

EMTP/TACS를 이용한 초고압선로 HSGS-적용제폐로 방식의 구현

최 보수*, 채 명석, 임 한석, 신 중린
 건국대학교 공과대학 전기공학과

Implementation of HSGS-Adaptive Reclosing Scheme for EHV Transmission System using EMTP/TACS

Choi, Bo-Soo* Chae, Myung-Seck Yim, Han-Suck Shin, Joong-Rin
 Dept. of Electrical Engineering, Kon-Kuk Univ.

Abstract

This paper presents the Implementation and performance simulation of HSGS(High Speed Ground Switch)-Adaptive scheme for EHV transmission. EMTP/TACS(Transient Analysis of Control System) functions are combined and used for the implementation and simulation. The simulation results are compared with those for the conventional reclosing scheme and discussed.

1. 서론

초고압 선로의 단상제폐로시 2차 아크의 빠른 소멸은 매우 중요한 요소이며, 최근 이를 위해 고속도 접지 스위치(High Speed Ground Switch:HSGS)의 채택이 신중하게 검토되고 있다[3]. 또한, 영구 사고 시에 제폐로를 하게 되면 개폐장치 등에 의한 충격으로 차단기, 선로, 변압기, 합선기 등에 과중한 충격을 주게 된다. 적용 제폐로 방식은 이러한 충격을 감소시킬 수 있으며 특히, 터빈 발전기 축의 비틀림 토크를 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다[2]. 본 연구는 초고압 선로의 합리적인 제폐로방식의 한가지 대안으로서 위 두 개념을 결합한 HSGS-적용제폐로 방식의 가능성을 EMTP로 구현하여 확인하고자 하였다. HSGS-적용제폐로 방식을 우리나라 신 태백 지역 2006년 예상송전계통(765kV 선로포함)에 적용시켰을 때 발전기축 비틀림 토크등 시스템에 미치는 전반적인 영향을 EMTP 모의실험을 통해 고찰하였다. HSGS-적용제폐로 scheme의 구현을 TACS(Transient Analysis of Control Systems) 프로그램을 이용하였다. EMTP/TACS를 사용하여 HSGS-적용단상제폐로 scheme을 모의함에 있어 전체 모의 과정을 EMTP file 내에서 직접 처리할 수 있도록 함으로써 모의과정의 간편화를 기하였다.

2. 고속도 접지스위치(HSGS)

HSGS는 송전선의 사고상을 차단한 후 사고 상의 양단을 고속으로 접지 하여서 2차 아크전류를 소호시키고, 그 후에 신속하게 접지장치를 개방하여 차단된 상을 제폐로 시키는 것으로서 어떠한 사고 양상에 대해서도 2차 아크를 단시간에 소호시킬 수 있으며 풍속 등 외부에 영향을 받지 않아 1초 이내의 제폐로 실시가 가능한 방식이다. HSGS는 스위치가 투입되는 상이 사고 상인가 확인하기 위하여 풍상 10-15사이클의 투입 지연 시간을 가지며 아크경로가 HSGS가 개방되기전 비이온화 되었던 지 확인하기 위하여 10-15사이클의 개방 지연 시간을 갖는다.[3]

3. 적용제폐로

송전선로에 대한 적용제폐로는 송전선로의 특성에 따라, 그 선로의 차단기 제폐로 시퀀스와 타이밍을 제어하는 것이다. 이와 같은 제폐로의 주요한 임점은 임의의 다상 고장이 있는 선로의 사고 존속시에 제폐로 가능성을 제거할 수 있다는 데 있다.[1] 이것은 트립된 선로를 순차적으로 제폐로하고 트립된 상의 전압을 측정함으로써 실현할 수 있다. 지속된 고장의 존재를 식별한 다음 제폐로가 저지되거나 아니면 적절하게 투입될 수 있다.

4. EMTP/TACS에 의한 HSGS-적용제폐로 방식의 구현

TACS 프로그램은 과도 해석 프로그램인 EMTP와 연결하여 계통의 과도현상을 해석할 수 있다. TACS와 EMTP를 함께 사용하기 위해서는 EMTP에서 사용하는 계통소자와 TACS에서 구성되는 관련 제어계 사이의 동적관계를 분석해야 한다. 전력계통과 제어계통은 매 계산 과정마다 EMTP와 TACS 프로그램에서 각각 분리하여 계산된다. 그러나, 이 둘 각 프로그램에서 계산된 각 변수들은 그림 1과 같이 서로 다른 프로그램으로 입력된다. 즉 TACS 프로그램은 계통의 모선전압, 선로전류, 스위칭의 상태 또는 전력계통에서 지정되는 변수들을 외부 입력신호로 받아들이게 된다. 또한 제어계(TACS)의 모든 신호는 전압 또는 전류원 사이리스터 밸브의 점호 신호와 스위치의 작동 신호로써 전력계통(EMTP)에서 사용된다

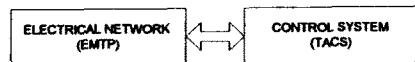


그림1. 전력계통(EMTP)과 제어계(TACS)의 연결관계
 Fig1. Relation between EMTP and TACS

본 연구에서는 EMTP에서 각 상의 전압을 TACS의 외부 입력 신호로 사용하였으며 이 값들을 기초로 HSGS-적용 단상 제폐로를 위한 계전시스템을 TACS로 구현하였다. TACS의 출력과 신호는 EMTP계통의 차단기 동작 신호로서 사용된다.

(1) EMTP시스템의 구성

모의대상 계통은 2006년 우리나라 북태백지역 예상계통으로서 그림 2와 같다.

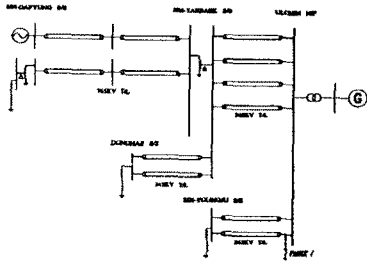


그림 2. 표본 계통
Fig2. Sample system

(2) HSGS-적용재폐로 논리

그림 3은 HSGS-적용재폐로 논리를 나타낸다. 이와 같은 논리를 TACS의 내장함수 논리회로 보조함수 등을 이용하여 구성하였다. V_G 와 V_s 은 각각, 지락사고 판별과 단락사고 판별을 위한 기준값이다.

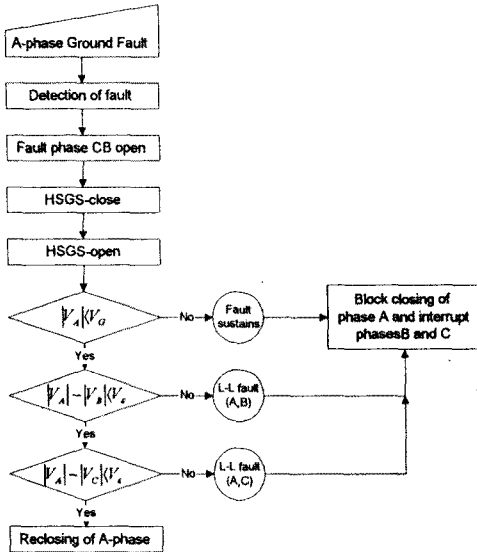


그림 3. HSGS-적용재폐로 논리
Fig 3. HSGS-Adaptive Reclosing Logic

5. 시뮬레이션 결과 및 검토.

단상 지락 사고인 경우, 단상재폐로에 있어서 기존의 방식과 HSGS-적용재폐로 방식을 비교하였다. 비틀림 토크를 비롯해 시스템에 미치는 전반적인 영향을 고찰하였다. 단상재폐로시 dead time은 30cycle로 모의하였으며, 차단기 동작시간은 3cycle로 하였다. 적용재폐로시 사고 판별을 위한 시간 지연은 3cycle로 모의하였다.

시뮬레이션을 통해, 일시적인 사고 시에 HSGS에 의한 과도 안정도의 향상과 2차아크 소화에 따른 안전성의 향상을 가짐을 검증할 수 있었다. 영구적인 사고시에는 적용재폐로 논리를 통해 재폐로에 의해 2차 충격을 방지함으로써 비틀림 토크를 비롯해 시스템 전반에 걸쳐 기존의 재폐로 방식과는 두드러진 차이가 남을 볼 수 있었다. 본 연구에서는 영구적인 사고를 모의하였다. 앞으로, 시스템에 정교한 2차 아크 모델을 추가 삽입하여 일시적인 사고 시에 보여지는 HSGS-적용재폐로 scheme의 영향도 검토코자 한다.

(1) 터빈 발전기 축의 비틀림 토크

모의 실험에 사용된 Mass의 구성은 고압 터빈(HP), 저압 터빈(LP), 회전자(Gen)와 이를 연결하는 두 개의 축으로 구성된다. 그림 4에서 보여지듯이 IISGS-적용재폐로 scheme을 통해 성공하지 못한 재폐로시 야기되는 터빈-발전기 축의 비틀림 토크를 줄일 수 있다.

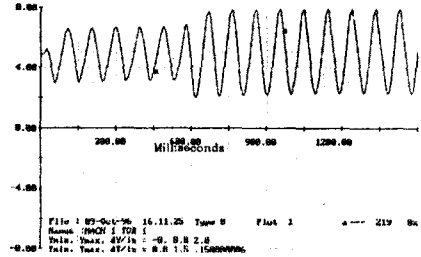


그림 4-1a. 단상 재폐로시 HP-LP 축의 토크
Fig4-1a. HP-LP Shaft torque(Single Phase Reclosing)

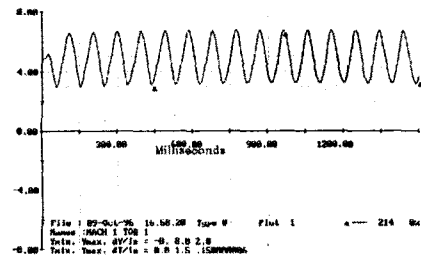


그림 4-1b. HSGS-적용 재폐로시 HP-LP 축의 토크
Fig4-1b. HP-LP Shaft torque (HSGS-Adaptive Reclosing)

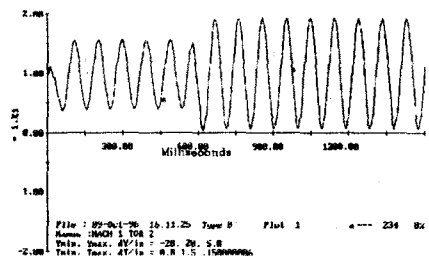


그림 4-2a. 단상 재폐로시 LP-GEN 축의 토크
Fig4-2a. LP-GEN Shaft torque (Single Phase Reclosing)

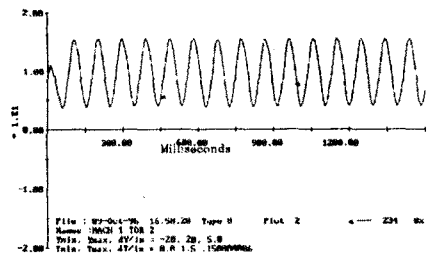


그림 4-2b. HSGS-적용 재폐로시 LP-GEN 축의 토크
Fig4-2b. LP-GEN Shaft torque (HSGS-Adaptive Reclosing)

(2) 발전단에 나타나는 개폐서지 전압

그림 5는 기존의 제페로 방식과 HSGS-적용 제페로 방식을 발전단에 나타나는 개폐 서지 전압의 관점에서 비교한다. 이를 볼 때 제페로에 따르는 2차 충격이 HSGS-적용 제페로 방식에는 거의 나타나지 않음을 볼 수 있다.

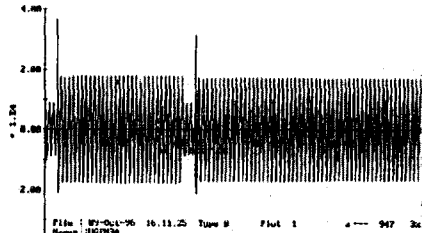


그림 5a. 단상 제페로시 발전단의 전압
Fig5a. Generator Voltage (Single Phase Reclosing)

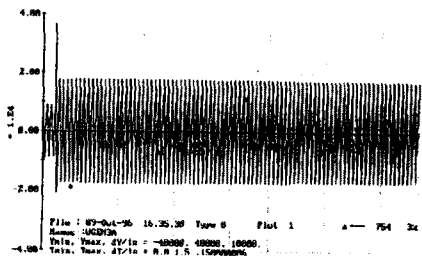


그림 5b. HSGS-적용 제페로시 발전단 전압
Fig5b. Generator Voltage (HSGS-Adaptive Reclosing)

(3) 발전단 전류

그림 6은 기존의 제페로 방식과 적용 제페로 방식을 발전단 전류의 관점에서 비교 고찰하였다.

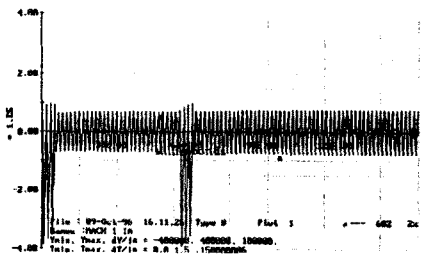


그림 6a. 단상 제페로시 발전단 전류
Fig6a. Generator Current (Single Phase Reclosing)

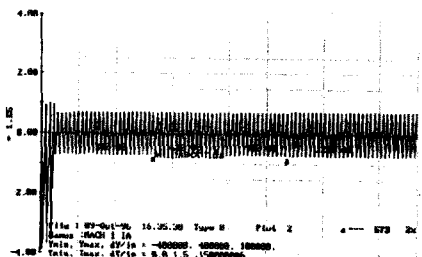


그림 6b. HSGS-적용 제페로시 발전단 전류
Fig6b. Generator Current (HSGS-Adaptive Reclosing)

(4) 과도 안정도

단상 HSGS-적용 제페로는 그림 7에서도 보이듯 이 과도 안정도의 향상을 나타낸다.

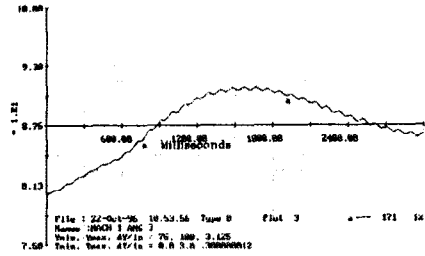


그림 7a. 단상 제페로시 swing 곡선
Fig7a. Swing Curve (Single Phase Reclosing)

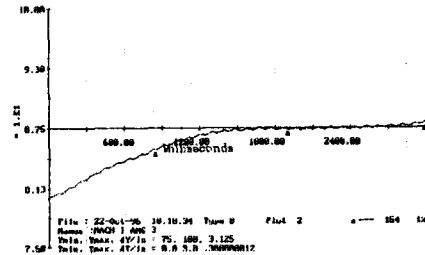


그림 7b. HSGS-적용제페로시 swing 곡선
Fig7b. Swing Curve (HSGS-Adaptive Reclosing)

6. 결론

본 연구에서는 EMTP/TACS를 이용하여 HSGS-적용제페로 Scheme을 구현하였다. EMTP에서의 고장 데이터와 개진시 시스템의 신호를 통합 처리함으로써 모의 과정의 축소는 물론 시스템에 따른 제페로 scheme의 책정을 더욱 용이하게 할 수 있는 표본을 제시하였다. HSGS-적용제페로가 시스템에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 우리나라 실제계통 중 과도안정도 취약 지대라 할 수 있는 울진 신영주 구간이 포함되어 있는 2006년 가상 송전 시스템에 적용시켰다. 이를 통하여 초고압선로에 있어서 HSGS-적용제페로가 기존의 여러 제페로 방식보다 우수한 특성을 보임을 확인하였다. 앞으로 좀 더 정교한 모델링과 시뮬레이션을 통하여 초고압선로의 제페로 방식에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다.

Reference

[1] A.G.Phadke, S.H.Horowitz, A.G.McCabe, "Adaptive automatic reclosing" CIGRE 1990 Session 26th August-1st September, (34-204)
 [2] A.M.El-Serafi, S.O.Faried, "Effect of adaptive reclosing on turbine-generator shaft torsional torques" IEEE Transactions on Power Systems on Power Systems, Vol. 9, No 4, November 1994,(pp. 1730-1737)
 [3] R.M.Hasibar, A.C.Legate, J.Brunke, W.G.Peterson "The application of High-Speed Grounding Switches for single-pole reclosing on 500kV power systems" IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No.4, April 1981,(pp. 1512-1515)
 [4] S.H. Horowitz, A.G.Phadke and J.S.Thorps "Adaptive Transmission System Relaying", IEEE transactions on Power Delivery, Vol.PWRD-3,1988, pp.1436-1445