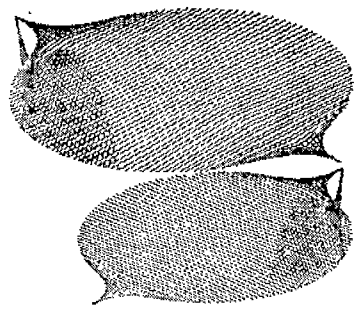
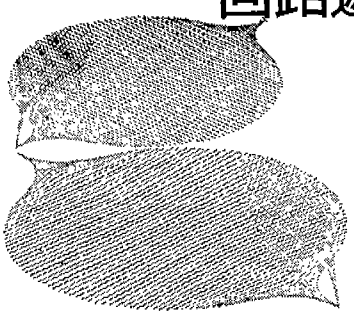
外國 最新技術資料



交流系統에 있어서 高圧直流로 相互連結된 回路遮断器의 規格化에 대한 展望



大韓電氣協會
電氣技術情報센터 提供

다음 글은 스위스 電力會社의 系統技術部 理事인 O. Gaupp氏가 記述한 交流/直流系統內에 設置된 回路차단기의 定格에 대하여 高圧直流連系가 어떠한 影響을 미치는가에 관한 記事를 抄譯한 것이다.

1. 序 言

高圧 直流系統에 連結된 交流線路上에서의 負荷와 故障스위칭에 대한 過渡的 디지틀 分析을 周波數 依存性 댐핑 要素를 갖는 시뮬레이션 모델을 이용함으로써 遂行하였다.

한편 計算된 過渡回復電圧은 交流 高圧回路遮断器 試驗에 사용된 標準値와 비교하였으며, 그 결과 既存의 基準에 의거 回路遮断器를 規格化할 수 있게 되었다.

그리고 高圧直流連系와 상호 연결된 交流系統內의 回路遮断器의 定格은 필터回路와 그리고 스위칭 動作中 및 動作直後의 콘버터의 動的 擧動에 의해서 영향을 받을 수 있는 것이다.

長點으로는 回路遮断器의 接續分離前 直流回路를 차단하기 위하여 통상 신속한 콘버터 制御를 行할 수 있는 것을 들 수 있다.

한편 다음과 같은 세가지 경우에 있어서는 밸브 브리지 制御信號와 回路遮断器 트립 信號間에 同時性이 존재하지 않을 것이라는 것이다.

첫째. 單極 트립과 自動再投入(不動時間中의 電力潮流)

둘째. 交流線路 開放遠端에서의 回路遮断器로 인한 負荷의 流出

세째. 밸브 브리지 信號가 傳送되지 않을 때 등을 들 수 있다.

또한 交流 시스템上에서 高圧 直流連結의 영향에 대하여는 많은 參考文献에 나와 있으며, 특

히 故障計算과 單極 스위칭 및 負荷流出을 例題로 들어서 言及하였으나 심한 차단사고의 경우에 대해서는 考慮하지 않고 있다.

故障電流와 過渡回復電圧은 美國의 New Mexico주에 있는 相互連系된 Black Water 変電所의 345kV 交流側에 설치된 回路遮断器에 대하여 計算하였는데, 이 変電所는 Brown Boveri 社에서 納品한 것으로서 1985年 여름부터 運轉에 들어갔다.

또한 回復電圧 上昇率과 尖頭値 및 尖頭에 이르는 時間과 같은 計算된 過渡回復電圧의 特性 파라미터들을 표준화된 美國의 ANSI 規格値와 比較하였다.

2. 電力系統 및 模形化

그림 1과 같이 200MW의 連續的인 Blackwater 스테이션은 定格電圧이 230kV와 345kV인 2개의 非同期形 交流電力系統에서 시스템 相互間의 연결과 制御 링크로서 작용하고 있으며, 345kV의 交流母線은 약 200마일의 345kV 單獨回線으로서 알부퀘르큐 近方에 있는 開閉所 A에 相互 連結되어 있다.

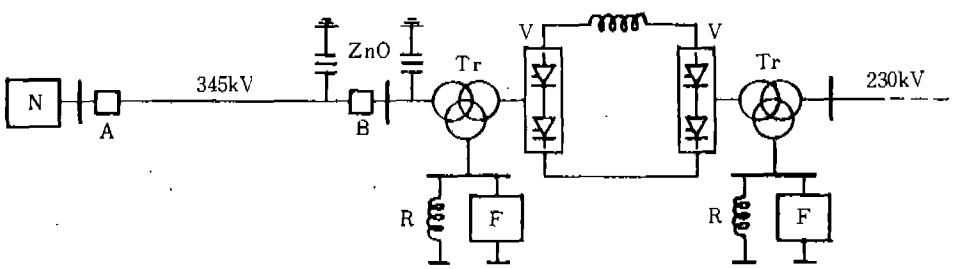
이 線路의 각 端에 回路遮断器가 設置되어 있으며, 問題의 過渡的인 특징으로 보아서 디지틀 시뮬레이션으로서 分析을 行하였다.

그런데 시뮬레이션에 사용된 電磁式 過渡 프로그램(EMTP)은 問題解決을 위한 高級 프로그램의 하나로서, 이 EMTP와 制御 시스템의 過渡分析 프로그램(TACS)의 組合은 統合된 交流/直流 시스템의 過渡現象을 분석하는 데 唯一한 手段이 되고 있다.

더우기 그림 1에서 230kV 측으로부터 345kV 측으로 電力을 전환하는 動作 모드만이 인버터측의 스위칭 動作이 整流側上에서의 스위칭 動作보다 더욱 심각한 상황이었을 때 考慮되었는데, 이는 또한 왜 高圧直流링크의 인버터만이 광범위한 펄스 時限裝置 모델을 포함하여 모든 관련사항이 상세히 시뮬레이션 되었는지 그 理由를 말해 주고 있다.

한편 整流器는 出力電流에 의해서 制御되는 直流電圧源으로 시뮬레이션하였으며, 인버터 基準電圧의 損失期間中의 高圧直流 링크의 特性은 다음과 같이 세가지 回復方策에 따라서 시뮬레이션 된 것이다.

(1) 定電流制御로 세트된 밸브



Tr : 콘버터 変圧器
A, B : 回路遮断器
V : 밸브 브리지 (12펄스)
R : 리액터
F : 필터
ZnO : 空隙이 없는 ZnO서어지 어레스터

〈그림 1〉 AC/DC 系統의 基本的인 模擬構成圖

(2) 約 120°로 低減되는 인버터 點弧角의 上限線

(3) 最終 基準電圧에 의거 時限調整된 點弧 펄스

등인데, 이러한 方式은 変圧器, 리액터 및 필터 코일의 周波數 依存性 I^2R損失을 시뮬레이션하기 위하여 使用된 것이다. 回路要素의 數는 코일 임피던스의 實數部分과 7 kHz까지의 周波數 等價回路의 實數部分間의 一到를 確保하기 위하여 선택된 것이다.

또한 레지스터와 캐패시터로 構成된 類似한 回路를 콘버터 変圧器의 周波數 依存性 鐵損을 시뮬레이션하기 위하여 使用하였다.

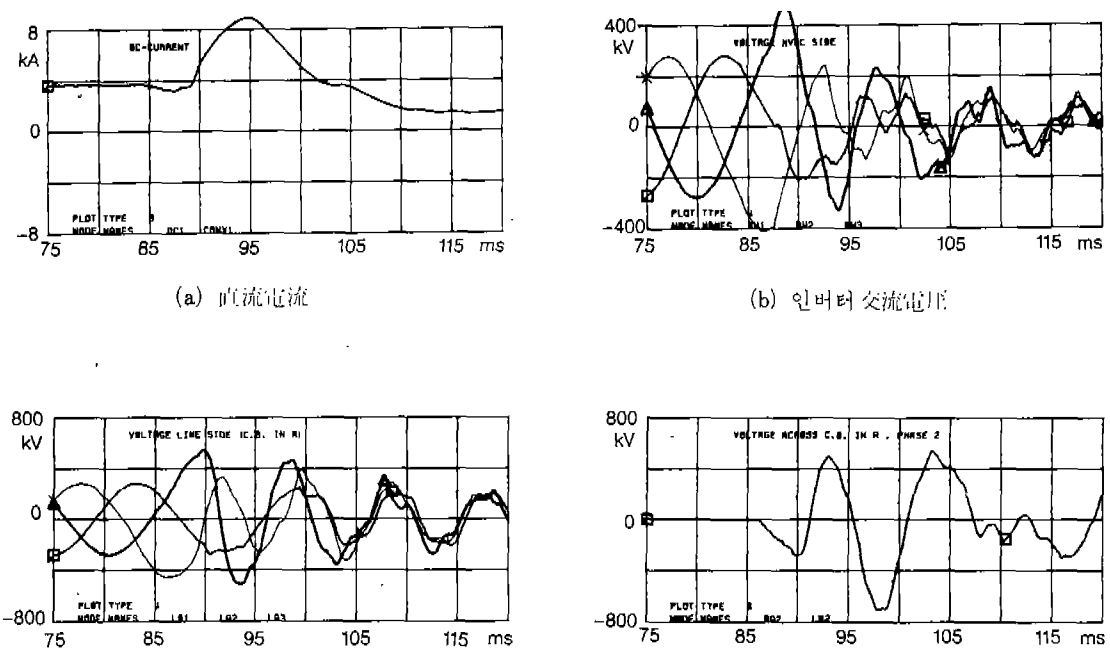
3. 負荷 스위칭

研究中인 電力系統의 특징으로는 콘버터用 変圧器는 高圧直流 스테이션에서는 唯一한 交流送出線路를 갖는 것인데, 이러한 構成은 몇 個의 送出線路를 갖는 施設에서 可能한 것이다.

이 狀況은 高圧直流 스테이션의 인버팅의 負荷狀態下에서 線路 차단기의 開放에 특별한 관심을 불러 일으키고 있으며, 앞에서 說明한 바와 같이 交流回路網內에서 負荷를 제거하면 필터 뱅크로 給電되는 인버어터의 出力으로 因하여 交流系統에 過電圧 現象이 일어나게 된다는 것이다.

이것은 回路遮断器의 트립 信號가 傳送될 때 側路 모드로에서 運轉을 開始하는 인버터에 의하여 일반적으로 制限을 받고 있으나 만일 交流線路 끝에 있는 回路遮断器가 트립될 경우 不可能해질 것이다.

그러나 이 경우 過電圧 保護 시스템은 콘버터-변압기의 對地端子電圧이 어느 일정한 레벨



(a) 直流電流 (b) 인버터 交流電圧

(c) 回路遮断器의 電圧線路側 (d) 回路遮断器의 電圧

〈그림 2〉 交流線路의 遠端地點에 있는 回路遮断器와의 負荷電流 스위칭에 대한 交直流 應答曲線

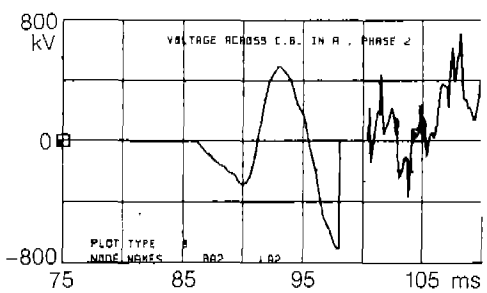
에 도달하는 순간에 側路動作을 開始하게 될 것이다. 交流線路의 遠端地點에 위치하고 있는 회로차단기의 公稱電流遮斷의 시뮬레이션 結果는 **그림 2**와 같다.

여기서 차단기 端子 사이의 電圧은 回復이 比較的 원만하나 전류가 除去된 後 단지 12ms 만에 710kV의 最高値에 도달하게 된다.

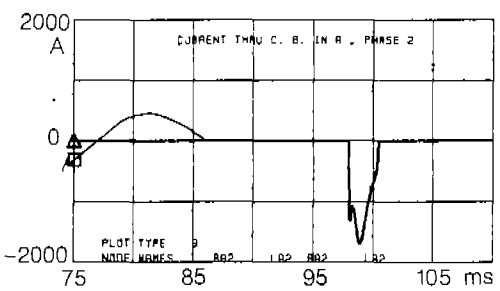
또한 **그림 3**의 시뮬레이션에서 보는 바와 같이 피크 近方(그림 3 (a))의 再打擊은 다른 相(800 kV, 그림 3 (c))에서 또 하나의 回復電圧의 增加를 誘導하게 되는데 이것은 다음 電流에 대한 再打擊의 原因이 되며, 이 結果 아크 플라스트가 減少되거나 停止될 때 다음 電流의 제로現像이 발생한다.

한편 362kV 線路遮斷器에 대한 美國 ANSI規格에 의거하여 再打擊이 필요없는 無負荷 線路試驗을 잘 수행함으로써 負荷 스위칭으로 因한 스트레스를 커버할 수 있다고 하며, 특히 Brown Boveri社에서 納入한 高圧回路遮斷器는 표 1과 같이 安全度에 대한 規格를 充足시키고 있다.

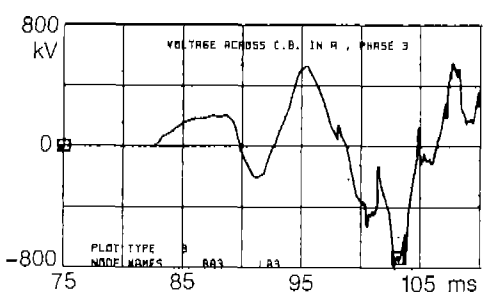
또한 그림 1의 차단기 B. 즉 高圧直流스테이



(a) 제 2 相에서의 遮斷器의 電圧

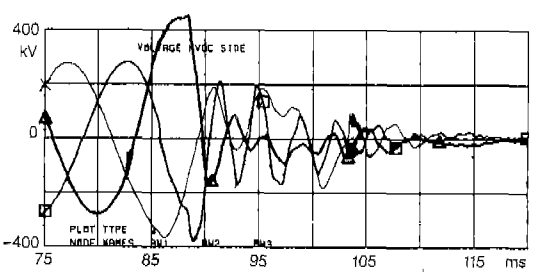


(b) 제 2 相에서의 遮斷器의 電流

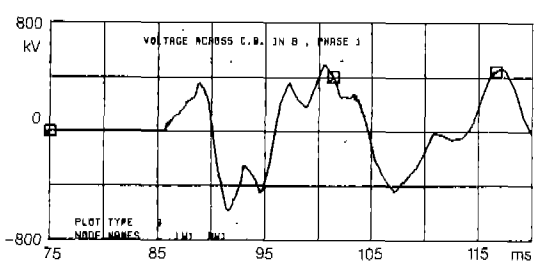


(c) 제 3 相에서의 遮斷器의 電圧

〈그림 3〉 交流線路의 遠端部에 있는 回路遮斷器의 제 2 相에서의 再打擊效果



(a) 인버터 交流電圧



(b) 回路遮斷器의 電圧

〈그림 4〉 인버터側 回路遮斷器와의 負荷電流스위칭에 대한 交流應答

〈표 1〉 標準 ANSI 試驗値와 過渡回復電圧의 計算値와의 比較

		結果(TRV)				ANSI			
스위칭 듀티		$rrrv$ kV/μs	E_1 kV	E_2 kV	T_2 ms	試驗듀티	$rrrv$ kV/μs	E_2 kV	T_2 ms
부하	차단기A	0.07	280	710	12	무부하	0	710	8.3
스위칭	차단기B	0.13	380	590	6	선 도			
故 障	3相	4.0	250	360	0.3	30% TF	4.6	720	0.155
스위칭	單相	3.2	160	460	18				

TRV=과도회복전압
$rrrv$=회복전압의 상승률
E_1 =처음의 피크치
E_2 =최대 피크치
T_2 =최대 피크치에 이르는 시간
TF =단말고장

선內에서 차단기와의 負荷 스위칭을 시뮬레이션한 바 **그림 4**와 같은 비슷한 結果를 얻었다.

이것은 諸事情 때문에 밸브 브리지 制御 信號가 차단기 트립신호와 同時에 傳送되는 것이 아니라 過電圧 保護裝置에 의해서 開始된다는 것을 假定한 것이다.

4. 故障 스위칭

故障스위칭에 대한 시뮬레이션中에서 다음의 두가지 경우, 즉 차단기 端子의 線路側에서의 각 3相故障과 單相故障인 것에 대하여 關心의 對像이 됨과 아울러 研究할 가치가 있다고 생각이 된다.

첫번째의 3相故障인 경우, 正常狀態下에서 차단기 트립信號와 同時에 傳送된 高圧直流 强制遲延信號는 遮斷器 接點이 分離되기 前에 直流回路를 遮斷시키게 된다.

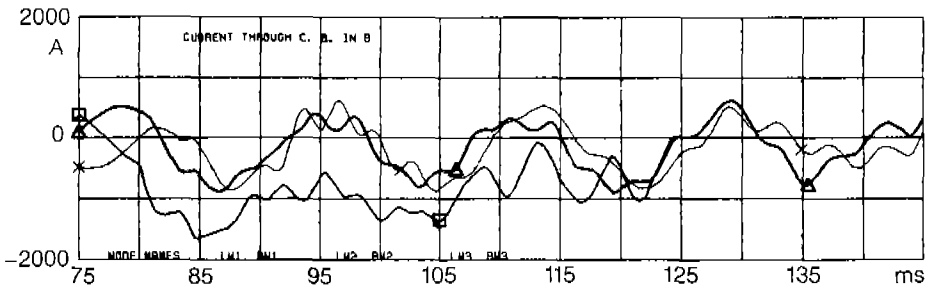
만일에 어떤 事情으로 인하여 信號가 傳送되지 않을 때는 回路遮斷器는 인버터로부터 供給되는 全電流를 차단해야 되며, 인버터 端部에서의 交流電圧의 消失은 直流電流의 增加와 整流失敗의 反復을 초래하게 되는데 이러한 現像은 인버터가 飽和되지 않는 限 콘버터用 変圧器의 交流側으로 注入하게 된다.

한편 回路遮斷器의 接點離隙時間을 決定하기 위하여 릴레이의 트리핑時間과 回路遮斷器의 開放時間을 각각 20ms로 假定할 수 있었으며, 이러한 조건하에서 故障電流의 除去는 첫번째의 2개相이 除去된 後 세번째 相內의 消失電流가 제로가 되기 때문에 확신할 수가 없는 것이다.

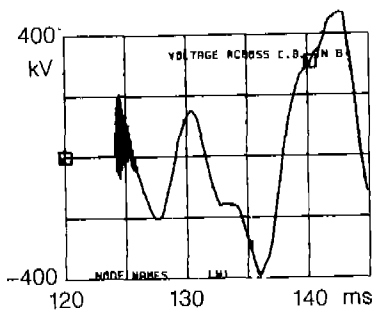
이것을 해결하기 위하여 强制遲延 失敗의 可能性을 무시할 수 있는 레벨까지 줄이도록 하기 위해서 풍부한 傳送路를 가진 많은 스테이션 制御 시스템이 設置되었으며, 차단기 端子의 비교적 높은 過渡回復電圧 上昇率은 定格短絡電流의 30%에 의한 標準試驗으로 커버가 된다.

둘째로 單相故障인 경우, 만일 單極自動再投入裝置가 設置된다면 인버터에 의해 供給되는 故障電流를 減少시키기 위하여 高速 콘버터制御를 使用할 수 없는 것이다.

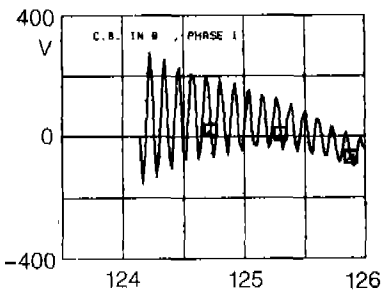
그림 5에 單極 스위칭 動作의 시뮬레이션을 나타냈으며, 故障은 最惡의 순간에서 시작되었고 故障電流는 故障開始 後에 最初로 제로通過



(a) 回路遮断器의 電流



(b) 回路遮断器의 電圧



(c) 回路遮断器의 過渡回復電圧

〈그림 5〉 인버터側에서 본 短絡電流의 單極 스위칭

가 44ms라고 한다.

또한 過渡回復電圧波形은 規格에 明示된대로 定格短絡電流의 30%에서의 短絡試驗에 의해서 커버가 된다.

5. 要 約

總合的인 AC/高圧 DC계통內에 設置된 回路차단기의 應力을 豫測하는 데 利用된 過渡 解析은 콘버터의 動的인 擧動을 考慮해야 하며, 시스템에 대한 디지틀 시뮬레이션의 經驗은 다음과 같은 두가지의 스위칭 事例로 돌릴 수 있다.

첫째, 其他 交流線路가 연결되어 있지 않은 電力潮流狀態下에서의 單線스위칭

이러한 경우는 回路遮断器의 回復電圧의 대한 피크와 이 피크値에 대한 倍數를 容量性 電流를 스위칭할 때 얻어지는 數値와 比較를 한다.

또한 어떠한 再投入은 차단기에 危險할지도 모르며, 再打擊이 없는 Brown Boveri社의 高圧遮断器는 이러한 경우에 適切한 安全性을 제공하고 있다.

둘째로 인버터만에 의한 短絡電流의 스위칭

接點分離의 순간에 直流構成部品은 제로를 許容할 정도로 충분히 적어지게 되며, 이것은 많은 콘버터 시스템을 利用함으로써 達成할 수 있으며, 차단기의 아크 電圧과 아크 故障電圧이 直流構成部品의 減衰에 加速的인 영향을 미친다는 것을 假定할 수 있다.