

광양제철소 154KV계통 운전방안 개선

김정하*, 김봉희**, 김지윤***, 강영갑****, 객인철****
 포스코건설*, 명지전문대**, 동국대***, 포스코****

The improvement of the 154KV power system in Kwang-Yang steel works

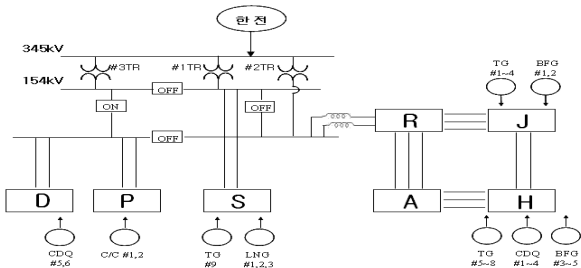
Jeong-Ha Kim*, Bong-Hee Kim**, Ji-Yoon Kim***, Young-Kab Kang****, In-Cheol Kwak****
 POSCO E&C*, Myoungji College**, Dongguk University***, POSCO****

Abstract - 전기설비의 경우 설비의 중요성등을 고려하여 수전 LINE과 같이 중요한 설비들은 이중화를 통하여 1 LINE이 고장이 생겨도 잔여회선 또는 잔여 변압기로 무정전으로 전원공급을 할 수 있어야 한다. 그러나, 광양제철소 154KV 전력계통은 고장전류 때문에 345/154KV 주 변압기 3대를 분리하여 #1 TR은 S변전소(1계열), #2 TR은 R,J,H,A 변전소(2계열), #3 TR은 D, P 변전소(3계열)의 전력공급을 담당하고 있다. 본 논문에서는 1,2,3계열 분리운전 방안에 대하여 고장전류계산 및 전력조류계산을 통하여 전력계통구성을 검토하고 개선방안으로써 1,2계열 병렬운전, 2,3계열 병렬운전, 1,3계열 병렬운전에 대하여 고장전류 및 전력조류를 수행하여 고장전류 저감방안, 발전기 이설, 부하이설등의 검토를 통하여 병렬운전 가능한 방안을 찾고 궁극적으로 계통안정도에 문제가 없는 범위에서 최적의 개선방안을 찾고자 한다.

1. 서 론

1.1 전력계통구성도

광양제철소 간선 전력계통구성도는 <그림 1>과 같으며 1계열(S변전소), 2계열(R,J,H,A 변전소), 3계열(D,P 변전소)로 구성되어있다. 154KV 계통의 차단기 차단용량이 31.5KA로써 단락용량 때문에 1,2,3계열 분리운전을 하고 있다.



<그림 1> 전력계통 구성도

1.2 계열별 부하량

1,2,3 계열별 부하량을 집계한 결과 <표 1>과 같으며 최소부하는 1,513MW, 최대부하는 2,084MW로 가정한다.

<표 1> 계열별 부하량

| 구분 | PEAK | | BASE | |
|-----|-------|---------|-------|---------|
| | P[MW] | Q[MVAR] | P[MW] | Q[MVAR] |
| 1계열 | 525 | 98 | 231 | 71 |
| 2계열 | 1215 | 332.4 | 973 | 290.4 |
| 3계열 | 344 | 124.7 | 309 | 108.4 |
| 합계 | 2084 | 555.1 | 1513 | 469.8 |

1.3 발전기 가동조건별 발전량

발전기 가동조건별 발전량은 <표 2>와 같으며 G1이 발전기 최대발전, G4가 발전기 최소발전 Case이다.

<표 2> 발전기 가동조건별 발전량

| 구분 | G1 | G2 | G3 | G4 |
|-------|------|------|------|-----|
| P[MW] | 1956 | 1459 | 1192 | 942 |

1.4 발전 및 부하조건별 수전량

전력조류 검토시 위에서 살펴본 부하조건 2가지와 발전기 가동조건 4가지를 조합하여 계통구성별로 8가지 CASE의 SIMULATION을 검토하며 수전량 기준으로 보면 최대발전-BASE부하 조건에서 수전량이 가장 적으며 이때는 443MW를 역송(제철소에서 한전으로 전력공급)하게된다. 또한 최소발전-PEAK부하 조건에서 수전량이 가장 많으며 이때는 1142MW를 수전하게 된다. 발전 및 부하조건별 수전량은 <표 3>과 같다.

<표 3> 발전 및 부하조건별 수전량

| 구분 | 부하량 | 발전량 | 수전량 |
|----------------|------|------|------|
| 최대발전 - BASE 부하 | 1513 | 1956 | -443 |
| 최대발전 - PEAK 부하 | 2084 | 1956 | 128 |
| 최소발전 - BASE 부하 | 1513 | 942 | 571 |
| 최소발전 - PEAK 부하 | 2084 | 942 | 1142 |

2. 본 론

2.1 고장전류계산 전제조건 및 검토 Case

2.1.1 전제조건

고장전류 계산을 수행하기 위하여 ANSI/IEEE 방식을 기준으로 하며 발전기 가동조건은 전발전기가 가동되는 GI Case를 기준으로 한다.

2.1.2 고장전류계산 검토 Case

검토 Case는 먼저 현재 계획된 계통인 1,2,3계열 분리운전에 대하여 검토한다. 다음으로 병렬운전방안을 찾기위하여 먼저 1,2,3계열 전체 병렬운전은 고장전류가 너무커서 방안이 불가능하며 따라서, 병렬운전이 가능한 1-2계열 병렬운전, 1-3계열 병렬운전, 2-3계열 병렬운전 방안이 가능하도록 계통구성방안을 검토한다. 2계열은 단독계통으로도 차단기 차단용량을 상회할 예정이므로 병렬운전을 하기 위해서 고장전류 저감을 위하여 한류리액터로는 더 이상 한계가 있으며 고장전류원을 줄여 줄어야 한다. 고장전류원을 효과적으로 줄이기 위해서는 발전기를 다른 계통으로 이설하여야 하며 발전기만 이설시 전력계통 안정도 때문에 적정량의 부하이설도 필요하다. 부하 이설순위는 1냉연, 1산소, 2산소, 3산소 순으로 결정하였으며 발전기 및 부하는 3계열로 가되 4.8 T/G는 전원공급점이 없는 동부변전소로 1냉연은 부하중류가 유사한 후관변전소 그리고 1,2,3산소는 4.8 T/G가 후관변전소로 이설하였으므로 전력 BALANCE 및 전체 부하량을 기준으로 동부변전소로 이설하는 것이 가장 바람직하다. 그러나, 동부변전소 위치가 동호안쪽에 위치하여 부하이설시 ROUTE 및 투자비가 과다하게 소요되므로 4.8 T/G 및 1,2,3산소를 동부변전소가 아닌 후관변전소로 이설시도 검토 Case에 넣는다. 고장전류계산 검토 Case는 <표 4>와 같다.

<표 4> 고장전류계산 검토 Case

| 계통 조건 | Case No. | 계통 조건 |
|--|----------|---------------|
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> No. 10MB는 3계열에 접속 | SC41-G1 | 1,2,3 계열 분리운전 |
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 신수전 A-C B/S에 CLR7%(16.59ohm)설치 <input type="checkbox"/> No. 10MB는 3계열에 접속 | SC42-G1 | 1,3 계열 병렬운전 |
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 신수전 A-B B/T에 CLR7%(16.59ohm)설치 <input type="checkbox"/> #48 TG는 동부로 이설 <input type="checkbox"/> 1 냉연 → 후관 <input type="checkbox"/> 1 산소, 2산소, 3산소 II → 동부 | SC43-G1 | 1,2 계열 병렬운전 |
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 신수전 B-D B/S에 CLR7%(16.59ohm)설치 <input type="checkbox"/> #48 TG는 동부로 이설 <input type="checkbox"/> 1냉연 → 후관 <input type="checkbox"/> 1산소, 2산소, 1L, 2L → 동부 | SC44-G1 | 2,3 계열 병렬운전 |
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 신수전 A-B B/T에 CLR7%(16.59ohm)설치 <input type="checkbox"/> #48 TG는 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 1냉연 1산소, 2산소, 3산소 II → 후관 | SC45-G1 | 1,2 계열 병렬운전 |
| <input type="checkbox"/> 345 TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 신수전 B-D B/S에 CLR7%(16.59ohm)설치 <input type="checkbox"/> #4 TG는 동부로 이설 <input type="checkbox"/> #8 TG는 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 1냉연 1산소, 2산소 II, 2L → 후관 | SC46-G1 | 2,3 계열 병렬운전 |

2.2 전력조류계산 전제조건 및 검토 Case

2.2.1 전제조건

한전으로부터의 수전선로, 변전소와 변전소 사이 및 변전소에서 각 공장으로 연결되는 154kV급 선로의 Impedance는 저항(R)과 리액티스(jX)값 및 선로 작용 용량 (jB)을 고려하였으며, 그 외의 선로 Impedance는 저항(R)과 리액티스 (jX)값만 고려하였다.

2.2.2 전력조류계산 검토 Case

전력조류계산 검토 Case는 <표 5>와 같다.

<표 5> 전력조류계산 검토 Case

| 계통조건 | 발전 조건 | 부하 조건 | Case No. |
|---|-------|-------|----------|
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 123 계열 분리운전 <input type="checkbox"/> NO. 10MB 동부에 신설 | G1 | Peak | LF1-G1-P |
| | | Base | LF1-G1-B |
| | G2 | Peak | LF1-G2-P |
| | | Base | LF1-G2-B |
| | G3 | Peak | LF1-G3-P |
| | | Base | LF1-G3-B |
| | G4 | Peak | LF1-G4-P |
| | | Base | LF1-G4-B |
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 123 계열 병렬운전 <input type="checkbox"/> NO. 10MB 동부에 신설 <input type="checkbox"/> 신수전 154kV A-C B/S CLR 설치(7%) | G1 | Peak | LF2-G1-P |
| | | Base | LF2-G1-B |
| | G2 | Peak | LF2-G2-P |
| | | Base | LF2-G2-B |
| | G3 | Peak | LF2-G3-P |
| | | Base | LF2-G3-B |
| | G4 | Peak | LF2-G4-P |
| | | Base | LF2-G4-B |
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 12 계열 병렬운전 <input type="checkbox"/> NO. 4 8IG 동부로 이설 <input type="checkbox"/> 1상수, 2상수, 3상수 II(동부) 1병연 후관 이설 <input type="checkbox"/> 신수전 154kV A-B B/T CLR 설치(7%) | G1 | Peak | LF3-G1-P |
| | | Base | LF3-G1-B |
| | G2 | Peak | LF3-G2-P |
| | | Base | LF3-G2-B |
| | G3 | Peak | LF3-G3-P |
| | | Base | LF3-G3-B |
| | G4 | Peak | LF3-G4-P |
| | | Base | LF3-G4-B |
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 23 계열 병렬운전 <input type="checkbox"/> No. 48IG 동부로 이설 <input type="checkbox"/> 1상수, 2상수, 3상수 II, L(동부) 1병연 후관 이설 <input type="checkbox"/> 신수전 154kV B-D B/S CLR 설치(7%) | G1 | Peak | LF4-G1-P |
| | | Base | LF4-G1-B |
| | G2 | Peak | LF4-G2-P |
| | | Base | LF4-G2-B |
| | G3 | Peak | LF4-G3-P |
| | | Base | LF4-G3-B |
| | G4 | Peak | LF4-G4-P |
| | | Base | LF4-G4-B |
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 12 계열 병렬운전 <input type="checkbox"/> No. 48IG 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 1병연 1상수, 2상수, 3상수 II 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 신수전 154kV A-B B/T CLR 설치(7%) | G1 | Peak | LF5-G1-P |
| | | Base | LF5-G1-B |
| | G2 | Peak | LF5-G2-P |
| | | Base | LF5-G2-B |
| | G3 | Peak | LF5-G3-P |
| | | Base | LF5-G3-B |
| | G4 | Peak | LF5-G4-P |
| | | Base | LF5-G4-B |
| <input type="checkbox"/> 345kV TR 3대 정상가동 <input type="checkbox"/> 23 계열 병렬운전 <input type="checkbox"/> No. 4IG 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 1병연 1상수, 2상수, 3상수 II, L 후관으로 이설 <input type="checkbox"/> 신수전 154kV B-D B/S CLR 설치(7%) | G1 | Peak | LF6-G1-P |
| | | Base | LF6-G1-B |
| | G2 | Peak | LF6-G2-P |
| | | Base | LF6-G2-B |
| | G3 | Peak | LF6-G3-P |
| | | Base | LF6-G3-B |
| | G4 | Peak | LF6-G4-P |
| | | Base | LF6-G4-B |

2.3 3상단락전류 계산결과

Case별 3상단락전류 계산결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> Case별 3상단락전류 계산결과

[단위:KA]

| 구분 | SC1-G1 | SC2-G1 | SC3-G1 | SC4-G1 | SC5-G1 | SC6-G1 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| R | 31.3 | 31.3 | 29.3 | 30.4 | 29.2 | 30.4 |
| J | 31.1 | 31.1 | 28.9 | 30.0 | 28.9 | 30.0 |
| H | 31.2 | 31.2 | 29.0 | 30.1 | 29.0 | 29.9 |
| A | 31.1 | 31.1 | 28.9 | 30.0 | 28.9 | 30.0 |
| S | 24.0 | 27.6 | 27.8 | 24.0 | 27.8 | 24.0 |
| P | 24.5 | 28.3 | 27.9 | 31.0 | 28.6 | 31.4 |
| D | 23.3 | 27.1 | 27.4 | 30.5 | 26.3 | 30.0 |

2.4 전력조류계산 검토결과

1) 신수전 ~ 수전변전소간 TIE LINE
발전조건 G3, G4이고 PEAK부하 조건일 경우 신수전-수전 사이에 조류가 케이블 용량을 초과함에 따라 T/L 케이블 2000SQ 1회선을 증설해야 한다.

2) 신수전 ~ 서부변전소간 TIE LINE
서부변전소의 최대발전-BASE부하, 최소발전-PEAK부하일 경우 모두 조류가 케이블 용량을 초과함에 따라 T/L 케이블 2000SQ 1회선을 증설해야 한다.

3) 신수전 ~ 후관변전소간 TIE LINE
1•2계열, 2•3계열 병렬운전 모드에서는 2계열의 고장전류 저감을 위하여 해안•제선의 NO.4•8TG를 동부변전소로 이설해야 한다. 또한 발전기 이설시 안정도 유지를 위하여 부하도 함께 이설하여야 하며 1병연부하를 3계열 중에서 가까운 후관변전소로 연결하였더니 신수전-후관 사이에 흐르는 조류가 케이블 용량을 초과하게 된다. 그러므로 1병연부하를 동부로 이설해야 한다.

3. 결 론

계통변경없이 현재 계획대로 1,2,3계열 분리운전을 하더라도 2계열 계통은 계통용량이 한계에 달하여 향후 송풍기 신설시 송풍기는 거리가 가까워 투자비가 최소인 2계열에 연결할 경우 2계열의 단락용량이 차단기 차단용량을 상회하므로 3계열에 접속하여야 한다.

345/154KV 변압기 1BANK 사고시 계통의 발전분리를 방지하기 위하여 병렬운전 Case를 검토한 결과 1-2계열 병렬운전 및 2-3계열 병렬운전은 고장전류 저감을 위하여 발전기를 이설하여야 하며 발전기 이설시 계통안정도 유지를 위하여 부하도 이설하여야 함으로 투자비가 과다 소요되며 가장 적절한 방안은 1-3계열 병렬운전 방안으로써 신수전 A-C BUS 사이에 CLR 7% 를 설치한다면 발전기 및 부하이설없이 병렬운전 가능하다.

154KV TIE LINE의 경우 신수전~수전변전소간, 신수전~서부 변전소간 발전 및 부하조건에 따라 1회선 TRIP시 잔여회선이 과부하가 되므로 1회선 증설이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 포스코건설, "광양제철소 전력계통종합진단", 2009
- [2] IEEE, "IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis, IEEE Std C37.010-1999
- [3] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis, chapter6,7,8", IEEE Std 399-1990