

RTDS의 RSCAD 툴을 사용한 PSS2A PSS의 영향 분석 연구

\*이상성 \*\*박종근 \*\*문승일 \*\*윤용태

\*차세대지역에너지연구소 및 전력시스템연구소(기초전력연구원), \*\*서울대학교 전기컴퓨터공학부, 신림9동, 관악구, 151-742, 서울특별시

Analysis of PSS2A PSS using a RSCAD Tool of RTDS

S. S. Lee \*\*J. K. Park \*\*S. I. Moon \*\*Y. T. Yoon

\*RERI and PSRD (KESRI), \*\*Seoul National University, ShinLim-9Dong, KwanAk-Gu, Seoul, 151-742, Korea

**Abstract** - 전력계통안정화장치(PSS)는 전력안정화를 위하여 발전기의 여자기에 보조신호를 주입하여 전력계통의 진동분제를 해결할 수 있는 장치이다. 본 논문은 기존의 비실시간 툴 (PSS/E, EMTDC/PSCAD,.)을 사용한 경우와 달리 실시간 시뮬레이션 툴을 사용하여 전력계통안정화장치(Power System Stabilizer : PSS)의 영향 및 효과를 검토하였다. 이에 사용된 실시간 툴은 RTDS의 PC 버전인 RSCAD를 이용하여 분석하였다. 모의에 사용된 선로는 3상 3회선 송전선로이며 무한모선에 연결하였다. 사고는 3회선 중의 1회선 중앙에 3상 지락 상정 사고를 발생시켜 선로 차단 및 재투입을 고려하여 실시하였다. 본 연구에서 RSCAD에 대한 기존의 전통적인 형태인 IEEE의 PSS1A type과 보다 정교한 이중구조를 가진 PSS2A type을 사용하여 검토하였다. IEEE의 PSS1A type은 각속도  $\omega$ 를 측정하여 사용하고 PSS2A type은 각속도  $\omega$ 와 유효전력 P를 측정하여 사용할 수 있는 형태이다. 그리고 실시간 시뮬레이션 결과는 각속도  $\omega$ 와 유효전력 P를 측정하여 PSS의 입력에 주입하고 이에 대한 효과를 비교하였다.

를 여전히 선호해왔다. 이 고전적 안정화장치를 아직도 선호하는 것은 제어 지령시 전통적인 안정화장치의 파라미터 조정(tuning)의 편리함 때문일 것이다[1-6].

본 논문은 기존의 비실시간 툴 (PSS/E, EMTDC/PSCAD,.)을 사용한 경우와 달리 실시간 시뮬레이션 툴을 사용하여 전력계통안정화장치 (Power System Stabilizer : PSS)의 영향 및 효과를 검토하였다. 이에 사용된 실시간 툴은 RTDS의 PC 버전인 RSCAD를 이용하여 분석하였다. 모의에 사용된 선로는 2회선 송전선로이며 무한모선에 연결하였다. 사고는 3회선 중의 1회선 중앙에 상정 사고를 발생시켜 선로 차단 및 재투입을 고려하여 실시하였다[7].

본 연구에서 RSCAD에 대한 기존의 전통적인 형태인 IEEE의 PSS1A type과 보다 정교한 이중구조를 가진 PSS2A type을 사용하여 검토하였다. 여기서 사용된 실시간 RTDS는 실시간으로 DSP 보드에 계산이 이루어지며, 그 결과는 저장된다. 시뮬레이션에 필요한 구의 데이터는 RSCAD에서 온라인으로 불러올 수 있으며, 원하는 부분의 파형을 세밀하게 관측이 가능하고 관측된 파형은 저장이 가능하다.

1. 서 론

발전기를 포함한 전력계통은 인건 모선이나 원거리에 있는 모선에서 사고나 선로 차단 등이 발생하면 이로 인하여 저주파진동을 일으키게 된다. 이러한 저주파 진동은 지속하거나, 만일 적절한 제동을 이용할 수 없다면, 발전기는 심하게 흔들리거나 계속해서 진동현상이 증가하게 되어 불안정한 상태로 되거나 탈조하게 된다. 이런 현상이 심각할 경우 해당발전기들을 그 즉시 계통을 분리시켜야 한다.

계통의 저주파 진동을 개선하기 위하여, 발전기는 여자기의 보조적으로 안정화 신호를 제공하는 전력계통안정화장치(Power System Stabilizer : PSSs)를 갖추어야 한다. 전력계통 내 발전기의 여자기 입력에 보조신호로서 주입하여 제동효과를 주는 PSS에 적용되어 현재 사용되고 있는 PSS를 살펴보면 다음과 같다. 그 구조는 Lead-Lag Compensator 형태이고, 속도 입력, 주파수 입력, 전력 입력을 사용하는 3가지 종류의 안정화장치가 있다. 이중 대표적인 형태는  $\omega$ (PSS1A type)와  $\omega + P$ (PSS2A type)를 입력으로 하는 2가지 형태가 가장 많이 사용되고 있다. 기본적인 개념은 F. P. deMello and C. Concordia에 의해 많은 연구가 이루어졌다[1].

이는 보조 입력 신호를 활용하는 안정화장치의 일반적인 주파수 응답 특성을 논하며, 주파수 대역과 성능 회를 좌우하는 기본적인 개념도 같이 다룬다. 각기 다른 구조의 현대 제어 기법의 잠재력에도 불구하고, 전력회사들은 여전히 전통적인 진상-지상(lead-lag) PSS 구조

2. 전력계통안정화장치(PSS)

본 논문에서 사용된 대표적인 전력계통안정화 장치의 형태는 그림 1과 그림 2에서와 같다. 이는 IEEE PSS1A type과 PSS2A type의 두 가지이다. PSS1A type은 각속도  $\omega$ 를 입력으로 하고 PSS2A type의 경우는 각속도  $\omega$ 와 전기적 출력  $P_e$ 의 두신호를 결합하여 이용하는 2중 구조로 되어있다.

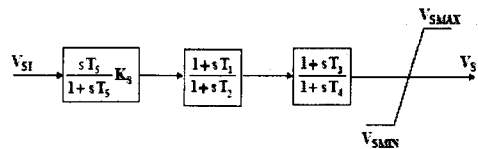


그림 1 IEEE PSS1A type의 전력계통안정화장치

속 속도를 입력받는 전력계통 안정화장치는 실용적으로 지상/진상 단계를 활용하여 관성 주파수 대역에 대해 GEP(s)의 위상 지연을 보상해야 한다. 이득은 높은 주파수에서 얻음으로써 노이즈의 타격을 줄이고 비틀림 상호작용을 최소화하며, 결과적으로 저주파 통과(low-pass) 및 대역소거필터(band-reject filter)가 필요하게 된다. 세정(washout) 단계가 포함되어 시스템 주파수가 바뀔 때 따라 정상상태 전압 치우침을 방지한다.

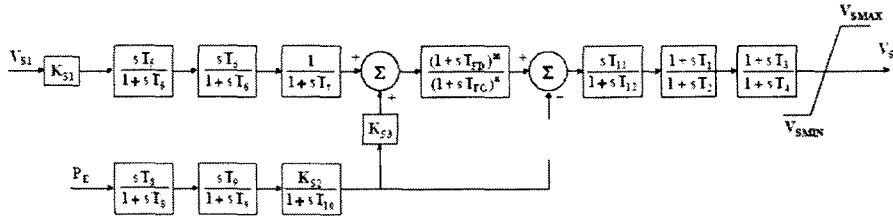


그림 2 IEEE PSS2A type의 전력계통안정화장치(PSS)

그림 3은 RSCAD상의 1기 무한모선의 3상3선식을 표시한 송전선로이다. 송전선로구성은 3상 3회선으로 되어 있으며, 윗부분이 2회선으로 아랫부분이 1회선으로 되어 있다. 모의를 위하여 아랫부분의 중앙에 Line-Ground

점을 설정하여 3상 지락사고를 발생시킬 수 있도록 되어 있다. 왼쪽은 무한모선을 구성한 부분이다. 그리고 발전 원은 오른쪽에 연결하도록 되어 있다.

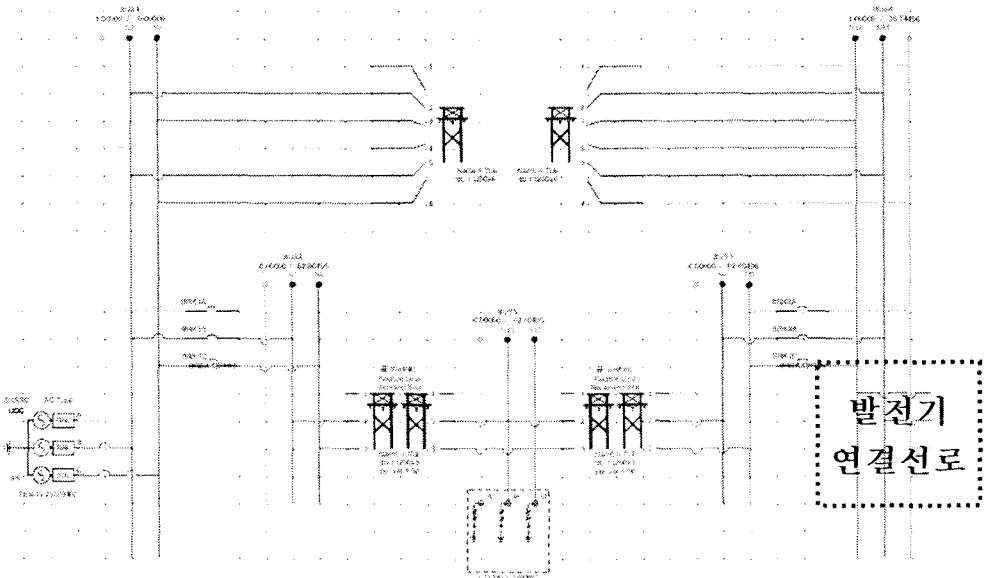


그림 3 RSCAD상의 1기 무한모선의 송전선로

그림 4는 RSCAD상의 측정 단자이다. 첫 번째 그림은 각속도를 측정하여 표시할 수 있도록 신호를 전송해주는 부분이고, 중앙에는 각속도 단자가 있고, 왼쪽에는 N1, N2, N3와 오른쪽에는 N10, N11, N12의 단자로 구성되어 있다. 두 번째 그림은 내부에서 처리되는 Digital 신호를 외부에 Analog 신호를 출력해 주는 부분이며, 8개의 단자를 가지고 있다.

그림 5는 RSCAD상의 사고 및 차단기 로직이다. RSCAD상의 사고 및 차단기 로직의 구성은 2개의 S-R 플립플롭으로 되어 있다.

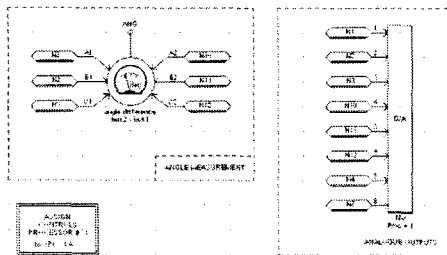


그림 4 RSCAD상의 측정 단자

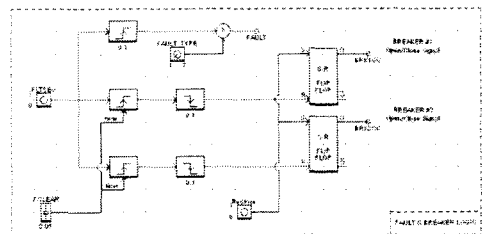


그림 5 RSCAD상의 사고 및 차단기 로직

그림 6은 RSCAD상의 노드 연결 정보이다. 왼쪽 부분은 첫 번째 마디 번호를 나타낸 것으로 N10-N15(6개의 단자)와 오른쪽은 두 번째 마디 번호를 나타낸 것으로 N16-N21(6개의 단자)으로 되어있고, 중앙에는 컨넥터 마

디를 위한 것으로 N1-N9(9개의 단자)으로 구성되어 있다.

그림 7은 RSCAD상의 발전기 및 IEEE PSS2A type 선도이다. 왼쪽은 발전기와  $\Delta$ 와 Y의 3상변압기가 하나의 모듈로 되어 있다. 여자기는 IEEE type ST1이고 조속기는 IEEE Type 1이 부착되어 있다. PSS는 IEEE ST Type인 PSS2A가 부착되어 있다.

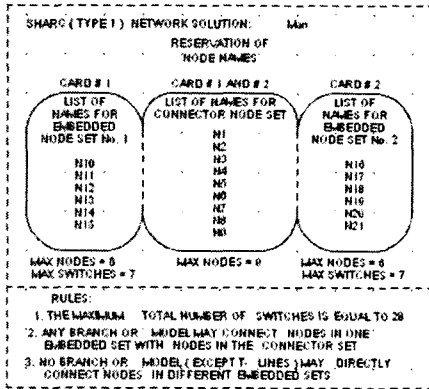


그림 6 RSCAD상의 노드 연결 정보

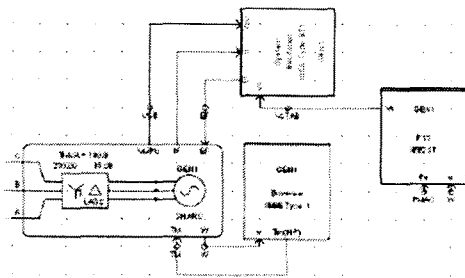


그림 7 발전기, 여자기, 조속기, PSS2A PSS 선도

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 각속도, 위상각, 유효전력, 무효전력, 및 제어입력에 대하여 수행하였지만, PSS2A type PSS OFF 및 PSS2A type PSS ON 시에 각속도  $\omega$ 만 파형을 표시하였다. 그 외 여러 가지 출력신호를 추가적으로 나타낼 수도 있다. 시뮬레이션시에 파형을 나타내는 방법은 EMTC/PSCAD와는 약간 다르게 되어 있다. 시뮬레이션 결과는 그림 8에 비해 그림 9에서는 다소 만족할 만한 댐핑효과를 보여주고 있다. 그림 10은 PSS 제어입력의 주입 파형이다.

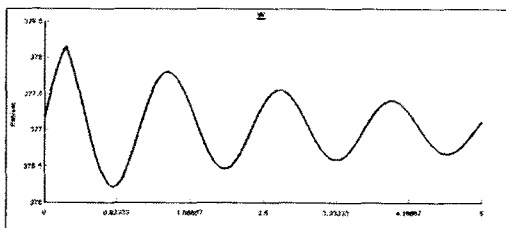


그림 8 PSS2A type PSS OFF

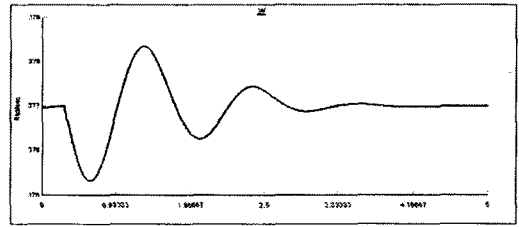


그림 9 PSS2A type PSS ON

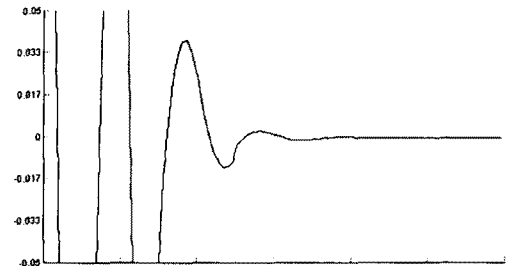


그림 10 PSS 제어입력

### 4. 결 론

이 논문에서는 실시간 시뮬레이션 툴인 RTDS의 RSCAD 툴을 사용하여 계통의 중요상태를 분석하였다. 계통의 사고이후 중요상태를 댐핑하는데 있어 현재 가장 많이 사용되고 있는 PSS2A type 전력계통안정화장치(PSS)를 적용하여 검토하였다. 계통선로 중 하나의 선로에 사고를 발생시켜 계통을 동요하게 만든 후 PSS를 투입하여 그 제어효과를 분석하였다. 영향 분석효과는 아주 양호한 편은 아니지만 만족할 만한 수준으로 제어됨을 볼 수 있었다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 주관으로 수행된 과제이며 관리기관 관계자들에게 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] F. P. deMello and C. Concordia, "Concepts of synchronous machine stability as affected by excitation control", *IEEE Trans.* Vol. PAS-88, April 1969, pp. 189-202.
- [2] E. V. Larsen and D. A. Swann, "Applying power system stabilizers Part I: General concepts", *IEEE Trans.* Vol. PAS-100, June, 1981, pp. 3017-3033.
- [3] Y. N. Yu, "Electric power system dynamics", Academic Press, 1983.
- [4] P. Kundur, "Power system stability and control", McGraw-Hill Press, 1994.
- [5] P. W. Sauer and M. A. Pai, "Power System Dynamics and Stability", Prentice Hall, 1998.
- [6] P. M. Anderson and A. A. Fouad, "Power System Control and Stability", IEEE Series on Power Engineering, Second Edition, 2003.
- [7] "Real-Time Digital Simulator Tutorial Manual(RSCAD Version)", *RTDS Technology*, October, 2003.