

## 변압기 임피던스 증가에 의한 배전계통의 고장전류 저감방안의 영향분석

이현철\*, 이근준\*\*, 현옥배\*\*\*, 황시돌\*\*\*  
 (주)그린넷파워\*, 충북도립대학\*\*, 한국전력연구원\*\*\*

### An analytical study on the Effect of High impedance Transformer to reduce Distribution Fault Current

Hyun-Chul Lee\*, Geun-Joon Lee\*\*, Si-Dol Hwang\*\*\*, Ok-Bae Hyun\*\*\*  
 Green Net Power Co\*, Chung-Buk Provincial Collage\*\*, KEPRI\*\*\*

**Abstract** - This paper presents the brief analytical study on the effects of higher impedance transformer(HIT) to reduce distribution system fault current. With the increase of source and load capacity of power system, fault current of D/L is much more increased and, conventional protection equipment-such as sectionalizer and recloser, have to be replaced higher switching capacity. However, this replacements needs a lot of budget to utility. Increase of transformer impedance is can be a countermeasure in practical basis. This paper compares the voltage and fault current magnitude of both cases -%Zt=20% and %Zt=33.3%(transformer capacity is 75/100MVA). The simulation results show that the steady state voltage of HIT is dropped 5~6% more in peak load, and fault current was decreased about 5kA by high impedance on transformer.

#### 1. 서 론

사회구조의 정보화에 따라 총 에너지 수요에서 전기에너지가 점유하는 비율이 점차 증대되는 경향을 나타내고 있다. 특히, 계약전력이 수천 kW이상의 자가용 수전수용가에 대해서는 생산 공장의 설비 자동화, 고도화 빌딩의 인텔리전트화에 따라 전기에너지는 그 양의 확보뿐 만 아니라 안정된 전기에너지의 공급을 요구하고 있다. 그에 따라 도심의 부하용량이 상당량 증가하게 되며, 전원용량이 큰 도심배전계통에서 고장발생시 차단기 및 보호협조기기의 차단용량 초과 및 오동작으로 인한 송전이나 배전 시스템에 미치는 영향이 상당히 크게 됨은 물론, 변압기, 변류기, 케이블 등의 기기 강도 부족에 따른 기기 소손 및 정전범위 확대 등의 많은 문제점이 초래될 것으로 예상된다.

현재 국내의 배전선로의 기준은 154kV 변전소 측에서는 고장전류를 25kA로 설계하고, 배전선로에서는 12.5kA로 설계하여 설계기준이 다르며, 이와 같은 상황에서 배전고장용량의 증대로 인한 배전계통의 개폐기 대체 등에 따른 비용증대가 초래되어 이 비용을 저감하기 위한 대책이 변전소 및 배전선로에서 마련할 필요가 있다. 이 대책으로는, 배전변압기 임피던스의 증대, 한류리액터의 적용, 한류기의 적용 등의 방안을 소려해볼 수 있는데, 본 논문에서는 변압기의 임피던스를 증가한 경우의 영향에 대해 검토하였다.

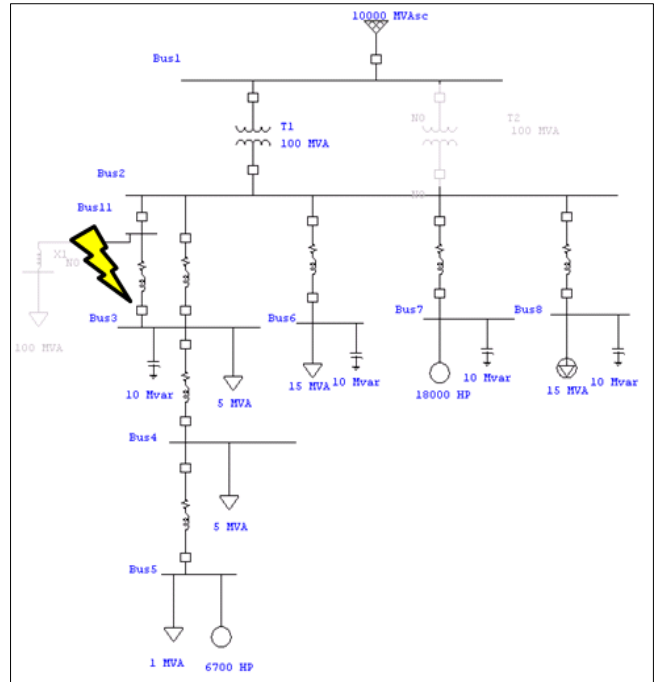
#### 2. 본 론

##### 2.1 검토 조건의 설정

계통용량의 증대로 인해 변전소 인출구의 고장전류는 변전소 내부의 수준에 근접하게 되므로 고 임피던스 변압기를 적용함으로써 고장전류를 저감하는 방안에 대한 기술적 검토를 수행한다. 변압기 임피던스에 따른 배전계통의 고장전류의 변화를 검토하기 위한 방법으로 ETAP(Electrical Transient Analysis Program)을 이용하였다. 모의용 Data는 표1, 모의계통은 그림1과 같다.

<표 1> 모의계통 Data

No.	Type	Value	
1	Source	Voltage	154kV
		Ps	10,000MVAsc
		Pos. Imp.	0.18977+j0.98183
		Zero. Imp.	0.62667+j3.9137
2	Trans.	Power	100MVA
		Voltage	154/22.9kV
3	Bus	Bus3,6,7,8 각각 Sh.Cap 10MVA	
4	Cable	Pos. Imp.	0.064j0.048
		Zero. Imp.	0.529+j0.366



<그림 1> 고장전류의 영향 검토를 위한 배전계통

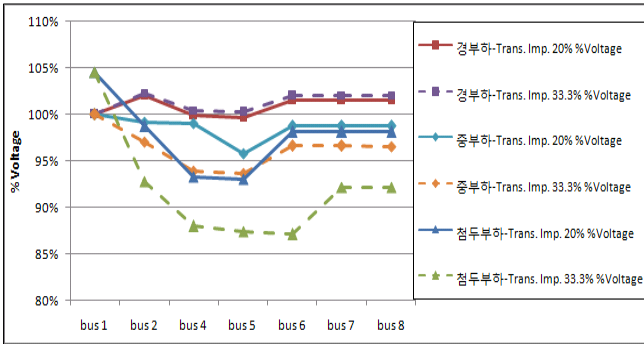
각 부하수준에서의 전압 및 고장전류의 변동을 모의하기 위해 부하를 경, 중, 침투부하로 분류하고 각 모선의 부하를 다양하게 설정하였다.(표 2)

<표 2> 모선별 부하 종류

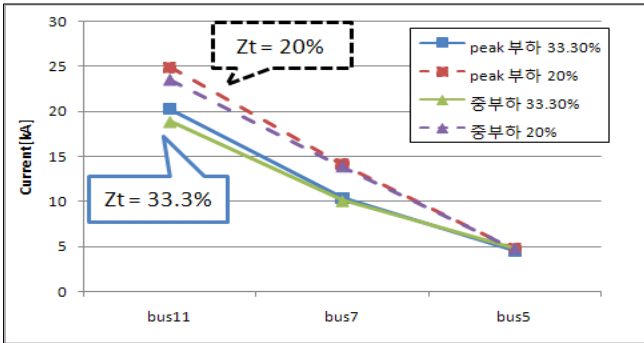
Bus No	부하의 종류	비 고
Bus 3	일반부하 + Sh.C	경부하 : 변압기용량의 60% 중부하 : 변압기용량의 70% 침투부하 : 변압기용량의 90%
Bus 4	일반부하 + Sh.C	
Bus 5	일반20% + 모터80%	
Bus 6	일반부하 + Sh.C	
Bus 7	모터부하 + Sh.C	
Bus 8	일반20% + 모터80% + Sh.C	

##### 2.2.1 정상상태 모의

그림2는 정상상태에서 일반배전용변압기(Normal Impedance Transformer : NIT)와 HIT에 의한 각 모선의 %전압을 나타내었다. 그림2에서 실선은 변압기임피던스가 20%인 경우, 점선은 변압기임피던스가 33.3%인 경우를 나타낸 것이다. 그림2의 모의실험결과에서 변압기의 임피던스가 20%일 경우에 경,중,침투부하에서 전압의 Drop이 OLTC의 Margin인 10%이내에 나타났다. 그러나, 변압기의 임피던스가 33.3%에서 침투부하일 경우 Drop이 OLTC Margin 10%이외로 나타나는 것으로 보였다.



<그림 2> 정상상태의 %전압 모의결과



<그림 3> 고장전류의 증감

그림 3은 HIT와 NIT를 사용한 경우의 고장전류의 변동을 검토한 결과이다. 최근단 모선의 고장전류가 HIT의 사용에 의하여 약 5kA가 저감된 것으로 나타났다.

### 2.2.2 과도상태 모의실험

과도상태에서 발생가능한 전압 불안정의 현상의 유무를 검토하기 위해 Peak부하(변압기용량의 90%)에서 병행 2회선의 선로 중 1회선이 고장으로 인해 탈락될 경우에 대한 영향을 검토하였다. 고장 및 차단기의 동작 Sequence는 표3과 같다.

<표 3> 과도상태의 동작 Sequence

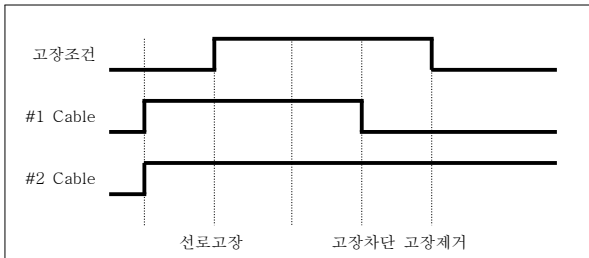
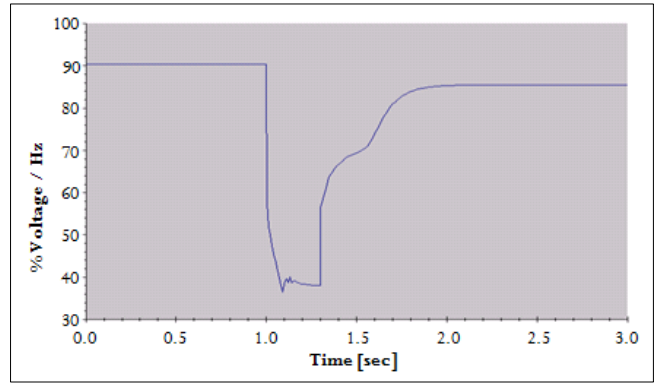
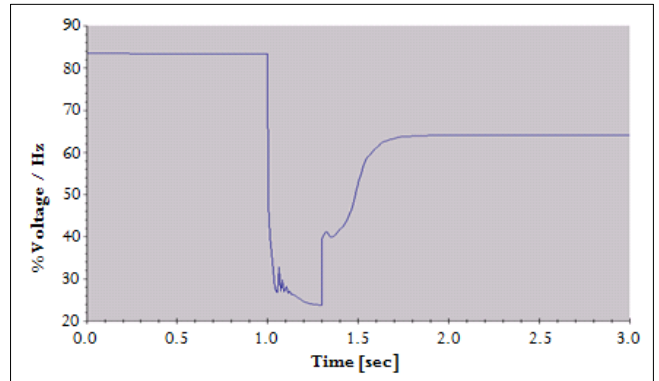


그림4는 변압기의 임피던스가 20%인 경우의 말단부하(그림1의 Bus5)의 %전압을 나타낸 것이다. 말단 배전 계통에서 부하의 급격한 증가에 대해 조상설비들의 동작이 신속히 수반되지 못하는 경우 점부하시의 전압이 상대적으로 90% 가량으로 저하된 시점에서 배전선로에 고장이 발생하여 병행 2회선 중 1회선이 차단된 경우를 가정했다. 순간 고장으로 인해 0.3초 제폐로에 의해 배전계통이 정상적으로 회복된다면, 임피던스가 20% 인 변압기를 적용할 경우에는 순간전압 저하에 이어, 모터부하의 동특성에 따라 전압이 85% 정도의 수준으로 회복되므로, 적절한 복구조치를 수행할 경우에 정상적인 운전이 가능하게 된다.

그림 5는 변압기의 임피던스가 33.3%인 경우의 말단부하(그림1의 Bus5)의 %전압을 나타낸 것이다. 그림4와 비교하면 초기전압이 약 5% 정도 저감되어 있으며, 선로 고장 이후 제폐로가 되어도 전압은 65% 정도의 수준으로 밖에 회복되지 않아 전동기 부하의 stalling이 되고 있음을 추론할 수 있다. 이 경우는 전압 불안정을 초래하는 case로 이어지는 경우가 있으므로 주의해야 할 것으로 보인다.



<그림 4> Peak 부하시의 선로고장일 경우 - Bus5의 %전압 (변압기임피던스:20%일 경우)



<그림 5> Peak 부하시의 선로고장일 경우 - Bus5의 %전압 (변압기임피던스:33.3%일 경우)

### 3. 결 론

배전계통에서 고장전류의 저감을 목적으로 고임피던스 변압기를 적용한 경우, 정상/과도상태에 대한 전압/전류의 영향과 전압 불안정의 초래 가능성에 대해 검토하였다. 그 결과 배전계통의 정상상태시 변압기 임피던스가 커질 경우에는 전류의 크기에는 큰 변화가 없지만, 전압Drop이 5% 정도로 나타났으며, 고장전류는 약 5kA 정도 저감되는 효과를 얻는 것으로 분석되었다.

과도상태시에는 배전계통의 말단에 부하특성이 불량한 부하(전동기등)의 비율이 높은 경우, 급격한 부하의 증가를 부담하는 조상설비의 투입이 신속히 수반되지 못하는 경우에 고장이 발생하면 전압불안정을 초래할 가능성을 모의결과로 제시해 보았다.

따라서, 고장전류의 저감을 위한 HIT의 적용은 신중히 검토되어야 하며, 적절한 조상설비 보완대책의 수립과 함께 전압불안정을 초래할 동특성 향상을 위한 대안도 검토될 필요가 있다. 또, 추가 대책으로 한류리액터 및 초전도 한류기의 적용 검토가 필요하겠다.

### 감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이두현, “電力系統 의 安定度 向上對策”, 대한전기협회, 70, pp.28-31, '82.10
- [2] 기준서, “계통전압과 변압기 정격전압과의 차이에 의한 변압기 임피던스 보정방법”, 전력기술, 제13권 제2집 통권 제41호, pp.90-96, 2002.
- [3] 오화영, “변압기 탭 영향을 고려한 전압안정도 해석”, 연세대, 1996