

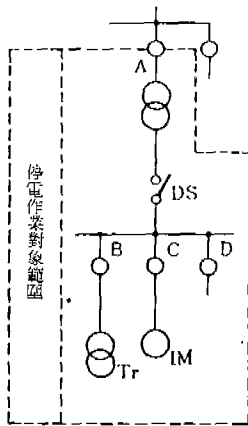
## 安全한 再送電에의 工程

구내 배전계통에 고장이 발생한 경우나 電氣事業法에 정하고 있는 정기적인 保全作業을 실시할 경우에 停電作業이 필요하게 되는데 정전작업이 종료되고 再送電할 때 感電事故 등의 재해발생이나 再停電을 방지하기 위한 특별한 배려가 필요하다.

여기서는 안전하게 再送電하기 위한 感電事故防止와 再送電의 방지상의 주의사항 등에 대하여 K製鐵所에서의 實施例를 들어 설명한다.

### 1. 停電作業 工程概要

그림 1은 여기서 취급하는 構內 配電系統의 停電作業範圍 이다. 그림 2는 停電作業을 실시할 때의 遮斷器 開放에서 再送電完了까지의 作業 工程이다.



(그림 - 1) 構內 配電系統圖

### 2. 安全한 再送電에의 공정

#### (1) 感電災害의 防止

停電作業時에 특히 주의해야 되는 것이 感電災害의 방지이다.

안전하게 停電作業을 종료하고 再送電하기 위해서는 그림 2와 같은 작업순서를 준수하는 것이 중요하다. 이 작업공정은 安全상의 배려가 많이 망라되어 있으며 다음에 이를 항목별로 설명한다.

##### (a) 作業協議의 실시(作業工程順序①, ⑤)

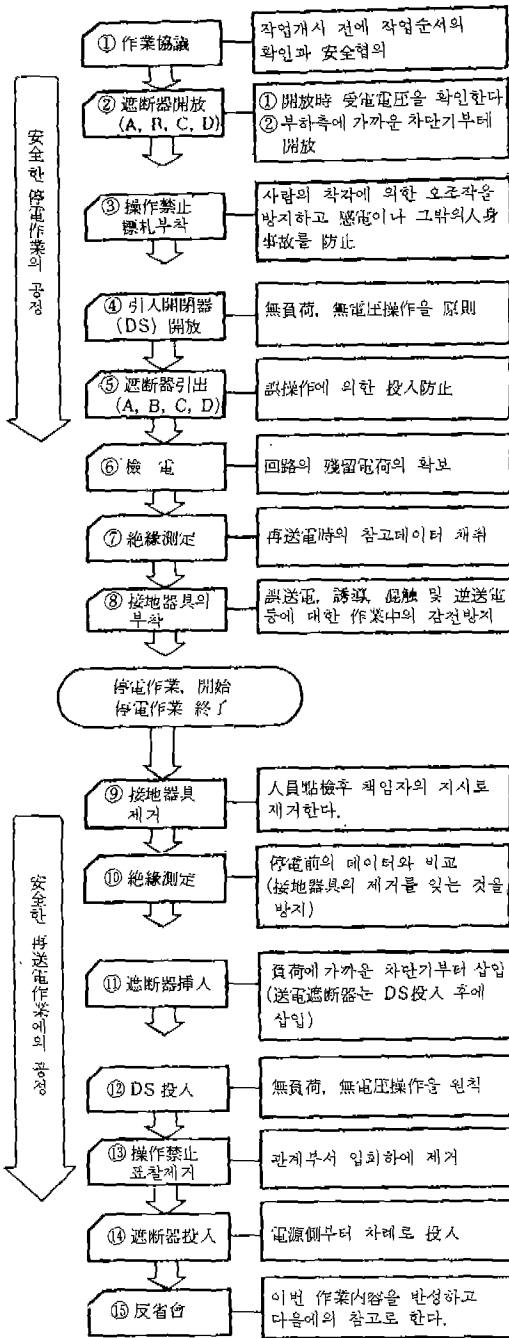
安全하고 質이 높은 작업을 실시하기 위해서는 작업에 종사하는 작업자 전원이 作業의 目的과 內容을 숙지해야 되며 반드시 법에 정하는 作業指示者를 중심으로 作業協議를 한다. 협의내용은 作業目的, 內容, 工程 및 安全상의 주의사항 등이며 인식의 불충분을 방지하기 위해 구체적인 협의가 필요하다.

또한 작업종료 후에는 다음의 작업시에 종래보다도 더욱 安全한 작업을 할 수 있도록 反省會를 갖는 것도 중요하다. K製鐵所에서는 이 협의를 T. B. M (Tool Box Meeting의 略)으로 호칭하고 있으며 正常作業, 非正常作業의 모든 경우에 반드시 실시하고 있다.

##### (b) 遮斷器의 開閉操作(作業공정順序②, ④)

차단기의 조작은 開放操作의 경우에는 負荷側부터 遂次 上位의 차단기로 조작하며 投入操作時에는 그 반대방향으로 조작하는 것을 원칙으로 한다.

또한 차단기의 조작시에는 차단기의 動作表示 램



〈그림 - 2〉 정전작업공정

프에만 의존하지 않고 電壓計나 電流計 등의 計器의 指示值 등에도 주의를 기울이는 것이 중요하다.

또한 차단기의 조작은 遮斷器 操作時의 不意의 사고를 방지하기 위해 直接操作(盤前面에서의 조작)

보다도 遠方에서 조작하는 것을 원칙으로 한다.

(c) 操作禁止 標札의 취급 (作業공정順序 ③, ⑬)

停電작업을 실시하는 작업자가 실수로 차단기 가 조작되었을 경우의 感電事故를 방지하기 위해 당해 차단기에 操作禁止 標札을 부착하여 이를 방지하고 있다. 이 操作禁止 標札을 K 제철소에서는 스위치 標札이라고 하며 스위치 標札은 작업이 종료된 후에 제거하는데 스위치 標札의 취급은 작업자, 차단기의 설비보전관리자와 차단기조작자의 3 者立會下에 실시한다.

또한 스위치 標札에는 作業者의 소속, 작업자명 외에 작업건명 및 작업예정시간을 명기하고 있다.

(d) 引入開閉器 (DS)의 操作 및 遮斷器의 引出 插入操作 (作業공정順序 ④, ⑤, ⑪, ⑫)

차단기는 開放操作을 한 상태만으로는 절대로 안전하다고는 말하기 곤란하다. 차단기의 操作回路의 단락이나 접지 등의 回路異常이 발생한 경우에는 차단기가 불시에 동작하여 感電災害에 이르는 수가 있다. 이를 방지하기 위해서는 차단기의 開放操作에 더하여 引入開閉器의 조작 및 차단기의 引出操作을 실시한다.

또한 電氣技師들의 小委員會에서 종합한 “電氣機器의 事故事例에 관한 양케이트”에는 차단기 (DS)의 操作미스에 의한 사고가 數件 보고되고 있다. K 제철소에서도 DS의 조작미스에 의한 사고를 경험하고 있는데 이같은 事故例은 세심한 주의를 한다면 방지할 수 있는 사례가 대부분이다.

이 작업을 실시할 경우에는 규정된 保護具를 착용한 후에 미리 작성된 作業順序에 준거하여 착실하게 작업을 하는 동시에 誤判斷이나 誤動作을 방지하는 견지에서 1 名의 단독작업은 피하고 2 名 이상이 작업을 하는 것도 중요하다.

(e) 檢電 (作業공정順序 ⑥)

차단기가 정확히 開放된 것을 확인하는 동시에 주변회로에 의한 活線狀態의 유무 및 充電電荷의 유무를 확인하기 위해 잘 메인テナンス가 된 건전하고 회로에 적합한 檢電器에 의한 검전을 실시한다. 또한 充電電荷가 있는 경우에는 放電시켜 뒤야한다.

(f) 絶緣測定 (作業공정順序 ⑦, ⑩)

檢電 후 계통의 건전성을 확인하고 再送電時의 참고 데이터로 하기 위해 對地間 및 線間의 절연저항을 測定해 둔다. 再送電時에는 停電작업時의 工器具

등을 잊은 것이나 接地器具의 철거의 유무를 확인하는 것도 포함하여 다시 절연저항을 測定한다.

(g) 接地器具의 着脫(作業공정順序⑧, ⑨)

絶緣測定時에 充電된 電荷를 제거하는 동시에 誘導, 混觸 등에 의한 재해의 발생방지 및 誤送電에 의한 感電災害를 방지하기 위해 接地器具를 사용하여 확실하게 접지한다.

또한 제거할 경우에는 인원점검을 한 후 作業責任者의 지시에 따라 철거한다.

이상 안전하게 再送電하기 위해 그림 2와 같은 作業공정에서 安全上의 주의점에 대하여 설명했는데 이밖에 諸法規에 준거한 安全對策에 대해서는 당연히 준거의무가 있다.

(2) 再停電의 防止

停電作業 종료 후 再送電作業으로 들어갈 경우에 再送電順序를 생략하거나 投入順序가 잘못되었을 경우 負荷에 적합한 順序投入操作을 하지 않은 경우

및 밸브나 檢出器 등의 부속기기의 整備不良 등으로 系統에 큰 리스커렌트가 흘러 보호계전기가 작동하여 再停電에 이르는 경우가 있다. 다음에 再停電 防止上의 주의사항에 대하여 설명한다.

(a) 再送電順序가 생략되거나 잘못되었을 경우

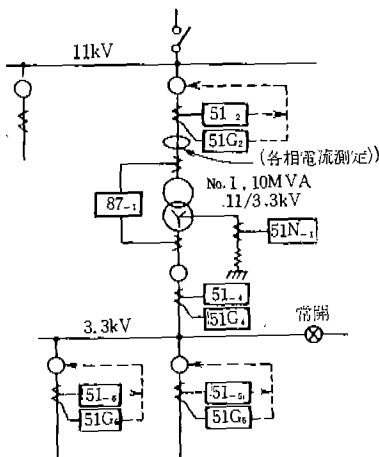
再送電順序에서 가령 接地器具를 철거하는 작업을 잊고 再送電하거나 차단기의 投入順序가 잘못되었을 경우 再停電을 피할 수 없으며 또한 사고를 확대하게 된다.

(b) 負荷에 적합한 順序投入操作을 하지 않은 경우

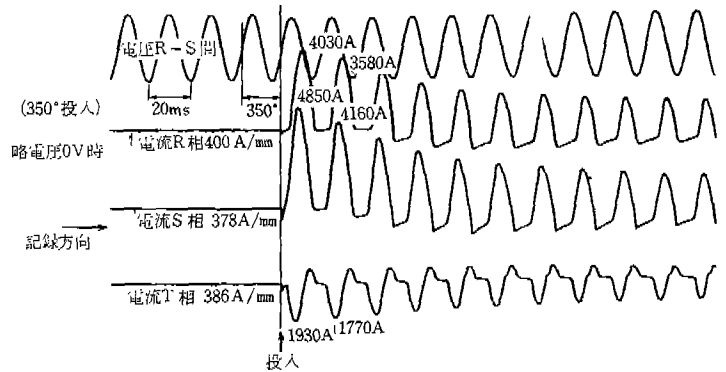
負荷의 特性에 따라서는 차단기 投入時 큰 過度電流가 흐른다.

그림 3은 變壓器의 勵磁突入電流의 實測例를 든 것이고 그림 4는 起動時間이 긴 블로어용 모터의 起動電流 實測例를 든 것이다.

(i) 變壓器 勵磁突入電流 變압기를 無負荷로 투입할 경우 그 殘留磁束이나 投入時의 회로 전압에

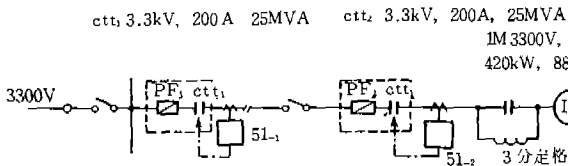


(a) 系統圖



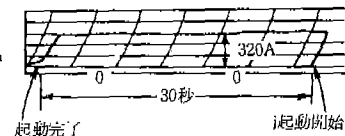
(b) 實測메이터

〈그림-3〉 變壓器勵磁 突入電流 實測例



PF<sub>1</sub> 3.6kV, 300A, 250MVA PF<sub>2</sub> 3.6kV, 200A, 250MVA

(a) 系統圖



(b) 實測메이터

〈그림-4〉 블로어용 모터의 起動電流 實測例

의하여 변압기 定格의 數倍에서 10數倍의 勵磁突入電流가 흐른다.

實測例에서는 電壓이 거의 OV에서 투입되었을 경우의 突入電流는 定格電流의 약 9배에 달하며 回路의 보호계전기의 整定이 충분하지 않으면 誤動作하여 投入失敗를 하게 된다.

(ii) 起動時間이 긴 모터의 起動電流 블로어 등 慣性이 큰 모터를 起動할 경우 그림 4와 같이 모터 定格의 360%의 負荷가 30초나 계속되고 있다. 이와 같이 起動時間이 긴 負荷를 연속적으로 投入하면 上位의 보호계전기를 동작시키거나 퓨즈를 용단하여 投入失敗를 하게 된다.

블로어用 모터 외에도 起動時間이 긴 同期電動機나 直流機에 대해서도 負荷에 적합한 順次投入을 해야 된다.

(c) 附屬機器의 整備不良

통상 운전중에는 정상적으로 운전이 계속되고 있어도 停電을 실시했기 때문에 지금까지 水面下에 숨어 있던 不意의 사고를 유발하는 수가 있다. 가령

(i) 펌프의 弁의 洩임이 나빠 逆流하고 있을 때의 起動

(ii) 블로어 등의 閥퍼가 開로 起動해야 되는데 열려 있었던 경우

(iii) 앞의 (i), (ii)의 케이스에서 起動인터록이 되어 있어도 그 檢出器나 電磁接觸器가 정상적으로 기능을 하지 못할 경우에는 過大電流가 흘러 投入失敗를 한다.

이상 설명한 바와 같이 再送電에서 再停電을 防止하려면 再送電順序를 정확히 지켜 檢출기 등의 부속기기의 환경정비와 부하의 특성을 잘 이해하여 負荷에 적합한 順次投入操作을 하도록 작업자에 대한 育成, 訓練이 필요하다.

설비보전담당자로서는 再送電에의 공정은 깊은 배려를 필요로 하는 작업이다. 특히 高壓配電系統의 경우에는 低壓에 비하여 극도의 긴장이 따른다.

안전하게 再送電하기 위해서는 작업에 종사하는 全員이 높은 技術力과 技能을 겸비하여 작업의 목적과 내용에 대하여 충분히 이해해두는 것이 중요하며 일상적인 교육 육성이 필요하다.

또한 교육, 육성을 하는데 있어서도 또한 實作業에서 정확하고 확실한 작업을 시키기 위해서도 필요, 최소조건으로서 작업표준과 技術指針은 완비되어 있어야 한다.

참고로 短絡接地器具의 取扱指針을 표 1에 들었다.

〈표 - 1〉 停電作業時의 短絡接地器具의 取扱指針

項 目	短絡接地器具取扱指針	
	內 容	
① 停電作業에서의 短絡接地의 義務	① 短絡接地 義務	① 高壓 및 特高의 電路를 開路하여 點檢, 수리 등을 할 때에는 다음 項目이하의 방법에 의하여「短絡接地器具」를 사용하여 點檢, 수리 작업의 안전성을 확보할 것  ② 低壓電路에 관해서는 원칙적으로「短絡接地器具」는 사용하지 않는다. 단 점검, 수리작업 중에 逆送電, 誤送電의 위험성이 있을 경우에는 그러하지 아니하다.
② 短絡接地器具시방	① 接地導線 ② 接地側金具 ③ 電線側金具	① 22mm <sup>2</sup> 이상의 가소성이 있는 軟銅비닐캡타이어케이블 ② 着脫이 용이한 경첩나사방식으로 안전하게 부착이 가능 ③ 着脫이 용이한 大形클립方式으로 안전하게 부착이 가능

項 目	短絡接地器具取扱指針	
		内 容
③ 短絡接地器具의 부착방법	① 接地線의 부착위치 ② 接地方法 (1) 접지극측 (2) 전선측	① 點檢區分別로 접지한다 ② 點檢場所 이외에서는 접지하지 않는다. ① 제 1 중점지에 접속할 것 ① 引入디스크(DS)의 1次側 및 負荷차단기의 부하측에 접속, 단 부하측에서의 逆送, 유도 등의 위험성이 없으면 負荷側의 부착은 필요없다. ② 3相 모두 短絡接地할 것
④ 再停電에서 送電에 이르기까지의 接地作業의 位置	① 停電作業  ② 送電作業	① 차단기의 개방(電壓計의 확인) ② 操作禁止標札의 부착 ③ 引入디스크開放(無負荷, 無電壓에서 操作) ④ 차단기의引出 ⑤ 檢電(作業當日 充電部에서 확인한다) ⑥ 케이블電荷의 放電(보호구착용) ⑦ 케이블 등의 메가체크 기록(부하차단기의 부하측과 共通母線側) ⑧ 디스크 1次側 및 부하차단기 부하측(逆送의 위험성이 있을 때)에 接地器具부착(수량과 부착장소의 기록) (點檢作業) ① 단락접지기구의 철거(수량 체크) ② 절연측정(절검 전과 비교) ③ 負荷차단기 삽입 ④ 引入디스크 投入 ⑤ 操作禁止標札 제거 ⑥ 上位차단기 삽입...送電 ⑦ 負荷차단기 順次投入
⑤ 管 理	① 作業指揮者의 지시  ② 短絡接地器具의 보수  ③ 短絡接地器具의 취급자	① 開路 후 停電의 상태, 개폐기의 施錠 通電禁止의 표시, 단락접지기구의 부착상태를 확인한 후 작업착수를 지시한다. ② 再送電할 때에는 단락접지기구의 철거, 電路의 절연상태에 이상이 없음을 확인한 후 受電의 指示를 한다. ① 단락접지기구의 절점은 사용개시 전에 반드시 실시할 것 (導線과 금구의 접촉상태 및 클립의 接觸力) ① 短絡接地器具의 취급은 電氣技術者가 담당한다.