

전력계통 고장 전류 증대와 대응방안 (하)

김 준 환
한국전력공사 계통운용처 선임전문원
이 강 완
대화기술단 대표/기술사

4. 고장전류 현황

산업의 원동력인 전력은 국가 경제의 발전 및 국민 생활 환경 향상 등에 따라 사용량이 매년 큰 폭으로 증가하고 있다. 특히 인구밀도가 높은 수도권외의 경우 전력수요는 전체 전력수요의 45%로 매우 큰 비중을 차지하고 있고, 부산 지역도 14%의 전력수요를 차지하고 있다.

전력계통에서 전력수요가 증가하게 되면 이에 대응하여 전원 및 송변전설비 신증설이 이루어지고, 이로 인하여 전력계통의 등가 임피던스가 점점 작아져서 계통의 단락고장전류가 지속적으로 증가하게 된다. 우리 나라의 경우 외국에 비하여 송전선로가 짧고, 계통변전소간을 연결하는 송전선로가 망상형태로 구성되어 있어 수요가 밀집되어 있는 서울 및 부산 지역의 전력계통 고장전류가 계속 증대되고 있는 추세이다. 따라서 현재 설치되어 있거나 또는 앞으로 설치될 차단기의 차단내력을 상회하는 변전소가 많이 나타나고 있어, 전기 고장시 안정된 고장전류 차단이 보장되지 않고 있다.

현재 우리 나라 송전계통의 중심인 345kV 전력계통 차단기의 정격차단전류는 40kA이다. 그러나 전원 밀집 지역과 같이 계통 등가임피던스가 작은 지역 등에서는 고장전류가 차단기의 차단내력을 상회하고 있어 서인전 복합화력, 보령화력(및 복합), 고리원자력(1,2 및 3,4 호기)은 이미 모선 분리 고장전류 억제대책이 적용되고 있으며, 앞으로는 증대되는 고장전류에 대응하여 2000년 이후부터는 차단내력이 63kA인 차단기를 채택할 계획이다.

154kV용 차단기 정격차단전류는 31.5kA와 50kA 두 종류가 있으나, 계속 커지고 있는 고장전류에 대응할 수 있도록 점진적으로 차단내력이 큰 50kA 차단기로 교

체되고 있다.

연도별 발송변전설비 및 발전소 출력, 변전소 부하, 345kV 이상 계통 구성 등을 장기계통 계획을 기준으로 하고 154kV 계통이 망상으로 구성되었다고 전제하는 경우 345kV 전력계통 고장전류가 현재의 차단기 차단내력 40kA를 상회하는 변전소 및 최대 고장전류 발생상황은 표 5와 같고, 154kV 전력계통 고장전류가 현재의 154kV 차단기의 차단내력 31.5kA 및 50kA를 상회하는 변전소 및 최대 고장전류 발생 상황은 표 6과 같다.

〈표 5〉 연도별 345kV 모선 고장전류 차단내력 초과 상황

구분 연도	변전소수	차단내력 초과 변전소수 40(kA)	최대고장전류 (kA)
1998	62	6	서울 45.9
1999	65	8	서울 48.3
2000	71	13	화성 53.6

〈표 6〉 연도별 154kV 모선 고장전류 차단내력 초과 상황

구분 연도	변전소수	차단내력 초과 변전소수			최대고장전류 (kA)	비고
		31.5(kA)	50(kA)	합계		
1998	411	56	90	146	당인리 98.7	35.5%
1999	469	58	109	167	당인리 105.3	35.6%
2000	512	63	135	198	당인리 119.4	38.7%

1998년 154kV 변전소 수가 411개소이고 고장전류가 차단기 차단내력을 상회하는 변전소 수는 146개소로 전체 154kV 변전소의 35.5%를 차지하고 2000년에는 차단내력 초과 변전소수 비율이 38.7%로 증가할 것으로 예측되므로 이에 따른 154kV 계통 고장전류 억제대책이 적극적으로 강구되어야 할 것이다.

지역적으로는 인구가 밀집되어 있는 수도권의 여러 변전소에서 차단기 차단내력을 상회하는 고장전류가 나타났고, 다음은 인구 밀집지역인 부산과 산업도시인 울산을 포함한 경남지역에서 고장전류가 차단기 차단용량을 많이 상회하는 것으로 나타났다. 이 같은 현상은 이들 지

역에 수요가 밀집되어 있고, 원활한 전력공급이 가능하도록 전원이 밀집되어 있거나 또는 전원으로부터 대전력이 송전될 수 있도록 대용량의 송전 루트가 연결되어 있으며 변전소와 변전소간 거리도 비교적 짧고, 연계 루트가 많아 전기적으로 전원에 가까이 있는 것과 같아서 지역 전체의 고장전류가 크게 나타나는 것이다.

표 7은 표 5와 표 6의 지역상황을 보여준다.

〈표 7〉 154 및 345kV 계통 고장전류 차단내력 초과개소

구분 연도 지역	154kV						345kV		
	31.5kA			50kA			40kA		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
서울	17	17	17	25	29	30	-	-	1
남서울	9	9	9	26	33	48	2	3	3
수원	10	9	11	26	32	39	2	3	6
부산	9	9	9	12	13	16	2	2	2
기타	11	14	17	1	2	2	-	-	1
전국	56	58	63	90	109	135	6	8	13

5. 고장전류 억제 대책

전력수요 증가로 고장전류가 증대되고 있다. 전력계통의 고장전류가 커져서 차단기의 차단내력을 넘어서게 되면 고장전류를 안전하게 차단할 수 없게 되어 차단 실패, 차단기 소손 및 인접 전력설비로의 사고 파급 등이 발생하게 된다. 따라서 고장전류가 증대하면 관련 차단기들을 증대된 고장전류를 충분히 차단할 수 있는 내력이 큰 것들로 교체하거나 또는 전력계통 분리, 한류리액터 삽입 및 송전전압 격상과 같은 적극적인 방법으로 고장전류를 차단기 차단내력 이하로 억제해야 한다.

차단기 차단내력을 크게 하는 데는 기술적 및 경제적인 한계가 있어 현재 사용중이거나 사용예정인 송전계통 차단기의 차단내력 이상으로 크게 하는 것은 어렵다. 또한 기존에 설치되어 있는 차단기를 차단내력이 큰 것으로

교체한다는 것은 교체에 따른 비용은 물론 교체공사로 인하여 전력공급에 지장을 초래하게 되어 현실적으로 어려운 실정이다. 특히 문제가 되고 있는 154kV 송전계통의 경우 일부 기존 차단기들이 GIS변전설비의 일부분으로 구성되어 있기 때문에 이의 교체가 거의 불가능한 상태이다. 따라서 고장전류를 차단기 차단내력까지 억제하는 적극적인 대처방안이 있어야 한다.

가. 고임피던스 변압기 채택

154kV 송전계통 고장전류의 대부분은 345kV 전력계통으로부터 345/154kV변압기를 통하여 유입된다. 그러므로 345/154kV변압기 임피던스를 증가시키면 154kV 송전계통의 고장전류가 효과적으로 제한된다. 현재의 345kV계통과 154kV계통간을 연결한 345kV 단상 단권변압기 백분을 임피던스는 제2단계 송유풍냉식 용량인 500MVA를 기준으로 하여 고압(345kV) 권선과 중압(154kV) 권선간에 10%이다. 이는 일반적인 변압기 임피던스보다 작은 저감임피던스이다. 따라서 신설되는 345kV 변전소에 고임피던스 345kV변압기를 채택하면 효과적으로 고장전류를 억제할 수 있을 것이다.

345kV변압기 임피던스를 자기용량(500MVA) 기준 10%에서 15%로 상향 조정하게 되면 345kV측 고장전류가 현재의 345kV차단기 차단내력인 40kA일 때 345kV 변압기 4뱅크가 운전중인 상태에서 154kV측 고장전류는 40.8kA에서 32.1kA로 감소한다. 즉 154kV측 고장전류가 약 21% 감소하게 된다. 다만 이 경우 154kV측이 연계되지 않은 방사상 상태를 가정하는 것이다.

변압기 임피던스를 크게 하면 일반적으로 전압변동률이 증가할 뿐 아니라 유효 및 무효전력 손실이 증가하게 된다. 변압기 임피던스 증가에 따라 변압기에서 발생하는 유효 및 무효전력 손실 중 유효전력 손실은 변압기 설

계시 일정크기로 제한할 수 있으나 변압기 손실을 적게 하면 가격이 상승하게 된다. 이에 반하여 무효전력 손실은 임피던스 크기에 따라 증가하게 되며 변압기 부하 및 역률에 따라 다르게 된다. 즉 변압기 임피던스를 증가시키게 되면 가격 및 변압기 크기가 변하게 되는데, 현재와 같은 자기용량 기준 10%임피던스에서 15%임피던스로 높이는 것은 가격이 크게 증가하지 않고 또 크기에 변동이 없이 제작 가능하다. 다만 변압기 임피던스를 자기용량 기준 10%에서 15%로 높이게 되면 기존 변압기와의 병렬운전이 안되는 단점이 있게 된다. 따라서 신설되는 345kV 변전소의 변압기를 고임피던스가 되게 하여 경제적이고, 효과적인 고장전류 억제 효과를 갖도록 해야 할 것이다.

나. 직렬한류리액터 설치

한류리액터는 전력계통의 고장전류를 제한하기 위해 사용되는 직렬리액터이다. 전력계통의 주어진 지점에서 고장전류는 해당지점의 등가임피던스에 의해 결정되므로 리액터를 전력계통에 직렬로 삽입하여 계통 임피던스를 증가시켜 이로 인하여 고장전류가 감소되게 하는 것이다. 고장전류를 억제하기 위해 직렬한류리액터를 설치하는 데는 송전선로에 직렬리액터를 삽입하여 송전선로의 전기적 거리를 멀게 하는 방법과 변전소 모선을 분할해서 그 사이에 직렬리액터를 삽입하는 모선 분리방법의 두 가지로 대별된다.

우리 나라의 경우 345kV 전력계통 대용량 전원단지인 서인천화력, 보령화력, 고리원자력, 태안화력, 영광원자력, 월성원자력 및 울진원자력 345kV모선은 345kV차단기 차단내력 한계를 극복할 수 없으므로 이의 분리가 불가피하다. 이와 같이 전원측 모선이 완전 분리되면 전력계통운용의 유연성이 결여되고, 전력공급 신뢰성이 저하되며, 전력계통간 결합력 약화로 안정도가 저하되는 단점이 있다. 따라서 이와 같이 불가피하게

모선을 분리한 경우 분리 모션간에 직렬한류리액터를 설치하게 되면 계통운용의 유연성이 증대되고, 계통 신뢰도 및 안정도면에서 유리하게 되는 많은 장점을 갖게 될 것이다. 오늘날 송전계통에 많이 이용되고 있는 전식 공심형 직렬리액터는 고장전류 억제효과가 좋고 설치후 거의 반영구적이어서 유지보수 비용이 소요되지 않는 등의 장점이 있다.

다. 연계루트 분리

전력계통의 고장전류 억제 방안인 연계선로 분리 방안은 별도의 시설투자없이 주어진 전력계통에서 간편하고 편리하게 효과적으로 적용할 수 있는 방안이다. 고장전류를 억제하기 위해 연계선로를 분리하는 방안은 변전소와 변전소를 연계하는 송전선로 분리방안과 변전소 모선을 분리하는 방안 두 가지가 있다. 고장전류 억제효과면에서는 모선분리가 연계선로 분리보다 유리하지만 전력공급의 신뢰성 또는 사고시 긴급조작과 같은 비상사태 대처 능력면에서는 연계선로 분리가 유리하다. 특히 앞으로 설치 예정인 자동복구시스템의 원활한 적용을 고려하면 전력계통의 고장전류 저감을 위해 모선 분리보다는 연계선로 분리가 바람직하다.

6. 고장전류 저감 선로개방 지원 프로그램

고장전류 저감을 위해 연계선로 개방루트 선정을 지원하는 프로그램을 개발하였다. 효과적인 개방 선로의 선택과 함께 회로망 변경에 따른 선로조류와 모션 전압을 예측함으로써 안전한 계통운용을 보장하기 위한 분석도 동시에 이루어지도록 하였다. 개발된 프로그램은 실제 계통에 대해서 타당성을 검증하였다.

프로그램 내부의 계산 과정에서 임피던스의 역행렬과

자코비안의 역행렬이 사용되는데 대략 1000×1000 차원의 거대한 역행렬 계산이 이루어지므로 수행시간 뿐 아니라 파일의 크기도 다루기 힘들 정도로 대단히 거대하다. 따라서 전체적인 수행시간의 단축을 위해 역행렬 데이터를 파일로 저장해 두었다가 필요시에 입력받도록 구성하였다. 또한 파일의 형태를 이진형태(Binary)로 저장하고 이진형태로 입력 받도록 하여 파일의 입출력시간과 파일의 크기문제를 해결하였다.

선로의 개방은 송전망의 구조를 망상구조 특성에서 방사형 구조의 특성으로 변화시키기 때문에 선로조류가 일부에 집중되고 전압의 변화가 심화되어 계통 안전성이 악화되는 경향을 보인다. 이러한 현상은 선로개방을 결정하기 이전에 충분히 해석이 되어야 한다. 선로개방 후의 계통에 대한 조류 계산시 막대한 계산시간이 소요되는 문제를 해결하기 위해 이 프로그램에서는 조류계산식에 근거한 스위칭 감도식을 사용하여 선로조류와 모션전압의 변화를 계산하였다.

프로그램 수행중 모션 임피던스 행렬은 정확히 계산되지만 자코비안 행렬은 모션전압과 위상각에 의해 계산되므로 근사값이 되며 따라서 자코비안의 역행렬 또한 오차가 발생하게 된다. 따라서 이 프로그램의 성능 개선을 위해서는 실제 계통 해석이 가능한 조류계산 기능이 부가되어 지속적인 개방시의 계통상태를 정확히 계산하는 것이 필요하며, 이러한 조류계산 기능의 부가는 개발된 프로그램을 발전시킴으로써 구현될 수 있을 것이다.

선로개방에 따른 선로조류와 모션 전압을 계산하여 안전한 계통운용을 보장하기 위한 분석이 이루어지지만 계획된 선로개방 운용 이외에 사고에 따른 선로의 개방에 대해서도 안전한 운용이 이루어지는 것이 바람직하다. 종합적으로 전력계통의 신뢰도를 저하시키지 않도록 하는 것이 최적의 선로개방 운용이라 할 수 있다. 이러한 계통 안정성의 정확한 평가는 발생 가능한 모든 사고를

상정하고 이에 따른 계통의 상태를 계산하는 것이므로 막대한 계산시간이 소요된다. 따라서 계통안정성 평가에 효과적인 모의 사고를 선택하는 상정사고 해석 기법을 통하여 해석시간을 향상시킬 필요가 있다. 앞으로 선로 개방에 따른 선로조류와 모션전압 분석을 좀더 확장해서 안정성 평가의 기능을 보완하는 것이 요망된다.

전력계통은 비선형 연립방정식으로 표현되는 대규모의 시스템이므로 해석에 많은 계산시간이 소요된다. 감도해석이 사용된다고 하더라도 순차적으로 선로개방을 모의하는 것은 역시 시간적 측면과 정확도 측면에서 큰 부담이 되며 순차적 기법의 한계인 부분 최적의 문제를 벗어나기 어렵다. 현재의 실계통 송전망 운용은 많은 부분을 운용자의 경험과 직관에 의존하고 있는데 이는 송전망과 계통 운용상태에 관련된 패턴을 추출하여 이것을 바탕으로 선로 및 모션의 분리운용이 이루어지고 있음을 의미한다. 따라서 송전망 임피던스, 계통상태, 송전망 구조 그리고 계통 안전성 등이 관련되는 전반적인 패턴을 추출하여 불필요한 계산을 줄이는 일이 요망된다. 이러한 기능에 적합한 인공 신경회로망 기법을 사용하면 순차적 기법의 한계인 부분 최적의 문제 또한 상당 부분 극복될 수 있을 것이다. 그리고 이 프로그램에서 시도되었던 임피던스 행렬과 계통 자코비안의 역행렬 감도식을 이용한 선로개방 기법이 계통의 안전성을 고려하지 못했던 단점도 보완하는 효과를 기대할 수 있다. 또한 신경회로망 기법을 적용함으로써 병렬계산과 패턴 추출의 기능을 사용하여 송전망 구조 변화에 따른 계통 상태의 변화를 신속하게 계산할 수도 있을 것이다.

7. 전력계통 분리 방안 및 결과

가. 연계선 분리와 모션 분리 장단점

고장전류를 감소시키기 위하여 전력계통을 분리하는

방법은 변전소와 변전소간의 연계선로를 개방하는 방안과 변전소 모션을 분리하는 방안 두 가지가 있다. 전력계통의 모션 고장전류가 차단기 차단책무를 초과할 경우 고장전류를 억제하기 위한 전력계통 분리 방안을 모색하여야 한다. 345kV 변전소에서 345/154kV 변압기가 3뱅크 또는 4뱅크로 구성되어 있고, 여기에 인접하여 발전소가 있거나 또는 다른 345kV 변전소와 전기적으로 가까이 있을 경우 고장전류가 크게 되고 이런 경우 2회선 또는 4회선 선로 개방만으로는 적절한 고장전류 억제가 달성되지 않을 경우 모션으로 분리하여 구동 임피던스가 원래의 모션임피던스에 비하여 큰 폭으로 증가하여 고장전류가 대폭 감소되도록 하는 것이 변전소 모션 분리 방안이다. 변전소 모션을 분리하여 고장전류를 줄이는 방안은 연계선로 개방에 비하여 고장전류를 대폭 줄일 수 있다는 면에서 매우 효과적인 대책이 되고 있으나, 이 경우 모션 구성이 분리 가능한 상태가 되어야 하고, 모션분리 운전이 가능한 경우에도 선로 및 전원 절체와 같은 변전소 운용의 유연성이 제약을 받게 되는 단점이 있다. 아울러 모션분리로 인해 전력공급의 신뢰도 및 안정도 저하 가능성이 많아지게 되므로 단락고장전류를 억제하기 위해서는 먼저 연계선로 분리 방안을 모색하고 부득이한 경우에 한하여 모션분리 방안을 택하는 것이 바람직하다.

나. 주변압기 병렬운전과 고장전류

154kV 전력계통의 고장전류 대부분은 발전소 모션과 345kV 변압기를 통하여 유입되고 있다. 따라서 345kV 변전소로부터 유입될 수 있는 고장전류를 규명함으로써 154kV 전력계통의 고장전류 억제 방안이 적절하게 수립될 수 있을 것이다.

345kV 변전소에서 345kV 모션 3상단락 고장전류를 현재의 345kV 차단기 차단 내력인 40kA로 가정한 경

우 154kV모선 3상단락 고장전류를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{345kV모선 3상단락 고장용량} \\ & = \sqrt{3} \times 345 \times \text{고장전류} = 23.9 \times 1000\text{MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{345kV모선 등가임피던스(\%)} \\ & = \frac{100 \times 100}{\text{고장MVA}} = 0.418(\%), 100\text{MVA 기준} \end{aligned}$$

만일 345kV모선 3상단락 고장전류를 앞으로 설치 예정인 차단기 차단책무 63kA로 가정한 경우는

$$\begin{aligned} & \text{345kV모선 3상단락 고장용량} \\ & = \sqrt{3} \times 345 \times \text{고장전류} = 37.6 \times 1000\text{MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{345kV모선 등가임피던스(\%)} \\ & = \frac{100 \times 100}{\text{고장MVA}} = 0.266(\%), 100\text{MVA 기준} \end{aligned}$$

그런데 345/154kV변압기 % 임피던스는 송유풍냉식 용량(500MVA)을 기준하여 10.0%이다. 따라서 이를 100MVA 기준으로 환산하면

$$\begin{aligned} \%Z_{100\text{MVA}} &= (\%Z_{500\text{MVA}}) \times \frac{P_{100\text{MVA}}}{P_{500\text{MVA}}} \\ &= 10.0(\%) \times \frac{100}{500} = 2(\%) \end{aligned}$$

따라서 345/154kV변압기 뱅크수를 N이라 하면 154kV 모선 3상단락 고장전류는

$$\frac{100 \times 100}{\%Z + 2/N} \times \frac{1}{\sqrt{3} \times 154} \text{ (kA)}$$

가 되어 뱅크수가 클수록 고장전류가 커짐을 알 수 있다.

표 8은 변압기 뱅크수와 고장전류를 대비한 것이다.

표 8에서 보는 바와 같이 345kV차단기 차단내력을 40kA로 가정한 경우 345/154kV변압기 3뱅크 병렬운

<표 8> 345/154kV 주변압기 뱅크수대 154kV 모선 고장전류

345/154kV 주변압기 뱅크수	1	2	3	4
154kV모선 3상단락 고장전류(kA)	15.5	26.4	34.6	40.8

전시 154kV모선 3상단락 고장전류가 34.6kA이다.

즉 345kV 변전소에 전기적으로 인접한 154kV 변전소 154kV차단기 차단내력이 31.5kV인 경우 해당 345kV모선 고장전류 크기에 따라서는 고장전류를 억제하기 위하여 345kV 변전소 154kV모선을 분리해야만 문제 해결이 가능할 수 있음을 나타내고 있다.

양방향에 345kV 변전소가 있는 경우 즉, 전원변전소 A와 B를 345kV 변전소 154kV모선이라 하고 이들 변전소간의 연계선로 거리가 짧을 경우 A와 B변전소에서 운전중인 변압기들을 거의 병렬운전 경우와 같은 정도의 고장전류를 공급하게 된다. 이 경우는 모선 분리보다는 연계선로 분리가 더욱 바람직하다.

다. 154kV계통 분리 방안

345kV 변전소에 345kV변압기 3뱅크 또는 4뱅크로 구성되어 있고, 해당 변전소 또는 인접변전소가 차단내력 31.5kA인 154kV차단기가 있을 경우 연계선로 개방만으로는 고장전류 억제목표 달성이 안되므로 345kV 변전소 154kV모선을 분리한다. 345kV 변전소에 345kV 변압기 3뱅크 또는 4뱅크로 구성되어 있고, 해당 모선 또는 인접하여 발전기가 있는 경우에도 앞에서와 같은 상황이므로 345kV 변전소 154kV모선을 분리한다.

154kV 전력계통 고장전류 저감을 위한 연계선로 분리는 기존의 전력계통 해석 프로그램 또는 별도로 개발한 "고장전류 저감 선로개방 지원 프로그램"을 이용하여 아래 순서대로 처리한다.

- ① 조류계산에서 확인된 과부하 개소 해소
- ② 154kV 전력계통 고장전류 계산

- ③ 지역별 154kV 최대 고장전류의 차단기 차단내력 (31.5 또는 50kA) 초과 여부 점검. 초과개소가 없을 때에는 작업 종료
- ④ 154kV 최대 고장전류 억제 효과가 있는 후보 연계선로 선정
- ⑤ 후보 연계선로 개방시 과부하 점검
- ⑥ 후보 연계선로 개방시 모선전압 점검
- ⑦ 후보 루트를 정하고 전력계통 입력데이터 수정
 - 지역별 고장전류 억제대책이 완료되지 않는 경우
 - ①단계로
 - 지역별 고장전류 억제대책이 완료된 경우 ⑧단계로
- ⑧ 안정도 해석 및 조치

라. 연계루트 분리결과

154kV 전력계통 고장전류를 차단기 차단내력인 31.5kA 또는 50kA까지 저감시키기 위해 표 9와 같이 연도별로 154kV 연계선로 및 모선을 분리하였다.

154kV 변전소는 설치되어 있는 154kV차단기 차단내력에 따라 다음과 같이 구분될 수 있다.

- ① 모든 차단기 차단내력이 50kA인 변전소
- ② 모든 차단기 차단내력이 31.5kA인 변전소(GIS)
- ③ 차단내력 31.5kA와 50kA차단기가 함께 있는 변전소

이중에서 모든 차단기가 31.5kA 차단내력으로 되어

〈표 9〉 연도별, 지역별 154kV 연계선로 분리 회선수 및 모선 분리개소

구분 연도 지역	모 선			선 로		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
서울	2	2	3	20	19	24
남서울	1	1	3	11	14	20
수원	3	3	4	26	29	32
부산	3	3	3	16	12	12
기타	3	4	4	4	18	18
전국	12	13	17	77	82	106

있는 변전소는 GIS 변전소이며, 이 변전소의 경우 GIS 설비 일부분인 31.5kA차단기를 차단내력 50kA차단기로 교체한다는 것은 GIS 구조상 거의 불가능 상태이다. 계속 증가되고 있는 154kV 전력계통 고장전류를 고려하여 154kV차단기 차단내력 31.5kA가 함께 설치되어 있고 154kV 변전소 고장전류가 31.5kA를 넘는 경우는 31.5kA차단기를 50kA차단기로 교체하는 것이 바람직하다. 이와 같이 기존의 31.5kA차단기를 50kA차단기로 교체하게 되면 연계선로 분리 및 모선 분리 개소가 감소될 것이다.

8. 결 론

계속되는 수요 증가로 인하여 전원 및 송변전설비 신증설이 이루어지고, 이로 인하여 전력계통의 등가임피던스가 점점 작아져서 전력계통의 고장전류가 지속적으로 증가되고 있다.

전력계통의 단락고장전류는 단락 발생시부터 시간의 경과와 더불어 감소하게 된다. 우리 나라 송전계통에 적용되고 있는 차단기 정격차단시간은 3사이클이다. 현재 우리나라에서 적용하는 고장전류 계산 결과는 차단기의 차단시간을 고려한 IEEE규격 또는 IEC규격을 적용한 고장전류 계산결과보다 작게 된다. 특히 전원이 가까운 지점에서의 계산 오차가 더욱 커지게 되므로 앞으로 이의 개선이 요망된다.

전력계통 고장전류가 증대되는데 따라 차단기 차단내력을 크게 하는 데는 기술적 및 경제적 한계가 있어 현재 사용중이거나 또는 앞으로 채택할 차단기 차단내력 이상으로 크게 하는 것은 어렵다. 그러므로 전력계통의 고장전류가 차단기 차단내력을 상회한 경우는 고장전류를 억제하는 적극적인 대처방안을 강구해야 한다. 전력계통의 고장전류를 억제하기 위해 연계선로를 분리하는 것은 별도의 시설투자 없이 주어진 전력계통에서 간편하고 편리

하게 적용할 수 있는 효과적인 방법이다.

주어진 전력계통에서 연계선로를 최적의 상태로 분리하는 것은 그렇게 용이하지 않다. 즉, 고장전류를 저감시키기 위하여 연계선로를 분리하면 이로 인하여 인접 전력설비 과부하 발생, 전압 변동 심화, 전력공급 신뢰도 저하 및 안정도 저하와 같은 문제점들이 일어날 수 있다.

지속적인 수요증가로 전원설비가 증대되고 있으며 또한 전력공급의 신뢰성 향상과 계통운용의 유연성을 구비하도록 전력공급 루트가 2중, 3중 또는 4중으로 중복 구성되고 있어 전력계통 고장전류가 급격히 증가되고 있는 추세이다. 고장전류가 증가되어 차단기 차단내력을 상회하게 되면 고장 발생시 고장전류를 안전하게 차

단할 수 없어 차단실패, 차단기 소손 및 사고 파급과 같은 대형사고 발생 가능성이 높아진다. 따라서 대형사고를 방지하기 위해 연계선로를 분리하여 고장전류를 차단기의 차단내력 이하로 억제해야 한다. 우리 나라 전력계통은 전력공급의 주 골격인 345kV를 모변전소로 하고 154kV를 자변전소로 편성하여 154kV 전력계통을 방사상 형태로 운용함으로써 고장전류를 적정하게 억제할 수 있을 것이다.

그리고 154kV 전력계통을 방사상 형태로 운용하게 되면 계통 사고시 전력공급에 지장을 받게 될 경우도 있으므로 154kV 방사상 운용에 따르는 부득이한 전력공급 지장이 최소화 될 수 있도록 주요계통의 자동절체 시스템 조기도입이 적극 추진되어야 할 것이다. ■

〈참고 문헌〉

1. 단락용량 증가 억제를 위한 계통운전 방식 연구, 1991. 1, 한국전력공사
2. 계통운용 자료집, 1993년, 한국전력공사
3. 전력계통의 회로망 복구에 관한 전문가 시스템 적용 연구, 1995. 2, 이광호
4. 계통특성 개선설비 설치 타당성 검토 보고서, 1995. 11, 한국전력공사
5. '96장기 송변전 설비계획(1997년~2010년), 1996. 12, 한국전력공사
6. 1997년도 하계첨두 부하시 계통운용, 1997. 4, 한국전력공사
7. 송변전 설비 현황, 1997. 4, 한국전력공사
8. 154kV 전력계통 방사상 운용방안 수립에 관한 연구, 1997. 11, 한국전력공사
9. CYMBASE User's Guide & Reference Manual
10. CYMFAULT User's Guide & Reference Manual
11. CYMFLOW User's Guide & Reference Manual
12. CYMSTAB User's Guide & Reference Manual
13. IEEE Recommended Practice for Industrial Commercial Power System Analysis (IEEE BROWN BOOK)
14. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (IEEE RED BOOK)
15. Westinghouse Corp., "Electrical Transmission and Distribution Reference Book"
16. 電力用 遮斷器, 1975년 日本電氣學會
17. Power System Control and stability by P.M. Anderson & A.A. Fouad
18. Analysis of Faulted Power Systems by Paul M. Anderson