

수력 발전기 제어시스템의 계자상실 모델링과 시뮬레이션

Modeling and Simulation of Loss of Excitation of Hydro Generator Control System

박 철 원[†]
(Chul-Won Park)

Abstract - Generator protection device has to detect an internal fault conditions in generator and abnormal operating conditions must be due to the hazards. Loss of excitation may cause generator itself failure as well as serious operating problem in power system, and then requires an appropriate response of generator protection device. Details modeling of generator control system and analysis of transient states in generator are important for optimal operation in power plants. In addition, the fault simulation data are also used for testing the characteristics of IED. In this paper, the hydro generator control system using PSCAD/EMTDC, visual simulation for power systems, was modeled. The generator control system which is composed of generator, turbine, exciter, governor was implemented. The parameters of generator control system model were obtained from field power plant. Loss of excitation simulations were performed while varying the fixed load. Several signals analysis were also performed so as to analyze transients phenomena.

Key Words : Exciter, Generator control system, Governor, IED, Loss of excitation, Modeling, PSCAD/EMTDC, Transients phenomena, Turbine

1. 서 론

전력계통을 합리적, 안정적으로 운용하기 위하여 안정도 해석과 신뢰도가 요구된다. 발전기, 터빈, 여자기, 조속기, 안정화장치 등으로 구성되는 대용량 수력발전기 제어시스템은 발전소계통 뿐만 아니라 더 나아가 전력계통 신뢰도에도 큰 영향을 미친다[1].

발전기보호용 IED는 발전기의 내부고장과 꼭 연계되지는 않지만 발전기가 종종 꺾게 되는 비정상 운전상태로 인한 위험들도 검출해야 한다. 발전기의 비정상적인 운전상태는 계자상실(loss of excitation), 불평형전류(unbalanced currents), 동기상실(loss of synchronism), 과여자(overexcitation), 역전력(motoring), 과전압, 비정상적인 주파수상태 등이 있다[2,3]. 발전기 제어시스템에서 여자 시스템에 의하여 공급된 직류계자는 계자권선을 자화시켜 동기발전기에서 회전자속과 내부전압을 만들어낸다. 발전기가 계자를 상실하면, 계자시상수에 따라 회전자전류가 점차적으로 감소하고 계자전압은 천천히 감소한다. 결국 발전기는 무효전력을 공급하는 대신에 전력계통으로부터 무효전력을 소비하기 시작한다. 또 발전기의 계자상실로 인해 발전기는 유도발전기가 되고 전력동요의 발생원으로 계통전압이 강하하여 탈조의 원인이 되기도 한다. 이를 방지하게 되면 회전자가 심하게 손상이 될 수 있다[4,5]. 그러므로 발전소의 최적운영

을 위하여 발전기 제어시스템의 제어요소 모델링과 검증, 데이터 확보, 계자상실에 따른 과도상태 해석이 요구된다. 또한, 사고 시뮬레이션과 계자상실 데이터 확보는 대용량 발전기용 IED의 특성시험에도 긴요하게 사용된다[6].

국내에서 진행된 발전기 제어계의 모델링으로 참고문헌[7]에서는 부하차단시험에 의한 서인천복합화력발전기-제어계의 모델링 및 검증이 이루어졌으며, 참고문헌[8]에서는 MathCAD와 RSCAD를 이용하여 보호계전기 시험 훈련코스가 개발되었다. 참고문헌[9]에서는 고정밀 전력설비 모델 개발과 전력계통 교육, 훈련 시스템 구축에 관한 연구가 이루어졌다. 참고문헌[10]에서는 PSS/E를 이용한 시화조력발전소의 발전기시스템 모델링과 동적 시뮬레이션이 발표되었고, 참고문헌[11]에서는 평택복합화력 발전기-제어계 특성시험과 KPX 제출용 PSS/E 프로그램 동적 모델 정수 도출을 위한 연구가 수행되었다. 참고문헌[12]에서는 MATLAB를 이용하여 1기 무한대모선의 내부사고 모델링과 분석이 진행되었고, 참고문헌[13]에서는 개괄적인 발전기의 사고 시뮬레이션과 분석이 이루어졌다. 한편, 발전기 계자상실 현상분석 및 정정검토 기준 고찰과 발전기 계자상실 보호릴레이 적용에 관한 논문이 발표되었고, 국내 실제 화력발전기계통의 발전기 계자상실 릴레이 동작사례를 수집, 분석하고 GE 모(mho)형 릴레이 적용사례가 검토되었다[14,15].

본 논문에서는 전력시스템을 위한 visual simulation인 PSCAD/EMTDC v45를 이용하여 대용량 수력발전소의 발전기 제어시스템을 모델링과 시뮬레이션을 기술하고자 한다. 수력발전기 제어시스템은 현장으로부터 수집된 발전기정수, 여자시스템 정수, 조속기 및 터빈정수를 반영하여 발전기, 터빈, 여자기, 조속기를 구성하였다[1,11,13,16]. 고정부하를 가변하면서 여자기의 계자상실 사고모의를 수행하였으며 다

[†] 교신저자, 종신회원 : 강릉원주대학교 전기공학과 교수 · 공박

E-mail : cwpark1@gwnu.ac.kr

접수일자 : 2014년 3월 15일

수정일자 : 2014년 4월 11일

최종완료 : 2014년 5월 8일

양한 신호에 대한 과도현상을 분석하였다.

2. 발전기 제어시스템 모델과 계자상실 사고 모의

2.1 발전기 제어시스템 모델

그림 1은 동기발전기, 조속기가 있는 수력터빈 및 여자기로 구성된 발전기 제어시스템 모델을 나타낸다. 모델에 사용된 발전기는 수력용 동기발전기, 터빈은 서지탱크가 없는 간략모델(non-elastic water column without tank)인 수력터빈(Hydro TUR1), 조속기는 기계적인 제어 방식(mechanical hydraulic controls)인 수력조속기(Hydro GOV1), 여자기는 IEEE alternator supplied rectifier excitation system #1(AC1A)이고, PSCAD/EMTDC에서 구현되었다[1,16].

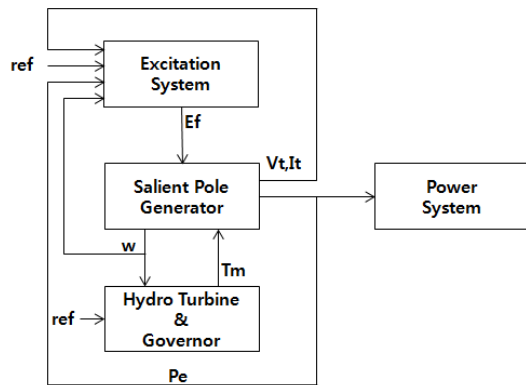


그림 1 발전기 제어시스템 모델
Fig. 1 Generator control system model

2.2 발전기 계자상실 사고모의 구성

그림 2는 PSCAD/EMTDC에 의한 발전기 계자상실 사고모의를 나타낸다. 발전기용량은 120[MVA]이고, 정격유효전

력은 108[MW]이며, 선간전압은 24[kV]이다. 과도리액턴스(X'_d)는 0.3447[pu]이고, 동기리액턴스(X_d)는 0.9631[pu]이다. PT비와 CT비는 각각 13.8[kV]/110[V], 8000/5[A]이다. 승압 변압기 1차측 전압은 24[kV]이며 2차측 전압은 345[kV]이다. 총시물레이션 시간은 50[sec], 계자상실 개시시간은 15[sec], 시물레이션 시간간격은 104.167[us]로 하였다 [1,11,13,16].

선정한 모델계통은 발전기 제어시스템으로부터 Δ-Y 승압 변압기와 coupled PI section 선로를 거쳐서 무한대 모선에 연결된다. 수력조속기와 수력터빈을 이용하여 기계적 토오크(T_m)와 각속도(ω)를 제어하도록 했다. S/H 회로를 사용하여 전이(transition) 시간은 0.3[sec]으로 선정하여 여자기의 V_{ref} 에 인가하였다. 변압기후단의 고정부하는 3상차단기 BRK1, BRK2, BRK3으로 부하의 크기를 시간차단논리(Timed Breaker Logic)에 의해 제어하였다. 또 Coupled PI section 선로후단에 있는 고정부하의 단상 정격유효전력과 정격무효전력은 각각 110[MW], 30[MVAR]로 하였다.

2.3 발전기 계자상실 시물레이션과 과도현상 분석

여자기사고는 여자기권선의 전원회로에서 개방을 발생시켜 여자전류 입력이 0으로 되도록 완전히 상실시켜 모의하였다. 이때 변압기후단의 고정부하를 배분해서 정상부하, 2/3부하, 1/3부하 형태로 구분하여 계자상실 사고모의를 수행하였다.

2.3.1 정상부하 투입

부하가 발전기의 정상출력을 정상부하에 공급할 수 있도록 모의한 후, 여자전압을 15[sec] 이후에 개방하여 여자전류를 0으로 하고 발전기 상태 변화를 관찰하였다. 그림 3은 정상부하 투입시 계자상실시의 여러 가지 신호를 나타낸다.

PSCAD/EMTDC에 의한 시물레이션의 타당성 검증은 아래에 기술한다.

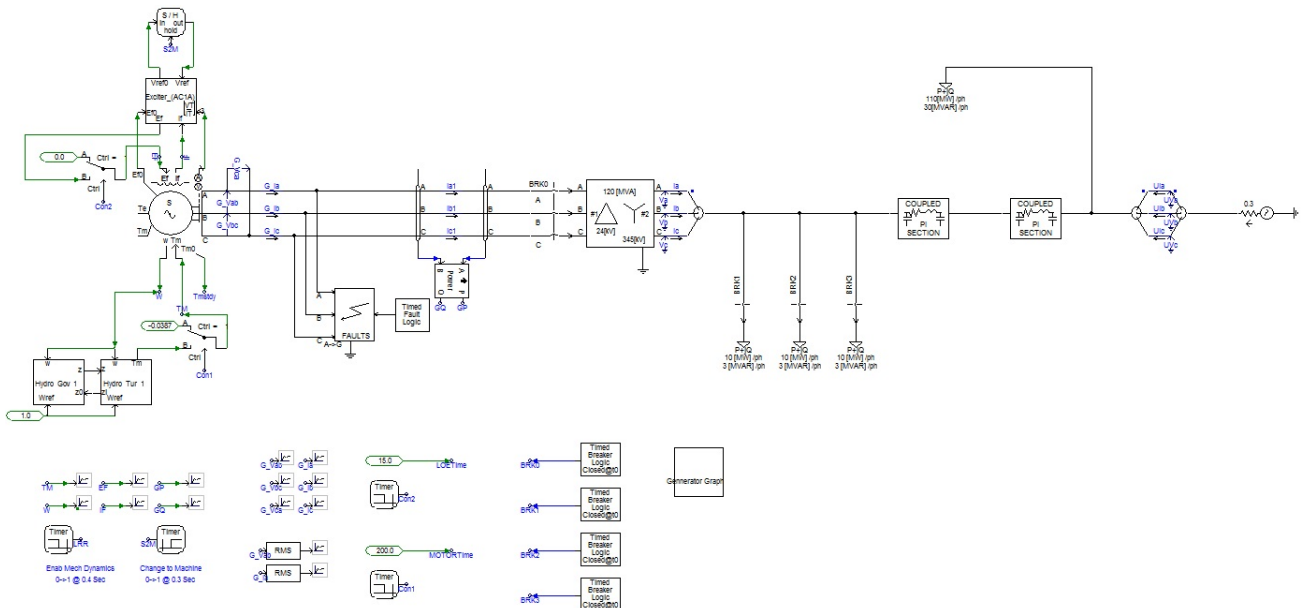


그림 2 PSCAD/EMTDC에 의한 발전기 계자상실 사고모의
Fig. 2 Fault simulation of loss of excitation in generator using PSCAD/EMTDC

본 시뮬레이션의 이론치 선간전압은 24[kV]이고 이론치 상전류는 2.8[kA]이다. 그림 3(a)의 발전기 실효치 단자전압은 초기에 진동하다가 안정된 전압 13.8[kV]를 보이고 있고 실효치 발전기 전류도 초기에 심하게 진동하다가 안정된 전류 2.8[kA]를 나타낸다. 그림 2에서, 발전기 단자전압은 실효치 상전압($G-V_a$)rms로 계측하기 때문에 시뮬레이션된 13.8[kV]값은 선간전압의 $\sqrt{3}$ 배임을 알 수 있다. 발전기 전류는 실효치 상전류($G-I_a$)rms로 계측하기 때문에 시뮬레이션된 2.88[kA]값은 이론치와 동일함을 알 수 있다. 또 유효전력은 발전기 전류의 영향으로 초기에 심하게 진동하다가 116.5[W]를 나타낸다. 이는 역률은 0.9, θ 는 25.8임으로 고려해 볼 때 이론치 정격유효전력과 유사한 값을 알 수 있다.

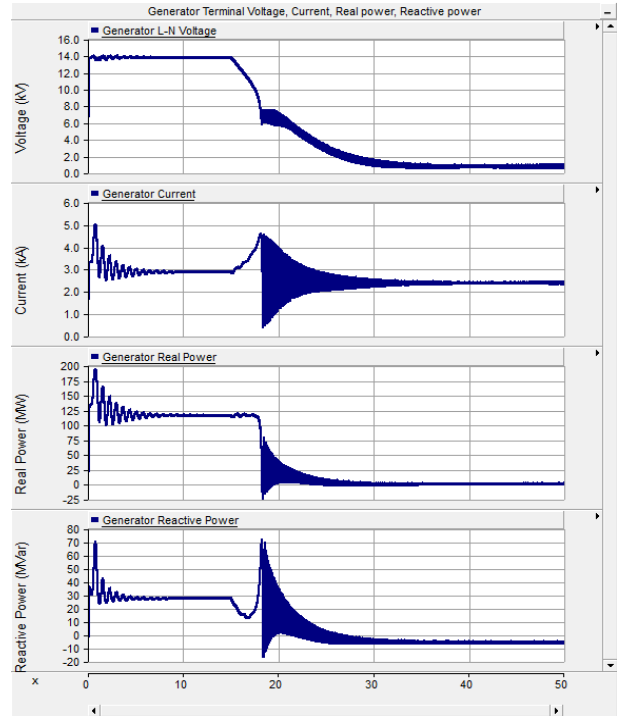
시뮬레이션에 따른 여러 가지 신호의 과도현상 분석은 다음과 같다. 그림 3(a)의 발전기 실효치 단자전압은 초기에 다소 진동하다가 정상상태 전압 13.8[kV]를 나타낸다. 15[sec]에서 계자상실 직후 발전기 단자전압은 감소하기 시작하여 40[sec] 시점에서 0.8[kV] 정도가 되는 것을 알 수 있다. 발전기 실효치 전류는 초기에 심하게 진동하면서 9[sec]까지 과도상태를 보이다가 정상상태 실효치 전류 2.88[kA]를 나타낸다. 계자상실 직후 발전기 전류는 3[sec] 동안 상승하다가 최대치 4.5[kA]이후 심하게 진동하면서 감소하다가 40[sec] 시점에서 2.4[kA] 부근으로 감소하는 것을 알 수 있다.

발전기 유효전력은 발전기 실효치 전류와 유사한 패턴을 보이며 초기부터 12[sec]까지 진동하며 과도상태를 보이다가 정상상태 유효전력 116.5[MW]를 나타낸다. 계자상실 이후 2.8[sec] 동안 미소한 진동을 보인 후 급격하게 감소하여 40[sec] 시점에서 0[MW]가 되는 것을 알 수 있다. 발전기 무효전력은 초기부터 8.8[sec]까지 진동하며 과도상태를 보이다가 이후에 27.4[Mvar]을 유지하게 된다. 계자상실 직후 발전기 무효전력은 감소하다가 진동하면서 40[sec] 시점에서 -5.4[Mvar]을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 전력계통으로부터 무효전력을 소비하고 있음을 의미한다.

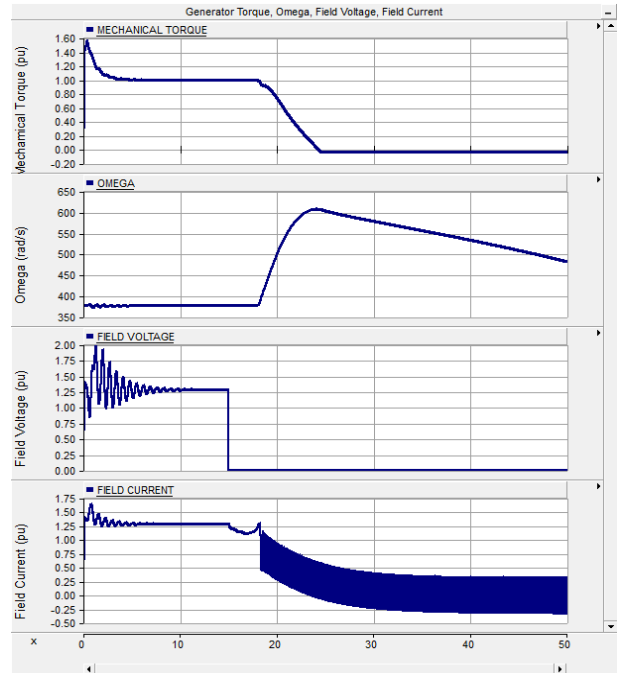
그림 3(b)의 발전기 기계적 토오크는 초기에 1.6[pu]로 상승되었다가 5.4[sec]후에 1[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실 이후 3[sec]가 경과된 18[sec]에서부터 감소되다가 6[sec]가 경과된 24[sec]에 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다. 각속도는 초기부터 377[rad/sec]로 정상상태를 유지하게 된다. 계자상실 이후 3[sec]가 경과된 18[sec]에서 급격하게 상승하기 시작하다가 24[sec]에서 최대치 608[rad/sec]이 되고 이후 감소하는 것을 알 수 있다.

계자전압은 초기부터 11[sec]까지 진동하며 과도상태를 보이다가 1.28[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실 직후 계자전압은 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다. 계자전류는 초기부터 7[sec]까지 진동하다가 1.28[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실직후부터 계자전류는 심하게 진동하면서 감소하는데 40[sec] 시점에서 -0.1[pu] 전압을 보이며 -0.33~0.30[pu] 범위에서 동요하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 계자상실시의 순시치 전압 및 순시치 전류신호를 나타낸다. 발전기 순시치 전압은 초기에 다소 진동하다가 최대치 19.5[kV]인 3상 정현파 전압을 유지하게 된다. 계자상실 순간부터 발전기 전압은 불평형 상태를 보이면서 급격하게 저하되다가 30[sec] 부근에서부터 서서히 감소하는 것을 알 수 있다. 발전기 순시치 전류는 초기부터 진동하다가



(a) Generator Terminal Voltage, Current, Real Power, Reactive power



(b) Generator Torque, Omega, Field Voltage, Field current

그림 3 계자상실시의 여러 가지 신호(정상부하)

Fig. 3 Several signals during loss of excitation(full load)

8.8[sec]에서 최대치 4[kA]인 3상 정현파 전류를 유지하게 된다. 계자상실 순간부터 발전기 전류는 불평형 상태를 보이면서 일시적으로 증가하다가 18.1[sec] 부근에서부터 진동하면서 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

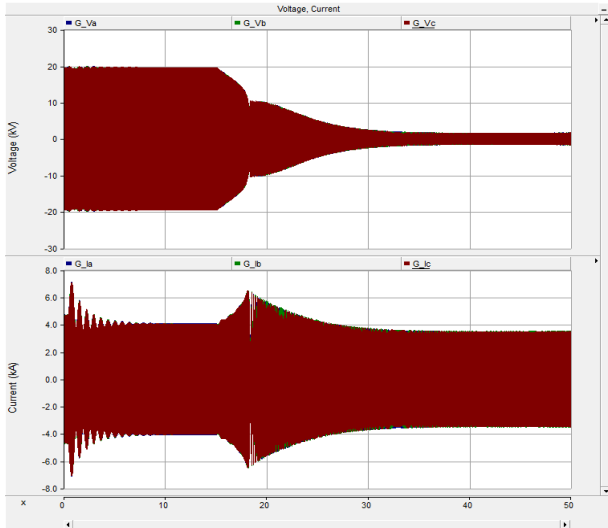


그림 4 계자상실시의 전압 및 전류신호(정상부하)
 Fig. 4 Voltage and current signals during loss of excitation (full load)

2.3.2 2/3 부하 투입

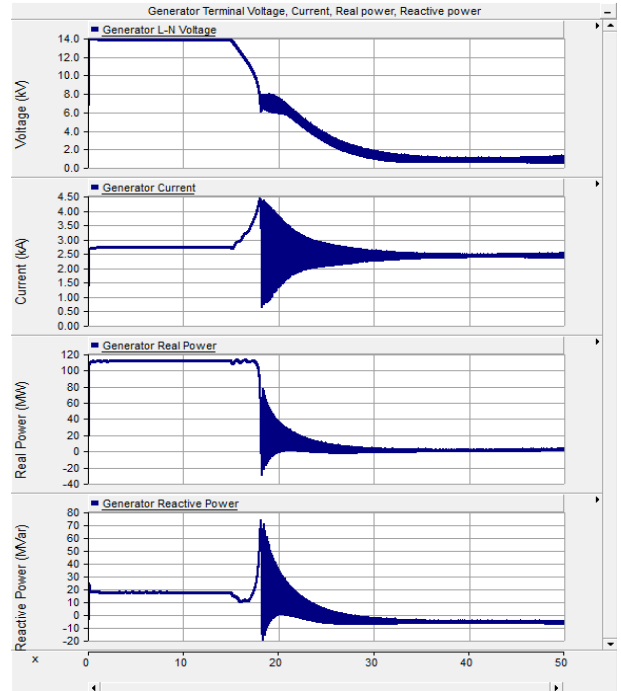
부하가 발전기의 2/3 출력을 정상부하에 공급할 수 있도록 모의한 후, 여자전압을 15[sec] 이후에 개방하여 여자전류를 0으로 하고 발전기 상태 변화를 관찰하였다. 그림 5는 2/3부하 투입시 계자상실시의 여러 가지 신호를 나타낸다.

그림 5(a)의 발전기 실효치 단자전압은 초기부터 안정된 정상상태 전압 13.8[kV]를 나타낸다. 15[sec]에서의 계자상실 직후 발전기 단자전압은 급격하게 감소하기 시작하여 40[sec] 시점에서 0.9[kV] 정도가 되는 것을 알 수 있다.

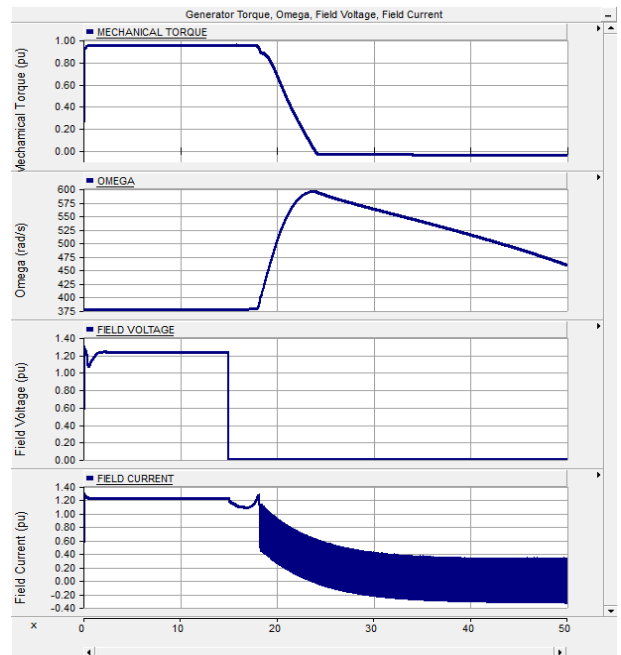
발전기 실효치 전류는 초기부터 안정된 정상상태 실효치 전류 2.7[kA]을 나타낸다. 계자상실 직후 발전기 전류는 3[sec] 동안 상승하다가 최대치 4.25[kA]이후 심하게 진동하면서 감소하다가 40[sec] 시점에서 2.4[kA] 부근으로 감소하는 것을 알 수 있다.

발전기 유효전력은 발전기 실효치 전류와 유사한 패턴을 보이며 초기부터 2[sec]까지 다소 진동하다가 정상상태 유효전력 110[MW]로 안정된 값을 나타낸다. 계자상실 이후 2.5[sec] 동안 미소한 진동을 보인 후 급격하게 감소하여 40[sec] 시점에서 0[MW]가 되는 것을 알 수 있다. 발전기 무효전력은 초기부터 8.5[sec]까지 미소하게 진동하다가 이후에 17.3[MVar]을 유지하게 된다. 계자상실 직후 발전기 무효전력은 -10.9[MVar]까지 감소하다가 다시 급격하게 증가하여 28.5[MVar] 부근이후부터 진동하면서 감소하여 40[sec] 시점에서 -5.6[Mvar]을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 계자상실로 인해 전력계통으로부터 무효전력을 공급받고 있음을 의미한다.

그림 5(b)의 발전기 기계적 토오크는 초기부터 0.95[pu]의 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실 이후 3[sec]가 경과된 18[sec]에서 부터 급격하게 감소되다가 6[sec]가 경과된 24[sec]에 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다. 각속도는 초기부터 377[rad/sec]로 정상상태를 유지하게 된다. 계자상실 이후 3[sec]가 경과된 18[sec]에서 급격하게 상승하기 시작하다가 24[sec]에서 최대치 595[rad/sec]이 되고 이후 감소하는 것을



(a) Generator Terminal Voltage, Current, Real Power, Reactive power



(b) Generator Torque, Omega, Field Voltage, Field current

그림 5 계자상실시의 여러 가지 신호(2/3 부하)
 Fig. 5 Several signals during loss of excitation(2/3 load)

알 수 있다.

계자전압은 초기부터 2.25[sec]까지 다소 진동하며 과도상태를 보이다가 1.22[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실직후 계자전압은 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다. 계자전류는 초기에 과도상태를 보이다가 0.4[sec]이후 1.22[pu]로

안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실직후부터 계자전류는 심하게 진동하면서 감소하는데 40[sec] 시점에서 -0.1[pu] 전압을 보이며 -0.33~0.30[pu] 범위에서 동요하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 계자상실시의 순시치 전압 및 순시치 전류신호를 나타낸다. 발전기 순시치 전압은 초기부터 최대치 19.5[kV]인 3상 정현파 전압을 유지하게 된다. 계자상실 순간부터 발전기 전압은 불평형 상태를 보이면서 급격하게 저하되다가 35[sec] 부근에서부터 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

발전기 순시치 전류는 초기부터 최대치 3.8[kA]인 3상 정현파 전류를 유지하게 된다. 계자상실 순간부터 발전기 전류는 불평형 상태를 보이면서 일시적으로 증가하다가 18.7[sec] 부근에서부터 진동하면서 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

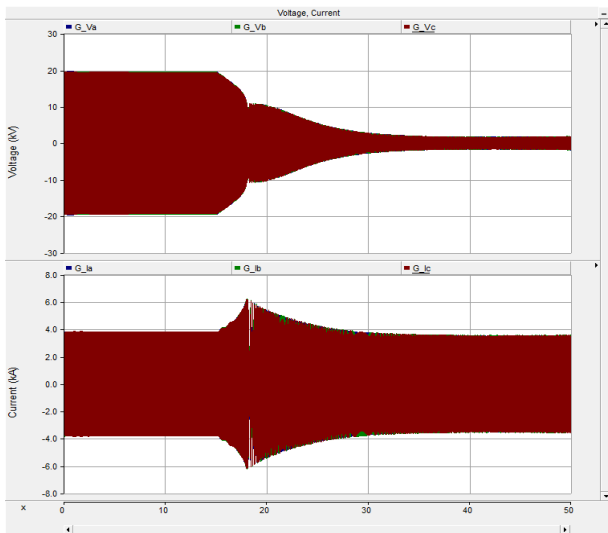


그림 6 계자상실시의 전압 및 전류신호
Fig. 6 Voltage and current signals during loss of excitation (2/3 load)

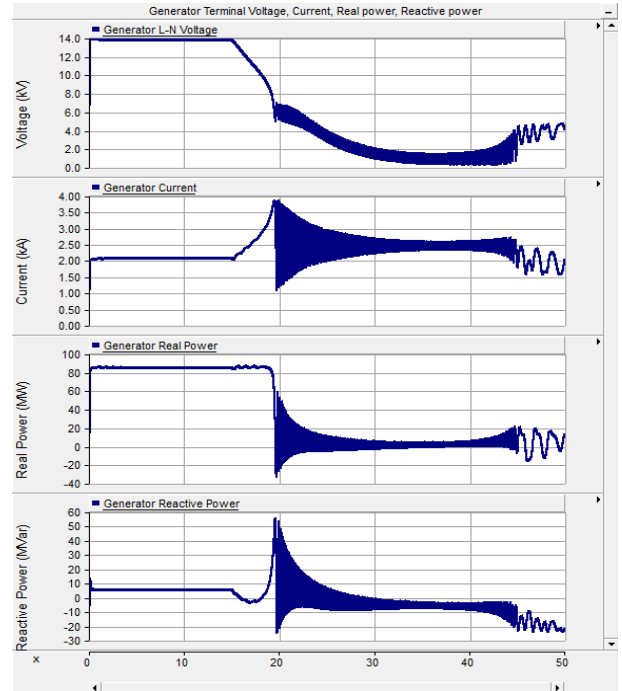
2.3.3 1/3 부하 투입

부하가 발전기의 1/3 출력을 정상부하에 공급할 수 있도록 모의한 후, 여자전압을 15[sec] 이후에 개방하여 여자전류를 0으로 하고 발전기 상태 변화를 관찰하였다. 그림 7은 1/3부하 투입시 계자상실시의 여러 가지 신호를 나타낸다.

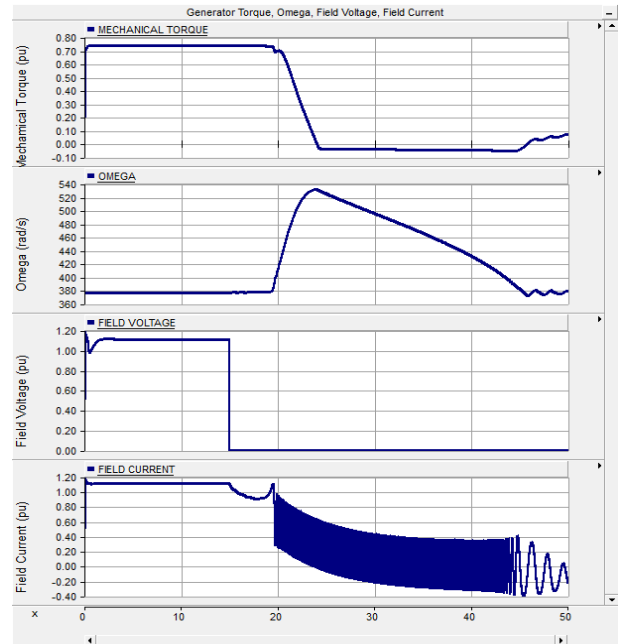
그림 7(a)의 발전기 실효치 단자전압은 초기부터 정상상태 전압 13.8[kV]를 나타낸다. 15[sec]에서의 계자상실직후 발전기 단자전압은 급격하게 감소하기 시작하여 40[sec] 시점에서 1.5[kV] 정도가 되며 심하게 동요하는 하는 것을 알 수 있다.

발전기 실효치 전류는 초기부터 정상상태 실효치 전류 2.06[kA]을 나타낸다. 계자상실 직후 발전기 전류는 4[sec] 동안 상승하다가 최대치 3.88[kA]이후 심하게 진동하면서 40[sec] 시점에서 2.4[kA] 부근으로 감소하는 것을 알 수 있다.

발전기 유효전력은 발전기 실효치 전류와 유사한 패턴을 보이며 초기부터 2.8[sec]까지 다소 진동하다가 정상상태 유효전력 8.6[MW]를 나타낸다. 계자상실이후 3.5[sec] 동안 미



(a) Generator Terminal Voltage, Current, Real Power, Reactive power



(b) Generator Torque, Omega, Field Voltage, Field current

그림 7 계자상실시의 여러 가지 신호(1/3 부하)
Fig. 7 Several signals during loss of excitation(1/3 load)

소한 진동을 보인 후 급격하게 감소하여 40[sec] 시점에서 0[MW]가 되는 것을 알 수 있다. 발전기 무효전력은 초기에 진동하다가 정상상태 무효전력 5.2[MVar]을 유지하게 된다. 계자상실 직후 발전기 무효전력은 -10.9[MVar]까지 감소하다가 19.3[sec] 부근에서부터 급격하게 진동하며 증가하여 53[MVar] 부근이후 진동하면서 감소하여 40[sec] 시점에서

-8.1[Mvar]을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 계자상실이후 발전기는 무효전력을 공급하는 대신에 전력계통으로부터 무효전력을 소비하고 되는 것을 의미한다.

그림 7(b)의 발전기 기계적 토오크는 초기부터 0.74[pu]의 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실이후 3.4[sec]가 경과된 18.4[sec]에서 부터 급격하게 감소되다가 5.6[sec]가 경과된 24[sec]에 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다.

각속도는 초기부터 377[rad/sec]로 정상상태를 유지하게 된다. 계자상실이후 3.2[sec]가 경과된 18.2[sec]에서 급격하게 상승하기 시작하다가 24[sec]에서 최대치 532[rad/sec]이 되고 이후 감소하는 것을 알 수 있다.

계자전압은 초기부터 2.8[sec]까지 다소 진동하며 과도상태를 보이다가 1.11[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실직후 계자전압은 0[pu]가 되는 것을 알 수 있다. 계자전류는 초기에 과도상태를 보이다가 0.4[sec]이후 1.11[pu]로 안정된 값을 유지하게 된다. 계자상실직후부터 계자전류는 심하게 진동하면서 감소하는데 40[sec] 시점에서 0.3[pu] 전압을 보이며 -0.35~0.32[pu] 범위에서 심하게 동요하는 것을 알 수 있다.

그림 8은 계자상실시의 순시치 전압 및 순시치 전류신호를 나타낸다. 발전기 순시치 전압은 초기부터 최대치 19.5[kV]인 3상 정현파 전압을 유지하게 된다.

계자상실 순간부터 발전기 전압은 불평형 상태를 보이면서 급격하게 저하되다가 35[sec] 부근에서 다시 진동하면서 증가하는 것을 알 수 있다. 발전기 순시치 전류는 초기부터 최대치 2.8[kA]인 3상 전류를 유지하게 된다. 계자상실 순간부터 발전기 전류는 불평형 상태를 보이면서 일시적으로 증가하다가 19.5[sec] 부근에서 진동하면서 서서히 감소하다가 43[sec] 부근부터 진동하는 것을 알 수 있다.

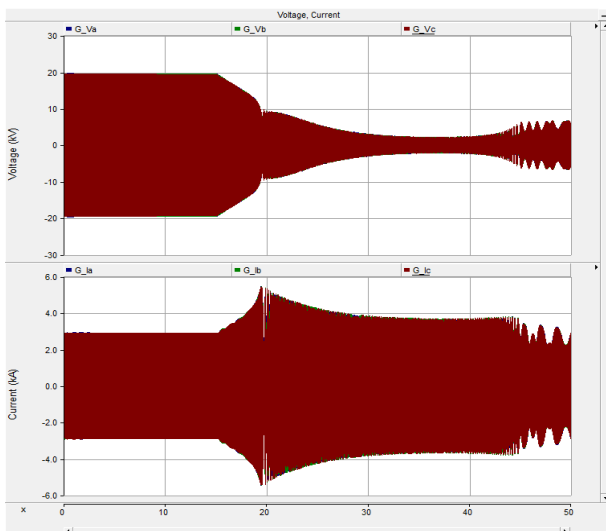


그림 8 계자상실시의 전압 및 전류신호

Fig. 8 Voltage and current signals during loss of excitation (1/3 load)

5. 결 론

발전기의 계자상실은 발전기 자체 소손뿐만 아니라 전력계통에도 심각한 운전상의 문제를 야기할 수 있기 때문에

적절한 대응을 필요로 한다.

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC v45를 이용하여 수력발전기 제어시스템 모델링을 구현하였다. 또 실제 현장으로부터 수집된 발전기, 여자시스템, 조속기 및 터빈 정수를 고려하여 발전기 제어계를 구성한 후 고정부하를 가변하면서 여자의 계자상실 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 타당성 검증은 거쳐 전압, 전류, 유효전력, 무효전력, 토오크, 각속도, 계자전압 및 계자전류의 과도현상을 분석하였다. 시뮬레이션 분석결과, 발전기가 계자를 상실하면 부하의 크기에 관계없이 계자상수에 따라 회전자전류 증가하며 계자전압은 감쇠하게 되어 결국 발전기는 무효전력을 공급하는 대신에 전력계통으로부터 무효전력을 소비하는 것을 확인하였다. 이는 발전기-제어계의 특성시험과 IED의 계자상실 알고리즘 개발과 시험에 사용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 강릉원주대학교 교수연구년 연구지원에 의하여 수행되었음

References

- [1] Chul-Won Park, et al., "Development of Prototype Multifunction IED for Internal Fault Protection of Large Generator", Ministry of Knowledge Economy, Technology Innovation Project, Final Report, pp. 1~217, 2013. 5.
- [2] C.J. Mozina et al., "IEEE Tutorial on the Protection of Synchronous Generators", IEEE Power Engineering Society, IEEE 95 TP 102, pp. 1~78, 1995.
- [3] IEEE Power System Relaying Committee, "IEEE Standard AC Generator Protection", IEEE Std. C37.102-2006, pp. 1~167.
- [4] IEEE Power System Relaying Committee, "IEEE Guide for AC Generator Ground Protection", IEEE Std. C37.101-2006, pp. 1~67.
- [5] Byeong-Rae Kim, "Generator Protection", KEPRI, pp. 1~147, 2007.10
- [6] Chul-Won Park, Tae-Pung An, Woo-Hyeon Ban, "Real-time Test using IED based on DSP 6713of Advanced DC-offset Elimination Filter", KIEE Summer Conference, pp. 584~585, 2013. 7.
- [7] K.S. Choi, Y.H. Moon, D.J. Kim, J.B. Choo, S.H. Lyu, T.W. Kwon, "Modeling and Verification of Generator/Control System of Seo-Inchon Combined-Cycle Plant by Load Rejection Test", Trans. on KIEE, Vol. 45, No. 4, pp. 501~510, 1996. 4.
- [8] KEPCO KEPRI, "Protection Relays Training Course Development", MOTIE Final Report, pp. 1~247, 2007.
- [9] Taekyun Kim, et al., "High-precision Power

- Equipment Modeling and Education/Training Systems Development”, MOTIE Power Industry Research & Development, 2nd year report, pp. 1~199, 2007.
- [10] C.W. Park, S.J. Ahn, W.H. Ban, “Dynamic Simulation and Generator System Modeling of Sihwa Tidal P/P using PSS/E”, 2012 KIEE Industry Electrical Committee, Autumn Conference, pp. 22~29, 2012. 10.
- [11] D.J. Kim, Y.H. Moon, J.J. Lee, J.Y. Lee, Y.S. Cho, J.Y. Park, “Control System Characteristics Test in Pyeongtaek Combined Cycle Generator and Model Constants Derived”, KERI Final Report, pp. 1~262, 2013. 6.
- [12] Sang-Seung Lee, Yong Tae Yoon, Seung-II Moon, and Jong-Keun Park, “Generator Internal Fault Modeling and Analysis based on One-Machine Infinite-Bus Power System,” IEEE Power & Energy Society 2013 General Meeting, Vancouver, BC, Canada, July 21~25, 2013. 7.
- [13] Chul-Won Park, Yong-Taek Oh, “Fault Simulation and Analysis of Generator”, Trans. on KIEE, Vol. 62P, No. 3, pp. 151~158, 2013. 9.
- [14] Y.S. Lyu, H.R. Joo, W.J. Kim, J.H. Kim, “A Study on Setting Rule and Analysis for Loss of Generator Exciter”, 2008 KIEE Summer Conference, pp. 3~4, 2008. 7.
- [15] Y.T. Oh, K.H. Seok, J.J. Yang, C.W. Park, “A Study on the Application of the Generator Protection for the Loss of Excitation”, 2012 KIEE Summer Conference, pp. 262~263, 2012. 7.
- [16] K-Water, “Status and Test of Generator in Chungju H/P”, pp. 1~18, 2014. 1.

저 자 소 개



박철원 (朴哲圓)

1961년 8월 13일생. 1988년 성균관대학교 전기공학과 졸업, 1996년 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박), 1997년~2007년 국립강릉원주대학교 전기공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 2007년~현재 국립강릉원주대학교 전기공학과 정교수,

2011년~현재 대한전기학회 전력기술부문회 이사, 2012년~현재 대한전기학회 산업전기위원회 편집위원장.