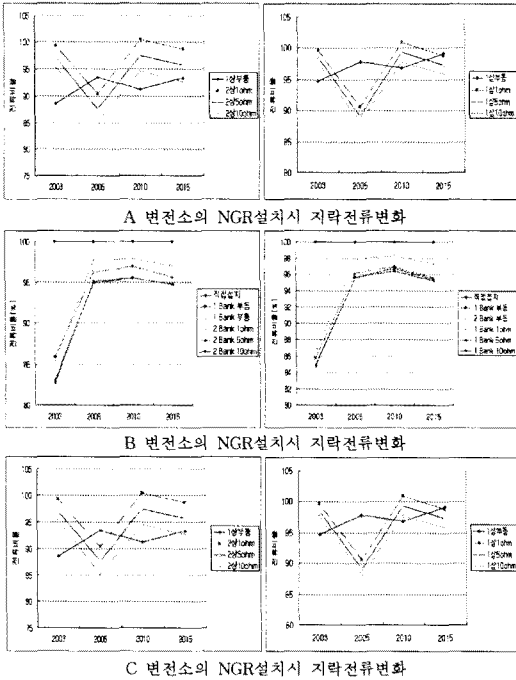


그림 4 NGR 설치시 지락과장 전류변화

2.4 변압기 중성점 피뢰기 설치

영상분 고장입파던스를 증대시키기 위해 345kV 변압기의 중성점을 부동(floating)운전을 검토하였다. 변압기의 중성점을 부동운전시킴 계통고장 및 서어지에 의해 중성점의 절연이 위협받게 되므로 피뢰기에 의한 보호가 필수적이다. 계통에 발생하는 각종 과전압에 대한 해석을 통한 송전용 피뢰기의 적정 정격과 적용방안에 대한 검토가 필요하다.

위에서 모의된 변압기 중성점의 전위의 최대값은 107.05[kV]로 기기정격이 중성점 권선 BIL 450[kV]이나 피뢰기 정격규격의 기준값인 연속운전전압 115[kV]를 초과하지 않으므로 피뢰기를 설치하여 기기를 보호할수 있다.

3. 결 론

A, B, C 3개소의 실제 345kV 변전소를 PSS/E의 계산 결과에 기초한 해석모델로 변압기의 중성점의 부동(Floating) 운전을 위한 EMTP 해석을 하였다.

A의 변전소는 2개의 Bank까지 부동운전이 가능하고 1선지락전류는 41.1[kA]에서 38.9[kA]로 감소한다.

B와 C의 변전소의 경우 부동운전시 건전상의 전위가 기준치인 1.3[P.U.]를 초과함으로 기기보호를 위해 부동운전이 불가능하다.

B와 C 변전소의 경우 변압기 부동운전으로는 파단기 정격 전류인 40[kA]를 초과하므로 차단기 용량을 증가하는 등의 다른 대책이 필요하다.