

제5차 전력수급기본계획에 따른 국내 전력계통 중장기 고장전류 전망 및 분석

신영균, 이성규, 오현진, 허연
한국전력공사

The Long-Term Outlook and Analysis of The Fault Current in Korea Power System

YoungKyun-Shin*, SungKyu Lee*, HyeonJin-Oh*, Youn Hur*
Korea Electric Power Corporation*

Abstract - 제5차 전력수급기본계획상 2014~2016년을 전후하여 경기북부지역 5.2GW, 충남서해안 6.9GW 등 발전설비의 특정지역 집중건설이 예정되어 있고, 해당 발전출력의 원활한 전송을 위해 계통보강이 이루어져야 한다. 발전설비 및 송전설비의 보강 집중에 따라 계통 고장전류 증가가 불가피한 실정이다. 특히, 우리나라 부하의 약 40%가 집중되어 있고 지역의 넓이에 비해 송전망의 밀집도가 매우 높은 수도권의 경우, 고장전류가 해당 변전소의 차단기 정격차단용량을 초과하는 문제로 인해 계통을 분리하여 운전되고 있는 개소가 전국 계통분리개소의 50%를 넘는다. 본 고에서는 향후 국내 전력계통의 고장전류 증가추이를 전망하고, BTB-HVDC의 적용 등 고장전류저감방안에 대해 논하고자 한다.

1. 서 론

우리나라 전력계통은 수도권 부하밀집지역(전국의 약 43%수준)과 지방의 주요 발전집중지역(충남 서해안, 남부 대규모 원전단지)으로 크게 구분된다. 근본적으로 안정적 전력수급 및 송변전설비건설 축소, 손실최소화 측면에서 지역단위의 수급균형을 유지하는 것이 가장 바람직한 계통계획이라 할 수 있으나 지나친 부하집중, 발전단지의 편중 등 현실적인 문제는 최적계통계획의 가장 큰 걸림돌이 될 수밖에 없다.

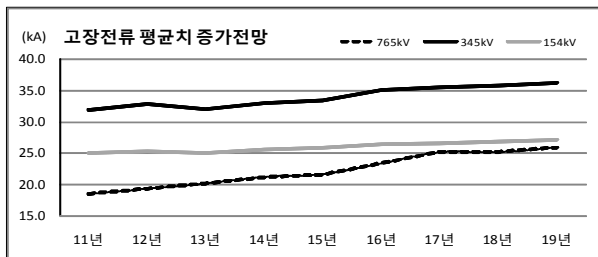
국내 여건상 수도권의 부하집중에 따른 수도권 계통 보강이 지속적으로 검토되고 있으나, 인천권 발전단지 집중, 수도권중심지역 설비보강 곤란, 최근의 경기북부 발전소 건설전망에 이르기까지 이에 따른 고장전류문제는 항상 쟁점사항이 되고 있다.

2. 고장전류 추이 및 전망

최근 제 5차 전력수급기본계획에 따르면, 수도권북부지역에 5.2GW, 인천권 1.9GW 등(폐지설비반영) 345kV 이상 초고압계통을 중심으로 한 집중적인 발전설비의 건설이 예정되어 있어 원활한 계통접속 및 전력수송을 위한 다각적인 검토가 필요한 실정이다. 특히, 이러한 발전설비의 집중적인 건설로 인해 기존의 고장전류 문제를 더욱 악화시키고 있어 이에 대한 대책이 시급하다.

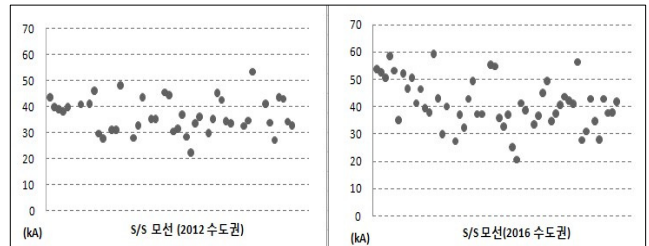
2.1 국내 초고압계통 중장기 고장전류 전망

향후, 국내 전력계통의 고장전류 추이를 분석하기 위해 2011년부터 2019년까지 국내 전력계통 계획데이터를 이용하여 PSS/E 3상 고장전류계산을 시행하였다. 다음은 전압별 고장전류(평균치) 증가추이를 보이기 위한 그래프로써, 특히 초고압(345kV 이상)계통의 고장전류 증가추세가 두드러진다.

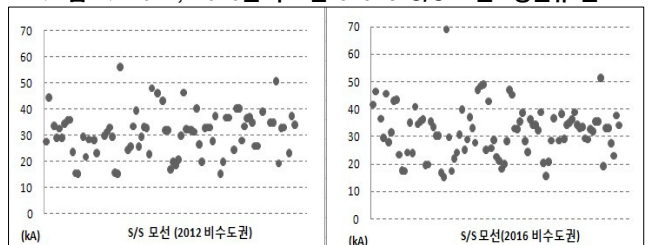


〈그림 1〉 전압별 고장전류 평균치 증가전망

다음은 345kV 이상 초고압계통 S/S의 수도권 및 비수도권 고장전류 전망(2012년 및 2016년)을 도식화한 것이다.



〈그림 2〉 2012, 2016년 수도권 345kV S/S 모션고장전류 분포



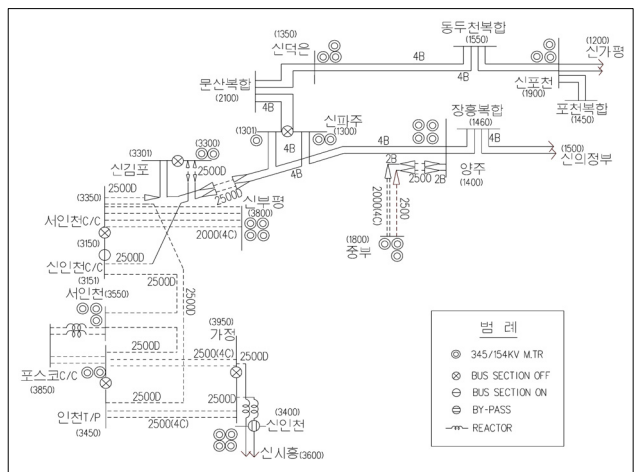
〈그림 3〉 2012, 2016년 비수도권 345kV S/S 모션고장전류 분포

〈그림2〉의 수도권 345kV 모션 고장전류 분포를 보면, 〈그림3〉의 비수도권에 비해 전반적으로 고장전류의 크기가 크며, 2016년 경기북부 발전설비 집중건설에 따라 그 증가세가 두드러진다.(실제 50kA를 넘어서는 345kV 변전소의 대부분은 경기북부 및 인천지역에 집중) 특히, 345kV 차단기 정격용량의 대부분에 적용되는 50kA를 넘어서는 개소가 다수 발생할 것으로 예상된다.

3. 수도권 고장전류 분석 및 대책에 대한 논의

3.1 수도권(경기북부) 고장전류 분석

앞에서 언급한 바와 같이 제5차 전력수급기본계획에 따라 경기북부지역에는 2014~2015년에 걸쳐 상당수의 발전소가 건설될 예정이다.(아래 〈그림 4〉 참조)



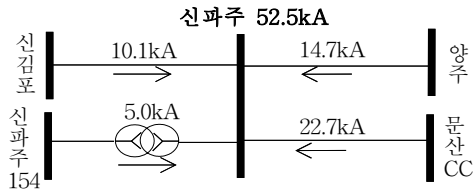
〈그림 4〉 2015년 인천-경기북부 계통

2014년까지 154kV 계통을 포함하여 수도권 고장전류 정격차단용량 초과개소는 단기적으로 일시초과개소(단기계통운영대책 적용)를 제외하고는 초과모선이 나타나지 않는다. 하지만 이는 인천지역 345kV계통의 고질적인 고장전류 문제해소를 위해 이미 다수의 변전소에 모선(계통)분리를 적용한 결과로서, 공급신뢰도 측면에서 큰 문제점을 야기하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 2015년을 전후하여 경기북부지역 주요 345kV모선 및 발전기 모선을 중심으로 차단용량 초과개소가 추가적으로 나타나고 있다.

여기서는 2016년 계통을 대상으로 고장용량 초과모선인 경기북부 신파주, 양주, 신덕은S/S의 고장전류 유입경로를 보이고, 고려되고 있는 대책에 대해 소개한다.

3.1.1 345kV 신파주S/S 고장전류 유입

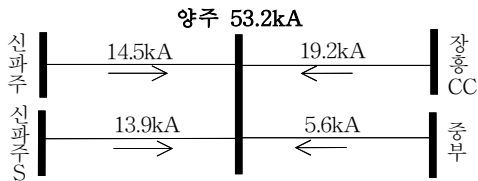
현재 345kV 신파주S/S의 경우, 2015년부터 정격차단용량 50kA를 초과할 것으로 전망되고 있으며, 2016년 고장전류는 52.5kA로 전망된다.



| 신파주S/S 고장전류 유입(단위 : kA) | | | | | |
|-------------------------|------|-----------|-----|-------------|------|
| 양주 (14.7) | | 신김포(10.1) | | 문산C/C(22.7) | |
| 신파주3S | 0.1 | 신인천CC | 6.9 | 신파주3S | 4.8 |
| 장흥CC | 11.2 | D.Tr | 3.2 | 신덕은3 | 15.2 |
| 중부3 | 3.5 | | | Gen. | 2.7 |

3.1.2 345kV 양주S/S 고장전류 유입

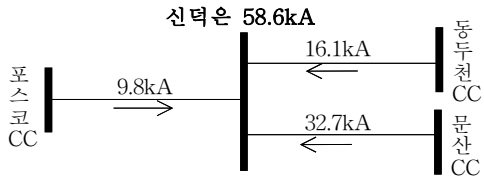
345kV 양주S/S의 경우, 2015년을 기점으로 정격차단용량 50kA를 초과할 것으로 전망되고 있으며, 2016년 고장전류는 53.2kA로 전망된다.



| 양주S/S 고장전류 유입(단위 : kA) | | | | | |
|------------------------|-----|------------|-----|-------------|------|
| 신파주(14.5) | | 신파주S(13.9) | | 장흥C/C(19.2) | |
| 문산CC | 6.1 | 문산CC | 7.1 | 의정부 | 15.4 |
| 신김포3 | 5.8 | 신김포3S | 5.1 | Gen. | 3.8 |
| D.Tr | 2.6 | D.Tr | 1.7 | | |
| | | | | D.Tr | 5.6 |

3.1.3 345kV 신덕은S/S 고장전류 유입

345kV 신덕은S/S 역시, 2015년을 기점으로 정격차단용량 50kA를 초과하고, 2016년 고장전류는 58.6kA로 전망되고 있다.



| 신덕은S/S 고장전류 유입(단위 : kA) | | | | | |
|-------------------------|-----|-------------|------|-------------|-----|
| 동두천C/C(16.1) | | 문산C/C(32.7) | | 포스코C/C(9.8) | |
| 신포천 | 9.4 | 신파주 | 15.1 | 서인천 | 4.6 |
| Gen. | 6.7 | 신파주S | 13.9 | Gen. | 5.2 |
| | | Gen. | 3.7 | | |

3.1.4 기타 경기북부지역 발전소 S/Y

제5차 전력수급기본계획에 따라 2014년 경기북부지역에 장흥복합(800MW), 문산복합(800MW), 포천복합#2(750MW) 및 동두천복합(1,500MW)의 건설이 예정되어 있다. 이에 상당수의 발전기 모선 역시 고장전류 50kA를 초과할 것으로 전망됨에 따라 수도권 서북부지역 계통구성과 발전설비 접속방안에 대한 전반적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

3.2 고장전류 저감대책에 대한 논의

기본적으로 차단기 용량을 초과하는 고장전류 대책으로 다음과 같은 대안을 제시할 수 있다.

- 차단기 용량 증대(50kA 또는 63kA 차단기로의 대체)
- 모선분리 및 선로개방을 통한 계통분리
- 한류리액터 설치를 통한 전원측 등가임피던스 증대

첫 번째, 차단기 대체방안은 가장 접근이 쉬운 대책이나 교체 비용이 상당할 뿐 아니라 고장전류의 근본적인 해결책이 되지 못한다. 두 번째 계통분리방안에 있어서 345kV이상 초고압 계통은 전계통 Loop 운전을 원칙으로하되 불가피한 경우 모선 Section CB 설치 또는 인출변경을 통해 부분분리를 일부 허용할 수 있으나, 공급신뢰도 측면에서 매우 불합리한 대안이다. 세 번째, 한류리액터 설치방안은 상대적으로 비용이 저렴하지만, 계통의 손실을 증가시키고, 큰 고장전류 저감에 한계가 있으며, 안정도 측면에 불리한 면이 있다. 최근 초전도 한류리액터의 적용이 좋은 대안으로 제시되고 개발이 활성화되고 있으나, 이 역시 345kV 초고압계통의 적용에는 다소 시간이 필요할 것으로 전망되고 있다.

앞 절에서 345kV 3개 모선의 고장전류 유입경로를 살펴보면, 상당부분 인천지역 발전단지로부터의 유입이 크며, 일부는 765kV 계통(경기북동)으로부터 유입되고 있다. 따라서, 인천지역으로부터의 고장전류 유입을 최소화할 필요가 있다.

여기서는 BTB(Back-to-Back) HVDC의 적용을 통해 위 해당 지역에 대한 고장전류 저감효과를 모의하였다. BTB-HVDC는 기존의 제주-해남간에 적용되고 있는 PTP (Point-to-Point) HVDC와 달리 한 지점에 2개의 변환소가 설치되어 계통구성을 변경하지 않으면서 계통을 분할하는 역할을 한다. 더불어, 수도권계통의 전압안정도 측면에 도움이 될 수 있다는 측면에서 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 판단되고 있다.

다음은 인천지역 발전단지로부터의 고장전류 유입을 억제하기 위해 신김포-신파주간 선로에 BTB-HVDC를 적용할 경우 2016년 위 모선들의 고장전류값을 보인 것이다.

〈표 1〉 신김포-신파주간 BTB-HVDC 적용 모선별 고장전류

| 고장모선 | 고장전류 | 연계모선 | 고장전류 |
|--------|----------------------|--------|------|
| 신파주S/S | 41.9kA (10.6kA ▽) | 양 주 | 14.2 |
| | | 문산C/C | 22.8 |
| | | D.Tr | 4.9 |
| 양 주S/S | 46.9kA (6.3kA ▽) | 신파주 | 11.2 |
| | | 신파주S | 10.9 |
| | | 장흥C/C | 19.1 |
| 신덕은S/S | 52.1kA (6.5A ▽) | 중 부 | 5.7 |
| | | 동두천C/C | 16.0 |
| | | 문산C/C | 23.8 |
| | | 포스코C/C | 12.3 |

시뮬레이션 결과, 이번 설비계획상 문제가 되고 있는 세 모선의 고장전류가 모두 상당부분 감소하여 차단용량(50kA) 이내 또는 근접한 값을 보이고 있다. (신덕은S/S의 경우, 별도 또는 추가적인 대책 필요) 또한, 경기북부의 발전소S/Y 모선역시 결과적으로 50kA 이내 또는 상당부분 저감되는 것으로 확인되었다.

4. 결 론

발전설비의 집중과 그에 따른 해당지역의 송변전설비의 보강은 특정지역의 고장전류를 증가시킨다. 특히, 인천지역 및 향후 수도권 북부지역의 고장전류 문제에 대한 해결을 위해 기존의 대책방안으로부터 벗어나 다양한 HVDC, 초전도기술 등 신기술의 적용을 모색하여 근본적인 대안을 제시할 필요가 있다. 여기서는 제5차 전력수급기본계획상 고장전류 전망과 이슈가 되고 있는 경기북부지역 고장전류문제를 해소하기 위한 접근으로 BTB-HVDC의 적용을 모의하고 그 효과를 보였다. 물론, 신기술의 적용 가능성을 전제로 하되, 경제성, 건설부지확보 등 현실적인 사안을 해결하는 일이 중요한 과제라 하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] 제5차 전력수급기본계획(2010~2024), 지식경제부, 2010.12
- [2] 장기송배전설비계획(2010~2024), 한국전력공사 계통기획실, 2011.03