

송변전설비 휴전조건에서 전력계통 안정운영방안 검토

이창근, 이은희, 주행로
전력거래소

The Change of Power System Reliability
During the Scheduled Outage of Transmission Facilities

Chang-Gun Lee, Woon-Hee Lee, Haeng-Ro Joo
KPX

Abstract 전력계통을 구성하고 있는 모든 설비들이 항상 운전 가능한 상태에 있지는 않다. 이는 설비들이 일상적인 유지보수를 위해 정지되기도 하고, 과열 등 이상 징후를 발견하여 사전 정비를 위해서 정지되기도 하기 때문이다. 또한 인근 설비의 신중설이나 계통 구성의 변경을 목적으로 정지되기도 한다. 이 처럼 예기치 못한 고장에 의해서가 아닌 의도적인 목적으로 설비를 정지시키는 것을 휴전이라고 하고, 해당 설비의 휴전조건을 반영한 단기간의 관련 계통에 대한 운영방안을 수립하는 것이 휴전검토이다.

한편, 전력계통 계획단계에서는 설비의 휴전상태를 별도로 고려하지 않기 때문에 많은 경우 휴전이 시행되는 지역은 당초의 계통운영방안에 비하여 취약한 계통 조건이 형성되고 있다.

본 논문은 실제 계통 사례를 중심으로 이와 같은 설비의 휴전 특히, 발전소 인출선로 및 근단의 휴전으로 인한 과도안정도와 과부하 측면에서 계통 취약성 심화 정도를 보이고, 이어서 이들 문제점을 해소하기 위한 방안과 그 비용을 간략히 계산하여 제시하고자 한다.

1. 서 론

올해 우리나라의 연간 송변전 설비 휴전 건수는 전력거래소 휴전승인 대상설비¹⁾만 고려하여도 약 1,200여건(전력거래소 발표, 2006년 11월) 이상으로 예상된다[1]. 이와 같은 수치는 동화절기 피크기간에는 전력계통의 안정적인 운영을 위하여 휴전작업을 가급적 자제한다는 점을 고려하면 매일 약 100~350건 정도의 설비가 항상 정지되고 있는 것이다. 더욱이 현재 우리나라 전력계통의 규모는 갈수록 증가 추세에 있고, 기원설비의 노후화 등을 고려하면 휴전 건수는 앞으로도 지속적으로 증가될 것으로 예상된다.

한편, 휴전되는 설비의 증가는 인근 지역 선로나 변압기의 과부하, 변전소 저전압, 그리고 발전소의 안정도 저하 등의 문제를 안고 있다.

본 논문에서는 우리나라 345kV 화성변전소의 용량부족 차단기 교체공사와 관련된 모선 및 선로휴전으로 인해 발생하는 문제점들을 소개하고, 해소 방안과 계약비용을 간단히 계산하여 제시하기로 한다. 다만, 휴전검토는 앞서 언급한 것과 같이 매일 100~350건 정도를 15일 정도의 제한된 기간 내에 검토하여 단기적인 방안을 수립하여야 하므로 최적의 방안을 도출하는 데에는 어느 정도 한계가 있음을 미리 밝혀 두고자 한다.

2. 본 론

2.1 휴전작업 개요 - 345kV 화성변전소 용량부족 차단기 교체공사

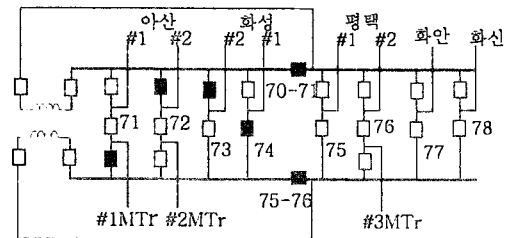
현재 한국전력은 중부권 지역의 고장전류 해소 대책으로 345kV 한류리데이터 선지와 기존의 40kA급 차단기를 50kA급으로 대체하는 작업을 2008년 4월 차공을 목표로 진행 중에 있다. 본 작업을 위해 345kV 화성변전소 모선과 해당 모선에 접속된 아산, 화성, 평택T/L, MTr 등 관련 설비의 휴전이 필요한 상황이다.

화성변전소를 중심으로 인근 계통 부성을 간략히 요약하면, 아산T/L과 평택T/L을 통해 인근의 태안, 당진, 평택화력의 발전력이 유입되고, 유입된 발전력은 화성, 화안T/L 및 MTr를 통해 화성변전소 154kV 계통, 서서울변전소, 그리고, 신안산변전소로 전력을 공급하고 있다. 또한 많은 발전소가 전기적으로 가까운 지역에 위치하고 있기 때문에 고장전류가 초과하고 있어 그림 1a와 같이 모선을 분리하여 운영하고 있다.

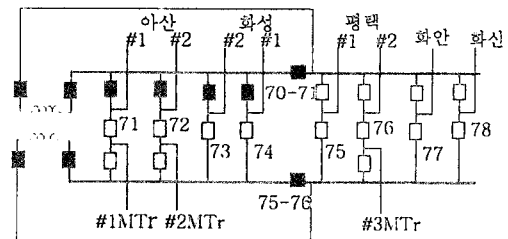
2.2 휴전작업 전후의 과부하를 검토

1) 전력거래소 휴전승인 대상설비에는 345kV 이상 설비와 154kV 설비 중 해당 설비의 휴전으로 인해 계통운영 및 구성에 영향을 주는 설비를 대상으로 하고 있고, 154kV 설비의 비율은 전체 154kV 설비의 약 30% 정도이다.

그림 1의 a와 b에 화성변전소 #70모선 휴전작업 전후의 단선도를 간략히 표시하였다.



< 그림 1a> 345kV 화성변전소 정상운영 시 단선도



< 그림 1b> 345kV 화성변전소 #70모선 휴전작업 시 단선도

여기서, ◻ : 차단기 개방, □ : 차단기 투입

그림 1의 각 단선도에서 71Bay의 투입된 차단기 1대가 고장 난 경우 선비상태를 살펴보면 다음과 같다. 화성변전소의 휴전이 없는 정상운영시에는 아산#2, 화성#2T/L과 #2MTr이 #75모선에 연결되어 운영가능 하지만, 휴전이 적용되었을 때는 아산#2T/L만이 중앙차단기를 통해 #2MTr과 직결되어 운전된다.

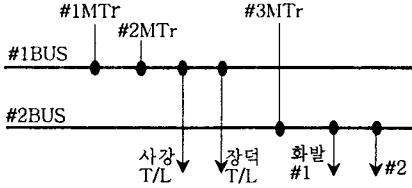
위 상정고장을 07년 11월 3주차 예상계통에 적용하면, 화성변전소 #2MTr의 부하율은 약 140%와 220%로써 큰 차이를 보인다. 이것은 정상 운전시에는 상정고장이 발생하여도 아산#2T/L의 조부가 #2MTr과 화성#2T/L로 분산되어 흐르지만, 휴전조건에서는 #2MTr로만 아산#2T/L의 조부가 집중되기 때문이다.

현재, "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준"[2]에는 전력계통에 고장이 발생하더라도 설비의 과부하율이 150%를 초과하지 않도록 규정하고 있으므로, 상기의 휴전작업을 시행하기 위해서는 사전에 적절한 조치를 취하여 과부하율을 150%이하로 낮추어 주어야 한다.

2.3 휴전작업 조건에서의 화성변전소 운영방안

전력계통에서 위와 같은 과부하가 발생했을 때에 취할 수 있는 조치사항은 크게 계통 구성의 변경과 발전력 조절로 나누어 생각할 수 있다. 계통구성 변경에는 선로의 투입 혹은 개방, 모선의 통합 혹은 분리가 있을 수 있다. 본 사례의 경우에 발전력을 조절하기 위해서는 태안, 당진 지역의 발전력을 감감하여야 하지만 과부하율을 150% 이하로 낮추기 위해 사전에 감감하여야 하는 양이 마다 하므로 비용과 계통 예비력 확보 측면에서 현실성 없는 방안이 된다.

화성변전소 154kV 모선은 현재 통합 운영 중이지만, 상정고장시의 과도한 과부하를 해소하기 위한 방안으로 154kV 화성변전소 모선을 분리하였다. 그림 2는 운영방안이 적용된 화성변전소 154kV 모선구성을 나타내었다.

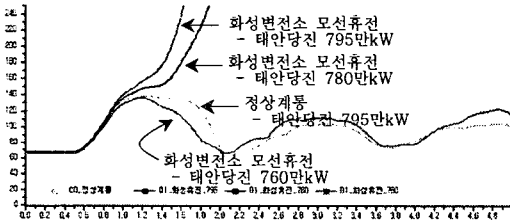


〈그림 2〉 154kV 화성변전소 모선분리 방안

상정고장 시, 345kV 화성변전소의 #2MTr에 220%의 과부하가 발생하는 것은 화성변전소 계통 자체의 부하량이 높아서라기 보다는 태안, 당진지역의 높은 발전력(07년 11월 3주차 예상계통 기준 108만kW)이 아산#2T/L-#2MTr-화발#1,2T/L을 통해 계통으로 흘러들어가기 때문이다. 이와 같은 경우, 화성변전소 계통부하를 타 계통으로 이전하는 것은 #2MTr의 과부하를 완화시키기 어려우므로 효과적인 방안이 될 수 없다. 그림 2의 모선구성은 345kV 아산#1,2T/L과 #1,2MTr을 방사상 계통인 사강, 조암, 장덕변전소와 연결시키도록 하여, 상정고장이 발생하더라도 아산T/L을 통한 조류유입을 사전에 차단하도록 한다.

2.4 154kV 화성변전소 모선분리 후, 태안당진계통 과도안정도 검토

위와 같은 모선구성은 상정고장 발생시 화성변전소의 과부하율을 효과적으로 감소시킬 수 있는 방안이다. 하지만, 154kV 연계구성을 살펴보면, 기존의 154kV 모선이 통합된 경우는 MTr 3대를 통해 계통과 연계되고, 화성변전소 모선이 분리되면 MTr 1대 만이 계통과 연계되기 때문에 태안, 당진화력 지역의 과도안정성은 취약해 진다. 그림 3에 각 사례별로 태안, 당진화력 지역의 과도안정도 검토결과를 나타내었다. 검토조건은 태안화력 8기, 당진화력 8기 운전 상태이고 총발전력은 795만kW이다. 인근 부곡복합발전소는 50만kW 운전되는 것으로 가정하였고, 765kV 신서산T/L 2회선 고장을 상정하였다. 이 경우, 태안당진지역의 고장파급방지막치는 당진화력 4기를 차단되도록 설정되어 있다.

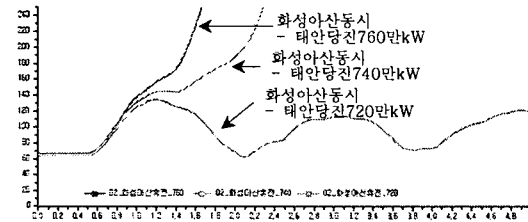


〈그림 3〉 345kV 화성변전소 모선분리 후, 과도안정도 검토결과

그림 3의 결과를 통해, 345kV 화성변전소 모선 휴전기간 중, 765kV 신서산T/L 2회선 고장대비, 태안당진화력 지역의 과도안정도를 확보하기 위해서는 동 발전기의 출력합계를 760만kW 이하로 운전하여야 함을 알 수 있다.

2.5 345kV 아산T/L 1회선 휴전 중, 태안당진계통 과도안정도 검토

앞서 언급한 바와 같이, 화성변전소의 차단기 대체공사는 해당 변전소 모선뿐만 아니라 일정 기간 동안은 아산 및 화성T/L이나 MTr 등도 함께 휴전을 시행하여야 한다. 본 검토에서는 이들 관련 설비 중 태안당진 지역 과도안정도를 가장 취약하게 하는 아산T/L의 휴전에 대하여 검토하고 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 검토조건은 화성변전소 모선 단독휴전과 동일하게 적용하였다.



〈그림 4〉 화성모선 및 아산#1T/L 동시휴전 시, 과도안정도 검토결과

그림 4의 결과를 통해, 345kV 화성변전소 모선과 아산T/L 1회선을 동시에 휴전시행 하여야 하는 기간에는 765kV 신서산T/L 2회선 고장대

비, 태안당진화력 지역의 과도안정도를 확보하기 위해서는 동 발전기의 출력합계를 720만kW 이하로 운전하여야 함을 알 수 있다.

2.6 휴전작업 조건에서의 제약비용의 산출

사업자가 전력시장에서 실제로 부담해야 하는 제약비용을 정확히 산출하기 위해서는 해당 제약이 발생한 날의 시간대별 SMP, 휴전으로 인해 감발제약을 적용받는 모든 발전기의 정확한 연료비와 용량요금, 제약 발전기를 대신하여 운전할 발전기들의 연료비와 용량요금, 그리고 계약적 용 전의 시간대별 발전기 기동정지비용 등을 모두 파악하여야 한다. 하지만, 월간 휴전검토는 휴전작업이 시작되는 시점을 기준으로 약 1개월 전에 수행되기 때문에 사전에 위의 사항을 정확히 파악하기에는 어려움이 있으므로 제약비용을 정확히 산출할 수는 없다. 본 논문에서는 휴전 검토시점에서의 감발 대상 발전기의 연료비와 평균 SMP, 제약량 등을 이용하여 식 1)과 같이 계약적으로 산출하였다.

$$1) \text{ 제약비용(원)} = (SMP[\text{원/kWh}] - \text{감발발전기 연료비}[\text{원/kWh}]) \times 24[\text{h}] \times \text{제약량}[\text{kWh}] - 1)$$

식 1)을 이용한 각 작업별 제약비용을 [표 1]에 나타내었다.

〈표 1〉 휴전작업별 연료비 기준 제약비용

구분	제약량 [만kW]	기간 [일]	비용 [백만원/일]	
			1일	총계
화성모선 단독휴전	35	26	588	15,288
화성아산 동시휴전	75	4	1,260	5,040

연료비가 낮은 발전기가 감발제약을 적용받고, 이들 발전기를 대신하여 SMP 이상의 높은 연료비 발전기가 운전되어야 하므로, 위와 같이 산출된 금액은 휴전작업으로 인해 전력계통 운영차원에서 추가적으로 발생하게 되는 계통운영 비용을 의미한다. 이는 제시한 금액의 정확성 여부를 떠나 전력계통에서 휴전으로 인해 상당한 금액의 비용이 추가적으로 발생됨을 보이기 위함이다. 이번의 제약비용 계산에는 추가 증발이 가능한 일부 운전 중인 발전기는 고려하지 않았다.

3. 결 론

우리나라는 전력계통 규모의 꾸준한 증가로 인해 매년 휴전 대상 설비가 증가하는 추세에 있다. 특히, 최근에는 과거 발생한 고장과 유사한 고장을 사전에 예방하려는 차원에서 노후 설비의 교체 작업이나 고장 발생을 사전에 진단하기 위한 통신 설비의 설치 등도 휴전 작업을 증가시키는 주요 원인으로 작용하고 있다.

본 논문에서는 07년 11월 한국전력의 휴전요청 설비 중 345kV 화성변전소 용량부족 차단기 교체공사와 관련하여 해당 변전소의 모선휴전과 아산T/L 휴전작업을 사례로 하여 휴전 조건에서의 과부하 및 과도안정도 상의 문제점과 이를 해소하기 위한 단기 운영방안을 소개 하였다. 또한 이들 휴전으로 인해 발생하는 제약비용을 연료비를 기준으로 간략히 계산하여 제시하였다.

전력계통을 안정적으로 운영하기 위해 기존 설비를 유지보수 하고 보강하여야 함은 분명하다. 하지만, 계통에서 다수의 설비가 휴전된다는 것은 그 만큼 계통의 취약성을 증대시키는 결과를 낳고 있다. 특히, 앞서 보인 바와 같이 현재 우리나라 계통에서 상당수의 설비들은 휴전작업을 시행하기 위해 높은 제약비용을 추가로 지불하고 있는 형편이다.

전력계통에서 휴전작업을 시행하더라도 계통취약성과 비용을 최소화할 수 있는 방법은 계통계획 단계에서부터 휴전조건을 고려하는 것이다. 하지만, 휴전조건은 무수한 경우의 수를 가지고 있고, 이러한 휴전상황을 모두 고려한다면 그만큼 계획단계에서부터 막대한 추가 비용이 소요될 수 있으므로 실현이 쉽지 않은 문제이다. 따라서 보다 현실적인 방법을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 발전소 인근 설비 혹은 발전기 운영 상황에 따른 영향이 큰 설비는 해당 발전기의 예방정비 일정을 사전에 고려하여야 한다. 둘째, 계통에서 장기적으로 인입한 설비는 비록 휴전 방안 수립이 가능한 경우라도 급속적 작업 일정 중단을 지양하여야 한다. 셋째, 설비의 정기적인 점검이나 신증설 계획은 대부분 1년 전에 계획이 가능하므로 사전에 휴전계획을 면밀히 검토한 후 제약 상황을 고려하여 일정을 수립하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 산업자원부, "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준", 2005.1
 [2] 한국전력거래소, "07-08년도 송변전설비 연간휴전계획", 2006. 11