

아크로 긴급 차단 시 계통 전압변동 영향 평가

박현택*, 김재철*, 임상국**, 오동환***
 숭실대학교*, 에너지관리공단**, 포스코***

Assessment of effects on Arc-Furnace Load cutailment in Emergency

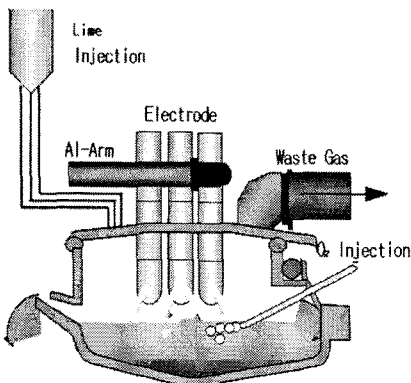
Hyun-Taek Park* · Jae-chul Kim* · Sang-Gug Im**, Dong-hwan Oh***
 Soongsil Univ*, KEMCO**, POSCO***

Abstract - Arc-furnace is one of the large loads in the electric power system. When the arc-furnace operates, it may cause a bus voltage fluctuation in the power system, because it consumes a lot of reactive power. In this paper, we simulated this phenomenon by using a PSAF program with on-site measured arc-furnace load for different amount of cutailment load

1. 서 론

최근 미국 북동부 8개주 및 캐나다 동부지역에 피해 규모 5천만명, 피해액 50억불~100억불로 추정되는 광역정전 사고가 발생하였다. 국내의 경우도 2003년 태풍으로 인하여 발생한 송전선 사고로 거제도에 발생했던 정전사태는 이러한 문제가 우리의 재난으로 다가올 수 있음을 보여주었다. 또한 새로 개설된 765kV선로의 사고 발생시 국가 전체가 대정전으로 이어질 수 있다는 연구결과가 논문 및 보고서 등으로 발표되고 있다.

또한 우리나라의 전력계통은 발전력과 부하의 편중현상이 심하여 남부지역에는 선로안전성 운영제약에 따라 선로의 총 용량을 모두 사용할 수 없어 값싼 발전력이 아무리 많더라도 발전할 수가 없다. 따라서 발전력이 많은 곳에서는 최대로 발전을 할 수가 없게 되어 이쪽 부분은 비상시 차단 가능한 부하가 있더라도 이를 차단하는 것은 계통 입장에서는 아무런 이득이 없다. 따라서 아크로의 분포 비중이 높은 경인지역의 아크로를 차단하는 것이 가장 효과적인 차단 방법이라 할 수 있다.[5]



[그림 1] 아크로 구성

아크로는 전력사용량이 적은 일반 수용가에 비해 전력 사용규모 및 영향이 매우 큰 단일부하 집중설비로서 국가 비상시나 긴급 상황 시에 부하차단 등의 수요관리 프로그램의 접근성이 매우 용이하다. 아울러 전체 매출액

대비 전력사용비중이 매우 높고, 전력원단위가 타 산업에 비해 낮기 때문에 부하차단 시 발생할 수 있는 보상비용등이 타 수용가에 비해 매우 저렴하다는 큰 장점이 있다.[13]

계통 운전이 경제적인 측면에서 고려될 때는 계통이 정상적인 상태일 때라 할 수 있다. 반면에 계통이 정상적인 상태를 벗어나게 되면 경제성 보다는 계통 전체에 전력을 공급할 수 있는 조건, 즉 안정성이 더욱 우선되게 된다. 본 논문에서는 계통이 정상적인 상태를 벗어난 조건 즉 긴급시 모의 계통도를 구성하여 아크로 비상시 부하차단시의 전압변동을 분석하였다.

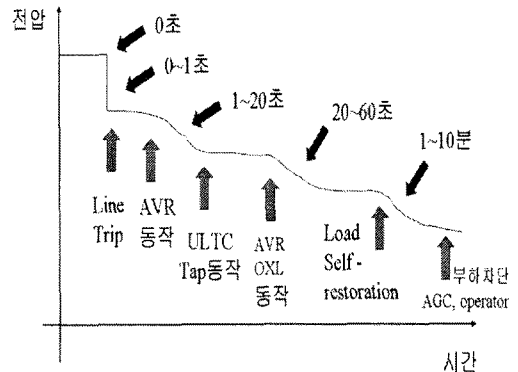
전압 변동을 분석하기 위하여 IEEE-14모션을 이용하여 샘플 계통도를 구성하였다. 그리고 실측된 아크로 부하패턴 중 부하차단시의 전압변동의 효과를 최대한으로 보기 위하여 무효전력을 가장 많이 소비하는 시점을 전후로 시뮬레이션을 실시하였다.

또한 부하 차단량에 따라 차단 가능시간이 틀리므로 부하차단량을 가정하여 가정된 부하차단량을 바탕으로 시뮬레이션을 실시하여 부하차단시의 시간에 따른 전압변동을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 부하차단 정의

전력계통에서 선로 사고 및 발전기 사고와 같은 상정 사고가 발생한 경우에 전력계통의 운용이 지속적으로 유지될 수 있도록 개선 조치를 세워야 하는데, 이에 대한 대책으로서 부하차단(Load Shedding)은 실행이 가능한 새로운 운영상태를 위하여 전력계통에서 강제적으로 취하는 조치이다. 즉 제어가 가능한 모션에서 강제적으로 부하를 차단함으로써 새로운 계통의 안정적인 운전상태를 실현하기 위하여 시행하는 전략이 부하차단 이다.

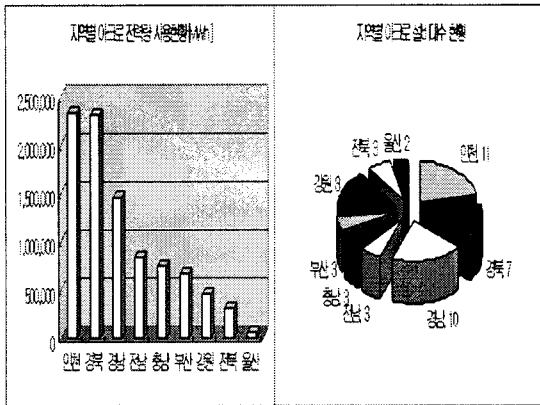


[그림 2] 일반적인 전압 붕괴 과정의 예

즉, 전압에 불안정 현상을 동반하는 일련의 사건들이 전력계통에 광범위한 부분에 매우 낮은 전압을 야기하는 과정에서 전압 불안정 현상이 발생한다. 따라서 계통의 전압 및 주파수를 안정상태로 유지하기 위하여 [그림 2]와 같이 개선조치를 취하다 마지막 조치로 강제 부하차단을 실시한다. 이러한 경우의 부하차단은 비상시 부하차단이라 할 수 있다. 반대로 안정된 상태에서의 부하차단은 직접부하제어의 의미가 더욱 강하다. 즉 전력공급비용을 줄이기 위해 에너지이용효율향상, 에너지 절약 차원에서의 부하차단이다.[5]

2.2 아크로 분포 현황

국내 산업용 전기로 중에서 아크로의 분포현황을 살펴 보면, 경상지역에 가장 많은 12개 업체가 존재하고 있으며, 설비대수로도 가장 많은 23대가 분포하고 있다. 이는 경상지역에서 포항, 울산, 마산 및 창원 지역에 있는 산업공단을 위주로 분포하고 있었다. 아크로 사용전력 면에서도 전체 아크로 사용전력에 비해서 46.2%의 높은 비중을 차지하고 있었다. 설비대수 면에서 다음으로 많은 분포를 보이고 있는 지역은 경기지역으로 주로 인천지역에서 분포하고 있으며 전기로 사용전력이 28.0%의 비중을 차지하고 있었다.[2]



[그림 3] 일반적인 전압 붕괴 과정의 예

이와 같이 아크로의 전력사용량이 상당히 커서 긴급시 수분에서 수십분가량의 부하차단시 기대대는 효과 또한 상당히 크다. 하지만 아크로의 부하차단시 후 공정을 고려하여 생산량의 피해를 최소화해야 한다.

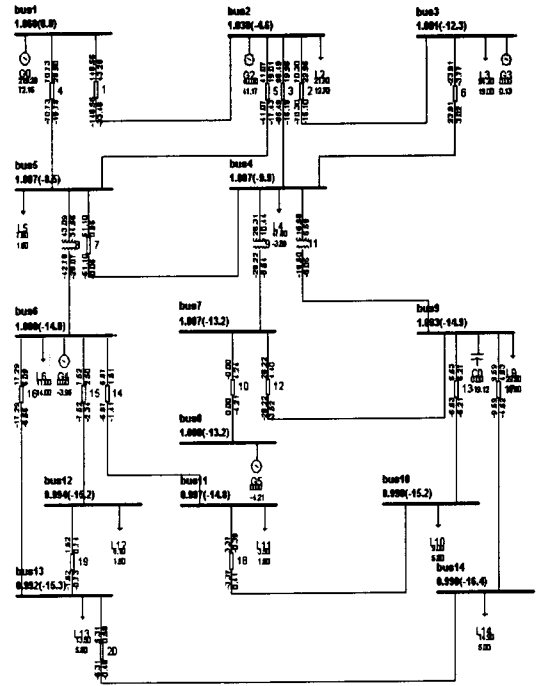
2.3 모의계통 시뮬레이션

긴급시 아크로의 부하차단을 시뮬레이션 하기 위하여 제철소의 계통구성과 가장 흡사한 IEEE-14모선을 이용하여 모의 계통을 구성하였다.

또한 부하차단의 시나리오를 구성하기 위하여 모의 계통에서 154kV에서 22.9kV로 강압시키는 변전소 3개 지역중 가장 영향이 큰 두지역의 변전소 변압기의 사고를 가정하여 부하차단시의 전압변동을 해석하였다.

부하차단시 계통해석을 위하여 입력데이터의 부하패턴을 2회 용해 주기의 패턴으로 가정하였고 또한 이중 1차용해시로 가정하여 시뮬레이션을 간략화 하였다.

시뮬레이션은 아크로 부하패턴의 한 주기인 64회 실시 하였으며 이때 나타나는 모선의 전압변동을 그래프로 도출하였다.



[그림 4] 모의 계통도 (IEEE-14모선)

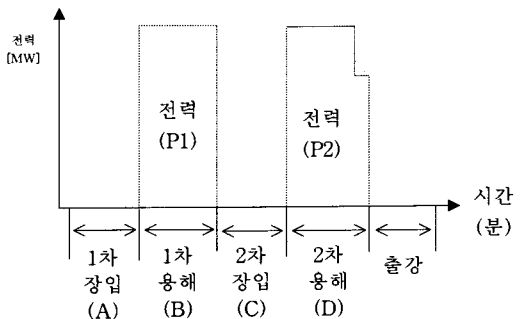
2.3.1 모의 계통 구성현황

모의 계통도를 [표 1]과 같이 구성하였다.

[표 1] 모의 계통 구성 현황

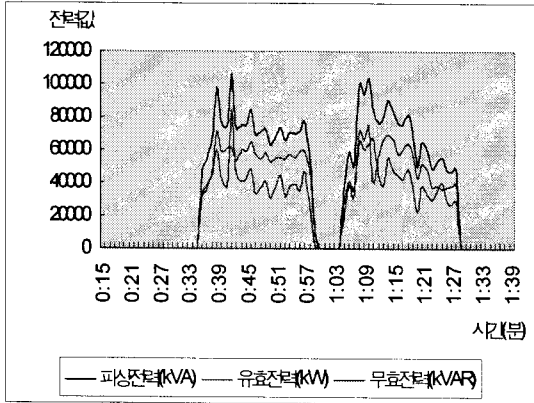
계통 구성	구성수	비고
모선	14	.
선로	17	.
발전기	5	기준발전기(1)
부하	11	.
변압기	7	.

2.3.2 아크로 부하 패턴



[그림 5] 2회 용해 주기를 갖는 형태

일반적으로 전기 아크로는 고철의 장입 방법에 따라 소비패턴이 달라진다. 일반적으로 2회 장입 또는 3회 장입을 하고 있으며 비철 금속 업종의 경우는 연속식에 가까운 운전 패턴을 보이고 있었다. 장입 횟수에 따른 패턴을 정형화하기 위해 2회 용해주기와 3회 용해주기로 구분된다.[13]



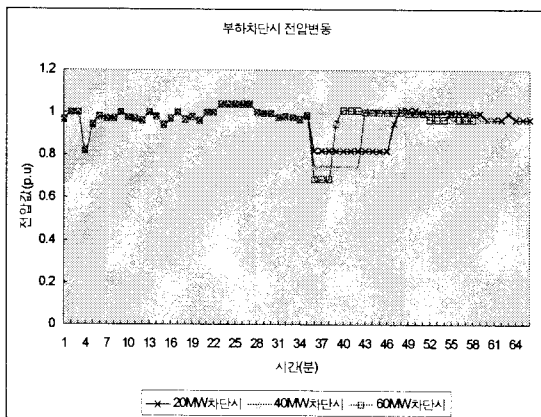
[그림 6] 모의 계통 시뮬레이션 부하 데이터

또한 부하차단시 계통 전압변동을 확인하기 쉽게 하기 위하여 아크로 부하패턴의 무효전력이 가장 높은 시점의 전후를 기준으로 부하차단 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 아크로 모션으로 가장한 곳을 제외하곤 일반적인 IEEE-14모션 입력 부하데이터를 사용하였다.

2.3.3 부하차단 시나리오

모의 계통도의 선로 용량 및 기타 발전기 용량을 고려하여 실제 진단된 아크로의 부하패턴으로 시뮬레이션을 실시하였다. 우선 변압기의 사고를 가정하여 1번 변압기와 3번 변압기의 사고를 모의하였다. 또한 선로의 용량 초과로 인한 전력 공급 불가능한 상태 또한 시뮬레이션 하였다. 이중 가장 심하게 나타나는 전압변동 그래프를 도출하였다.

부하차단량에 따른 차단 가능시간의 가정에 따른 전압 변동 시뮬레이션을 실시하였다.



[그림 7] 부하 차단시 전압 변동 그래프

3. 결 론

본 논문에서는 아크로의 실측된 부하패턴을 바탕으로 아크로의 부하차단 가능 량에 따른 전압변동을 시뮬레이션 하였다. 일반적으로 산업용중의 하나인 아크로는 제철소 내의 생산성을 유지하기 위하여 부하차단 량에 따라 차단 가능시간이 틀려진다. 즉 같은 양의 철을 용해하기 위하여 필요한 에너지는 일정하다. 따라서 부하차단 량에 따라 차단 시간을 다르게 시뮬레이션 하였다. 즉 부하차단으로 인한 열 손실을 고려하지 않을 경우 차단 량과 시간의 관계는 비례적으로 증가한다.

아크로는 전력을 많이 소비하는 대용량 설비 이기 때문에 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 부하차단 시 전압변동 측면에서의 차단효과는 매우 크다는 것을 알 수 있다.

앞으로 추가적인 연구에서 부하삭감 량에 따른 차단가능 시간을 더욱 세밀화 하여 그때의 정전비용을 산출하여 적절한 긴급 부하차단시의 보상비용에 대한 방법론을 제시해야 할 것으로 사료된다.

본 논문을 바탕으로 아크로의 부하차단 가능성을 확인 하였으며 나아가 아크로의 수요관리 가능성의 기본 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2003-B-474) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] "2002년도 에너지총조사 보고서" 에너지경제연구원, 산업자원부, 2003.6
- [2] "전기수요관리진단 종합보고서" 에너지관리공단 한국전력공사, 2002.1
- [3] "2002 열처리로 & 공업로총람", 공업로협회, 2002.9
- [4] "공업로 & 유도로의 응용과 활용기술", 공업로협회, 1999.9
- [5] "직접부하제어 사업활성화를 위한 적정 지원금 산정방안 연구" 건국대학교, 에너지관리공단, 2002.1
- [6] 한국전력공사, 전력수요관리 이론과 실무, 2002.11
- [7] "2002년도 전력수요관리사업 수행결과 보고서(1)" 한국전력공사, 산업자원부, 2003.1
- [8] 한국철강협회, 2000년도 철강생산능력, 2001.3
- [9] 직접부하제어의 효율적 활성화 방안, 에너지관리공단
- [10] "산업용 전기로가 전력계통에 미치는 영향" 보고서, 에너지관리공단, 2003
- [11] "생산과 전기", 일본 월간지 2002.3 각 월호
- [12] "2000년도 철강 생산 능력", 한국철강협회, 2001.3
- [13] "산업용 전기로가 전력계통에 미치는 영향" 에너지관리공단, 2003
- [14] "전기로서 발열반응을 이용한 에너지 절약 방안" 금속제련학술회의, 1995
- [15] "전기로의 특수강 생산성 향상 기술" 재료마당, 제 13권 3호, 2000.6
- [16] "전기협회보" 일존 전기협회 2002, 3 각 월호