

주변압기 용량증설에 따른 배전계통의 차단기 정격차단전류 검토

조성수*, 한상옥**
한전 전력연구원*, 충남대학교**

An Investigation of the nominal rating current for breakers in distribution system due to the increased capacity of power transformer

Seong-Soo Cho*, Sang-Ok Han**
Korea Electric Power Research Institute*, ChungNam University**

Abstract - In order to evaluate the nominal rating of breakers in distribution system due to the increased capacity of power transformer from 60 to 100 MVA, the fault currents are calculated in the condition of 3-phase fault and single line-to-ground fault. Consequently, under the condition of the parallel operation of transformers the fault currents were exceed the nominal rating current of breakers in some areas.

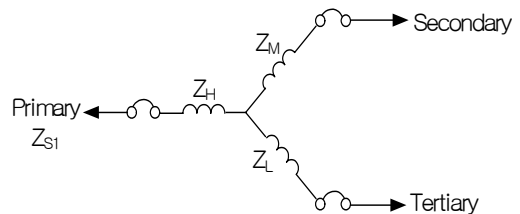
부하를 연결하지 않고 있다. 이 권선을 안정권선이라고도 부른다. <표 1>은 현재 사용되고 있는 주변압기의 %임피던스와 도입 예정인 100 MVA의 %임피던스 추정치를 보여주고 있다.

1. 서 론

대도시를 중심으로 한 부하밀도의 증가와 분산전원 보급의 확대에 따라 배전설비를 이용하는 고객의 설비용량이 지속적으로 증가하고 있다. 또한 경제적인 이유와 관리의 용이함 때문에 이러한 대용량 고객들은 송전전압인 154 kV보다는 배전급 전압인 22.9 kV로 공급받길 희망하는 경우가 일반적이다. 따라서 한전은 이러한 사회적 요구를 반영하여 최근 배전전압으로 40 MW까지 배전설비를 이용할 수 있도록 규정을 정비하였다. 배전설비 이용에 있어 대용량 고객의 증가는 필연적으로 154 kV 변전소의 공급능력 증대를 요구하게 되며 특히 도심지에서 새로운 변전소의 건설이 어려움에 직면하고 있는 현 상황에서 주변압기의 용량증설이 가장 효과적인 대안으로 제시되었다.

2.1.1 정상분(positive-sequence) 모선임피던스 계산

주변압기 2차측 정상분 모선임피던스는 전원측 임피던스와 주변압기 임피던스의 합으로 구성되며 3권선 변압기의 정상분 임피던스 구성도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 3권선 변압기의 정상분 임피던스 다이어그램

<표 2> 주변압기 2차측 정상분 모선임피던스(100 MVA 기준)

전원측 임피던스			주변압기 임피던스		모선임피던스			
%R	%X	%Z _{S1}	MVA	권선	%Z _{TR1}	%R	%X	%Z _{B1}
0.151	1.561	1.568	60	%Z _{HM}	33.333	0.151	34.894	34.894
			100	%Z _{HM}	20.0	0.151	21.561	21.561

주변압기의 용량증가는 제한된 변전소의 공급능력을 강화하고 국가적으로도 여러 가지 경제적인 이점이 있으나, 변압기 고장시 정전고객의 수가 증가하고 인출배전선로가 늘어나며 주변압기 %임피던스에 따라 배전계통의 고장전류가 과도하게 증가할 수 있다. 현재 154 kV 변전소에서 주로 사용되는 주변압기의 용량은 60 MVA 3권선 변압기로서 %임피던스는 20%이다. 또한 현재 주변압기 용량증설을 위해 유력하게 검토되는 사양은 100 MVA에 %임피던스 20%이다. %임피던스를 기존의 60 MVA 변압기와 동일하게 설정하려는 것은 기존의 60 MVA 주변압기와 신설되는 100 MVA 주변압기의 병렬운전을 목적으로 하기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 새롭게 도입될 100 MVA 주변압기의 %임피던스가 20%로 결정되었을 경우를 상정하여 배전계통의 고장전류를 산출하고 배전계통에서 운영되는 각종 차단기 및 개폐기의 정격전류를 검토하고자 한다. 고장전류 산출을 위해 검토된 송전 모선계통은 부하밀도가 높은 서울지역 변전소들의 모선임피던스를 분석하여 그 평균치를 사용하였다.

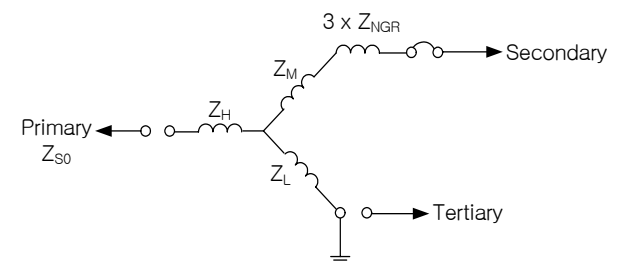
2.1.2 영상분(zero-sequence) 모선임피던스 계산

주변압기 2차측 영상분 모선임피던스는 주변압기 1차측 중성점이 비접지이기 때문에 주변압기 임피던스와 NGR 임피던스로 구성된다. 3권선 변압기의 영상분 임피던스 구성도는 <그림 2>와 같다.

2. 본 론

2.1 계통모델 및 모선임피던스

154 kV 변전소에서 주변압기는 Y-Y-D 결선을 갖는 3권선 변압기를 사용하고 있으며 일반적으로 1차측 중성점은 고장전류 제한을 위해 비접지로 운전하고 있다.



<그림 2> 3권선 변압기의 영상분 임피던스 다이어그램

<표 3> 주변압기 2차측 영상분 모선임피던스(100 MVA 기준)

주변압기 임피던스		NGR 임피던스		모선임피던스		
MVA	권선	%Z _{TR0}	X[Ω]	%Z _{NGR}	3×%Z _{NGR}	%Z _{B0}
60	%Z _{ML}	15.0	0.6	11.441	34.323	49.323
100	%Z _{ML}	9.1				43.414

<표 1> 검토대상 주변압기의 %임피던스

정격 용량	권선 관계	%Imp 표기	기준용량 %Imp		100 MVA 환산		비고
			MVA	%Z _{TR}	MTR	NGR	
60 MVA	1차-2차	%Z _{HM}	60	20.0	33.3	11.441	실제 대표값
	2차-3차	%Z _{ML}	20	3.0	15.0		
	3차-1차	%Z _{HL}	20	10.0	50.0		
100 MVA	1차-2차	%Z _{HM}	100	20.0	20.0	11.441	추정치
	2차-3차	%Z _{ML}	33	3.0	9.1		
	3차-1차	%Z _{HL}	33	10.0	30.3		

2.2 주변압기 2대 병렬운전시 모선임피던스

일반적으로 주변압기는 단독운전상태로 운영되지만, 주변압기 고장이나 수리를 목적으로 주변압기 2대를 병렬운전 하는 경우가 있다. 이 경우 각 주변압기의 임피던스는 병렬관계에 있기 때문에 결과적으로 %임피던스가 1/2로 감소하여 고장전류가 2배로 커지게 된다. 주변압기 2대 병렬운전시 주변압기 2차측 모선임피던스를 정상분과 영상분으로 구분하여 <표 4>와 <표 5>에 나타내었다.

2차측 중성점에는 NGR (Neutral Grounding Reactor; 중성점 접지리액터)를 사용하여 2차 배전계통의 고장전류를 추가적으로 제한하고 있다. 3차권선인 델타권선은 제3고조파를 제거할 목적으로 설치되었으며

〈표 4〉 주변압기 2차측 정상분 모션임피던스(2대 병렬운전 조건)

전원측 임피던스			주변압기 임피던스			모션임피던스		
%R	%X	%Z _{S1}	MVA	권선	%Z _{TR1}	%R	%X	%Z _{B1}
0.151	1.561	1.568	60	%Z _{HM}	16.666	0.151	18.227	18.228
			100	%Z _{HM}	10.0	0.151	11.561	11.562

〈표 5〉 주변압기 2차측 영상분 모션임피던스(2대 병렬운전 조건)

주변압기 임피던스			NGR 임피던스			모션임피던스	
MVA	권선	%Z _{TR0}	X[Ω]	%Z _{NGR}	3×%Z _{NGR}	%Z _{B0}	
60	%Z _{ML}	15.0/2	0.6	11.441	34.323/2	24.662	
100	%Z _{ML}	9.1/2				21.707	

2.3 배전선로 임피던스

배전선로는 100 MVA로 환산하여 km당 %임피던스를 가공배전선로와 지중배전선로로 구분하여 <표 6>와 <표 7>에 제시하였다. 여기에서 제시한 선종 및 규격은 대표적인 전력선으로 선정하였다.

〈표 6〉 가공배전선로 임피던스 계산(100 MVA 기준)

전력선	중성선	가공지선	정상분(%Z/km)			영상분(%Z/km)		
			%R	%X	%Z _{L1}	%R	%X	%Z _{L0}
AWOC 160mm ²	AL 95mm ²	FS 22mm ²	3.4999	7.7498	8.5035	9.1004	22.8411	24.5873

〈표 7〉 지중배전선로 임피던스 계산(100 MVA 기준)

전력케이블	정상분(%Z/km)			영상분(%Z/km)		
	%R	%X	%Z _{L1}	%R	%X	%Z _{L0}
CNCV 325mm ²	1.7906	2.8451	3.362	5.3222	1.7353	5.598

2.4 배전선로 정격 차단전류

배전선로에 사용되는 계폐장치의 정격차단전류는 <표 8>과 같다.

〈표 8〉 배전선로 개폐장치 정격

기기명	정격전압	정격전류(A)	정격차단전류(kA)		정격단시간전류(kA)	
			대칭	비대칭	대칭	비대칭
폴리머 리클로저	25.8 kV	630	12.5	-	-	-
다회로차단기		600	12.5	-	12.5	19.2
부하개폐기(가공)		630	-	-	12.5	-
부하개폐기(지중)		600	-	-	12.5	-

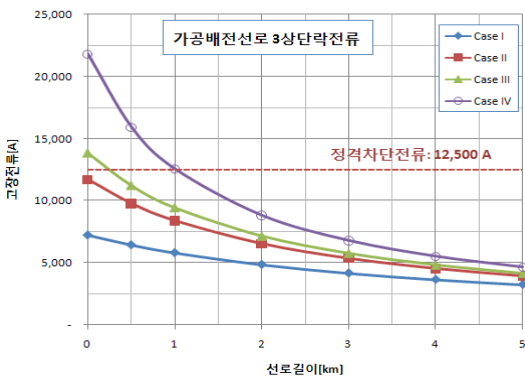
2.5 고장전류 계산결과

고장전류는 다음과 같은 조건으로 검토하였다.

- Case I: 60 MVA 1대 단독운전 조건
- Case II: 100 MVA 1대 단독운전 조건
- Case III: 60 MVA 2대 병렬운전 조건
- Case IV: 100 MVA 2대 병렬운전 조건

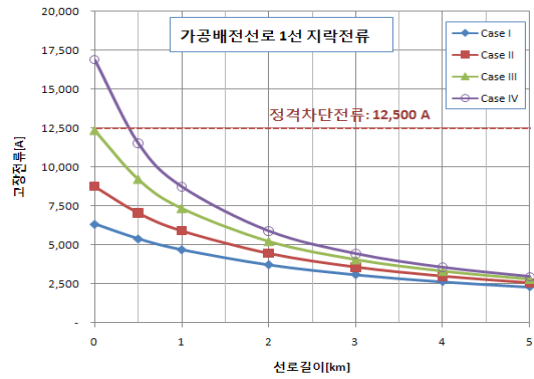
2.5.1 가공배전선로 3상단락 고장전류

Case III에서는 변전소 직하에서 3상 단락전류가 정격차단전류를 초과하였고, Case IV에서는 1 km 이내 구간에서 정격차단전류를 초과하는 구간이 발생하였다.



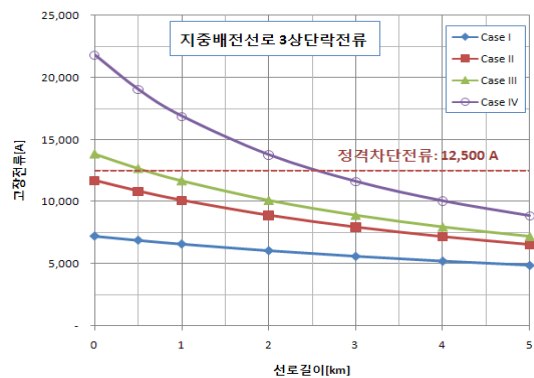
2.5.2 가공배전선로 1선지락 고장전류

1선 지락전류는 Case IV를 제외하고는 정상적이었으며 변전소에서 500 m만 초과하면 전체적으로 정격차단전류의 문제는 발생하지 않았다.



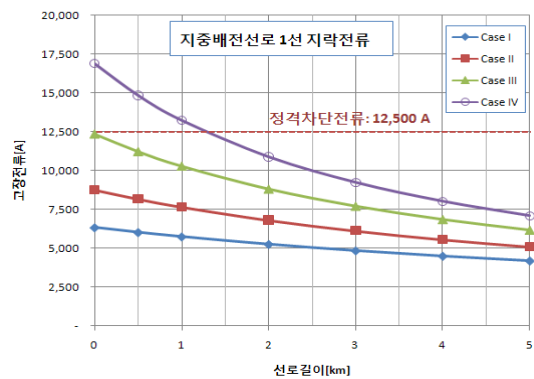
2.5.3 지중배전선로 3상단락 고장전류

Case III의 경우 500 m 이내 구간에서 정격차단전류를 초과하였으며 Case IV의 경우 2.5 km 이내 구간에서 정격차단전류를 초과하는 문제가 발생하였다.



2.5.4 지중배전선로 1선지락 고장전류

Case IV를 제외하고는 정상적이었으며 변전소에서 1.5 km만 초과하면 전체적으로 정격차단전류의 문제는 발생하지 않았다.



3. 결 론

154 kV 변전소에 100 MVA 주변압기가 도입될 경우를 상정하여 배전선로의 고장전류를 계산하고 배전선로 개폐장치의 정격차단전류를 검토하였다. 검토결과 1선 지락고장에서는 100 MVA 2대 병렬운전 조건에서 정격차단전류가 초과되는 개소가 발생하였으며 3상 단락고장에서는 60 MVA 2대 병렬운전 조건과 100 MVA 2대 병렬운전 조건에서 정격차단 전류를 초과하는 개소가 발생하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 조남훈, “지중배전선로의 다회로차단기 운영방안 연구”, 대한전기학회 논문지, 49,4A, pp.143-151, 2000
 [2] A.C. Franklin et al. “The J&P Transformer Book”, Butterworths, 11th Edition, pp.636, 737, 1983
 [3] 한전표준규격 ES 140-435~622, 154kV 전력용변압기, pp.2-5, 2006