

고압전동기용 진공차단기의 스위칭 썬지를 저감시키는 썬지흡수기의 적정치 선정과 썬지측정

김택수*, 이성철*, 이은웅**, 김종겸**
한전기술연구원*, 충남대학**

The Selection of Appropriate Surge Absorber Value Reducing the
Switching Surge of VCB for High Voltage Motor and Surge Measurement

Kim, Taek-Soo*, Lee, Sung-Chul*, LEE, Eun Woong**, Kim, Jong Kyeom**
KEPCO Reserch center*, Chung-Nam National University**

Abstract :

VCB, with its big arc extinction in very short switching time, produces the high switching surge voltage which may cause the breakdown of motor insulation or acceleration of insulation deterioration. To protect motor winding insulation, we developed the computer algorithm for simulating the surge occurred in VCB by EMTP. And we established the effect of the C-R surge absorber by the surge measurement in the motor-VCB circuit.

1. 서론

진공차단기는 차단능력이 우수하고 소형경량이며, 유지보수가 용이한 점등 장점이 많기 때문에 산업 현장에서 널리 사용되고 있으나, 강력한 소호력으로 개폐시 전류제단 썬지, 재발호 썬지, 삼상동시차단 썬지 등 높은 썬지전압이 발생하여 고압 전동기의 절연 파괴 또는 절연열화를 촉진 시키는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 고압 전동기용 진공 차단기의 투입 및 차단시에 발생하는 썬지전압을 전자계과도해석 프로그램으로 모의하여 회로조건별로 적절한 썬지흡수기 파라미터를 선정하고, 실제 발전소 고압 전동기에서 측정 분석한 결과를 비교하여 썬지로 부터 고압 전동기를 보호할 수 있는 썬지 흡수장치의 적정파라미터를 제시하며, 현장측정시의 문제점과 분석 결과를 제시코자 한다.

2. 썬지흡수기의 적정 파라미터 선정

스위칭 과전압으로 부터 유도전동기를 보호하는 억제기구조는 C-R썬지흡수기, 피뢰기, 콘덴서, 콘덴서와 피뢰기 병용 그리고 적렬리액터 등이 있으나 현재 사용되고 있는 썬지보호장치 중에서 가장 우수한 효과가

있는 것으로 알려진 C-R썬지흡수기 만을 대상으로 하여 Parameter를 선정코자한다. 따라서 썬지흡수기가 설치되지 않은 현재 조건에서 진공차단기 개방시 전동기 양단자에 나타나는 과전압의 크기와 파두장, 파미장의 크기를 EMTP로 시뮬레이션 하여 분석하면 그림 1과 같고, 썬지흡수기 설치 후에 콘덴서 크기 만을 변동시켰을 때 변하는 재단썬지의 크기를 분석하면 그림 2와 같다. 그림 2에서 콘덴서의 용량크기의 변화는 썬지전

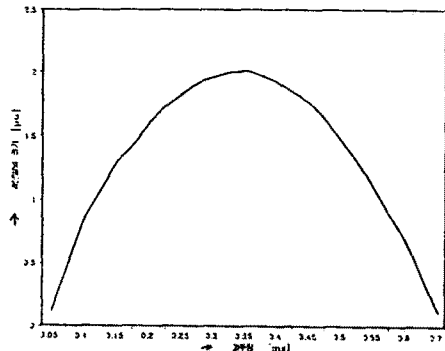


그림 1. 파두장의 도달시간

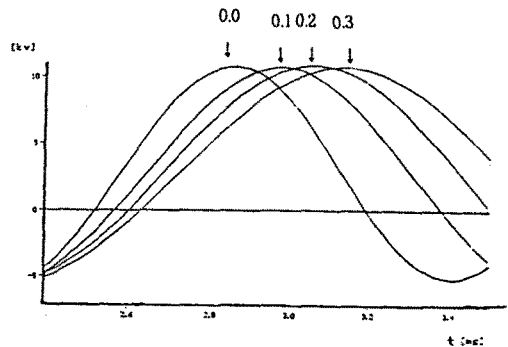


그림 2. 캐패시턴스의 크기에 따른 파두장의 변화

압의 파고치에 별다른 영향을 미치지 않지만 파두장을 길게하는 효과가 있으며 파두장의 연장효과는 침두전압뿐만 아니라 多重再發弧時 두번째 이후 나타나는 침두전압에 대해서는 더욱 크게 작용하는 것을 알 수 있다. 다음은 抵抗과 콘덴서를 직렬로 연결한 C-R형 保護裝置의 효과에 대해서 檢討하기 위해 보령화력 #2-2 PSAB 전동기를 대상으로 콘덴서는 0.3[μF]로 一定하게 하고 저항값을 0~500[Ω] 까지 변화시키면서 EMTP로 시뮬레이션하여 부하측 단자에 전압의 변화를 整理한 것이 그림 3이다. 저항값이 커질수록 부하측에 나타나는 썬지 전압의 크기인 파고치는 작아지며 波頭長과 波尾長에는 뚜렷한 影響을 미치지 못하는 것을 알 수

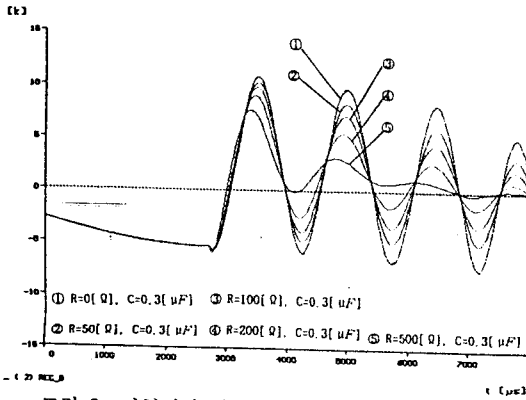


그림 3. 저항값의 변화에 따른 과전압 크기 비교

있다. 따라서 저항과 콘덴서를 직렬결합한 흡수기에서 저항은 과전압의 크기를 저감시키고 콘덴서는 파두장을 길게하는 효과가 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 부하측 단자에서 전압의 침두값을 줄이기 위해 저항의 값을 무한히 크게할 수는 없다. 왜냐하면 유도전동기를 기동시나 기동 실패후 재기동 등의 과도조건 하에서 기동 초기상태에서는 유도전동기 자체가 저항 성분으로 작용하고, 진공차단기를 투입할 때 유도성 부하인 유도전동기에 과도한 스트레스를 가하게 되기 때문에 과전압의 크기를 줄이는 목적으로 저항값을 크게 할 필요는 없다. 따라서 전동기에 초기에 무리한 스트레스를 줄이고 과전압의 크기를 저감하며 波頭長을 延長시키는데 도움이 되는 적절한 저항값과 캐패시턴스값이 선정되어야 한다. 현재 이러한 전동기 썬지보호용 C-R썬지흡수기의 저항값은 100~200[Ω], 콘덴서값으로는 0.1~0.3[μF]이 추천되어 사용되고 있다.

3. 현장실측

測定對象電壓, 電流가 고압대전류 고주파 이기 때문

에 분압기 및 분류기를 사용하여야 한다. 그리고 정상적인 전압전류를 測定하는것 보다 측정범위가 수배가 되고 넓은 주파수 특성을 갖는 전압용 및 전류용 센서가 필요하고 이 센서들은 썬지에 대한 유도장애를 받지 않도록 해야한다. 순간적인 파형을 측정하여야 하므로 기억용량과 Zoom 기능을 가지고 외부 동기에 의해 현상기동되는 오실로스코프와 빠르고 높은 해상력을 가진 모니터링 장비등의 측정기를 사용해야한다. 그리고 3상 전류를 동시에 측정하는 다중채널 측정회로를 구성하여야한다. 현실적으로 가능한 범위 내에서 진공차단기 關閉時 發生하는 썬지전압에 대한 低減方案을 모색하기 위해 保寧火力發電所의 설비를 이용하여 計劃整備期間中에 썬지전압과 썬지흡수기의 효과를 측정하였다. 측정하고자 하는 현장의 測定시스템 構成圖는 그림 4와 같다.

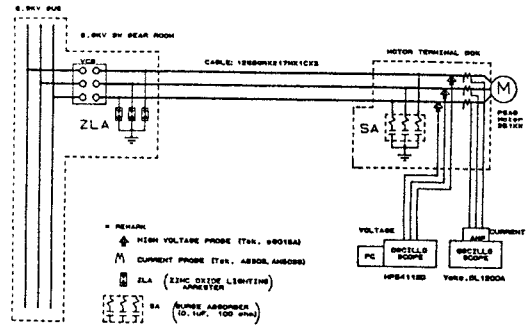


그림 4. 현장측정 시스템 구성도

4. 분석결과

현장실험으로 測定이 가능한 것은 단지 정상적인 운전을 하고 있는 전동기를 개폐할 때 부하측에 나타나는 과전압을 측정할 수 있고 이 과전압은 電動機에 손상을 입힐 만큼 무리한 과도 전압이 발생되지 않는다는 것을 EMTP 시뮬레이션 결과와 실제 측정한 結果를 통해서 확인하였다. 그림 5는 썬지흡수기가 없을 때 썬지전압 측정치이고, 그림 6은 Gapless형 기존 썬지보호장치를 부착하고 측정한것이며, 그림 7 (a)는 R=100[Ω], 0.1[μF], (b)는 R=100[Ω], C=0.3[μF]인 썬지흡수기를 부착하고 측정한 썬지전압이다. 썬지흡수기를 부착한 후 차단시에 나타나는 썬지전압은 파고치가 낮고 파두장은 길어져 과도전압의 영향이 작아지는 것을 알 수 있다. 즉, 썬지보호장치를 부착하지 않고 운전중인 전동기를 진공차단기로 차단하였을 때 부하측에 나타나는 전압의 크기를 측정된 파고치가 약 2.20[pu]인데 썬지흡수기를 부착하고 측정된 파고치는

약 1.5[pu] 정도로 현저하게 줄어들고 또한 전동기 권선에 나쁜 영향을 주는 것으로 알려진 파형의 준도가

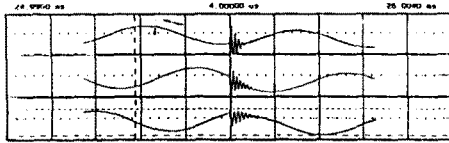


그림 5. 써지보호장치 없는 경우의 부하측 써지전압

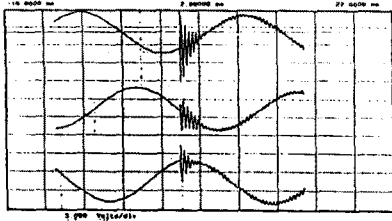
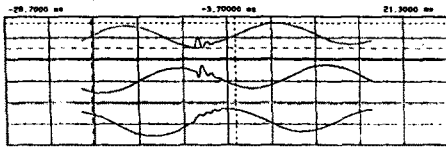
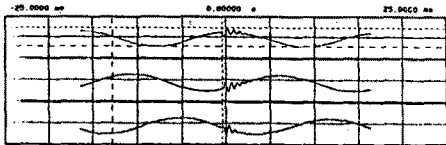


그림 6. 기존 써지보호장치(Gapless형) 부차측 부하측 써지전압



(a) $R=100[\Omega]$, $C=0.1[\mu F]$



(b) $R=100[\Omega]$, $C=0.3[\mu F]$

그림 7. C-R 써지보호장치부차측 부하측 써지전압

완화되는 것을 알 수 있다. 이와 같이 파고치가 작아지고 파두장이 길어져 파형의 준도가 완화된 것은 스위칭 써지전압이 전동기의 내부권선에 가해지는 전기적인 스트레스가 약해진다는 것을 의미하는 것이다.

5. 현장측정시 문제점

誘導電動機의 電源을 진공차단기로 開閉할 때 誘導電動機 端子에 나타나는 써지전압을 調査하기 위해 보령화력 發電所와 호남화력 發電所를 대상으로 測定을 實施하였다. 그런데 전동기 터미널 단자는 습기침입으로 인한 절연저하를 방지하기 위하여 충전부를 절연테이핑 처리하기 때문에 측정단자에 고전압 Probe를 접촉시키기 위해서는 기기를 정전하여 절연해제한 후 다시 테이핑해야 하므로 실제로 현장에서 시행할 수 있

는 測定試驗과 試驗回數, 試驗條件 등은 制約을 받을 수 밖에 없었다. 즉 大型 電動機를 模擬裝置로 구성하여 시험할 수 없기 때문에 단지 運轉을 休止하고 있거나 計劃整備 하는 發電所의 設備을 利用해야하는 場所 制限이 따르며 시험이 가능할 지라도 設備保護와 시스템 조건상 電動機에 가장 苛酷한 전기적 스트레스를 주는 인칭구동(起動 즉시 遮斷의 反復)을 할 수 없는 測定試驗의 制限과 전류영점전 遮斷과 截斷電流의 크기등을 측정할 수는 없었다. 또한 전동기에 가장 苛酷한 스트레스로 작용하지만 發生確率이 定常運轉 차단시는 매우 작고 인칭구동시도 16% 정도로 밝혀진 多象 再發弧의 과도전압 측정은 제한된 측정회수로는 檢出이 不可能하였다. 인칭구동이나 부하를 기동한 후 곧바로 차단하는 경우로 기동시에 부하측의 回轉에 의한 逆起電力이 발생하지 않은 상태에서 기동시 전류의 권선비 만큼의 기동전류가 흐르기 때문에 부하측의 인덕턴스와 캐패시턴스 성분과는 별도로 저항성분에 의해 발생한 열이 전동기에 열적인 스트레스를 가하게 된다. 그러므로 동일기기를 대상으로 여러번 반복시험할 수는 없다. 따라서 截斷차지의 影響 특히 多重再發弧의 影響을 調査하기 위한 실험은 실제용 아닌 모의 實驗裝置를 이용하여 繼續된 反復試驗을 하여야만 測定이 가능할 것이다.

6. 결론

유도전동기 권선단자에 침입하는 개폐써지의 크기와 파형을 EMTP로 구한결과 전원측 케이블이 짧고일정할 때 200M 이내에서 부하측 길이가 길수록, 재단전류는 작을 수록 과전압의 크기가 작음을 확인하였다. 그리고 현장에 설치된 전동기 실설비에 해당하는 회로정수를 입력자료로 EMTP 시뮬레이션한 과전압의 크기가 IEC나 CIGRE 규정보다 작았으며, 현장 측정된 결과와 일치함을 확인하였다. 각종 써지보호장치중 가장 효과적인 기능을 갖는 C-R 써지흡수기의 캐패시터C(0.1~0.3[μF])는 파두장을 길게하고 준도를 저감시키며, 저항 R(100 [Ω])은 파고치를 낮추는 효과가 있음을 확인하였다. 앞으로는 본 내용을 기초로 하여 진공차단기의 개폐써지 측정과 적정한 써지흡수기 선정에 본 내용이 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

7. 참고문헌

- (1) 日本電氣學會 技術報告書(2部) 第 422號 "真空遮斷器. 開閉器サ-ジと適用技術", 1992
- (2) BPA, "Electric-Magnetic Transients Program Rule Book" 1985.