

태안 5호기 발전기 여자시스템 분석 및 개체

신만수*, 이주현*, 류호선*, 정태원**
KEPCO 전력연구원*, 충남대학교**

Analysis of Tae-an TPP #5 Generator Excitation System and Retrofit

Man-Su Shin*, Joo-Hyun Lee*, Ho-Seon Ryu*, Tae-Won Jeong**
KEPCO*, ChungNam University**

Abstract - If one system were retrofitted in complexed several systems, the system has closely analyzed in its function. And, so the system is operating stable after retrofit. Especially, the system is analyzed considerate in not retrofitting totally but retrofitting partially. Now, generator excitation system will be retrofitted partially(that is, retrofitting controller) and the contents is described in this paper.

1. 서 론

전체 계통에서 하나의 시스템만을 개체하려면 그 시스템이 전체 계통에서 어떤 역할과 기능을 하는 지 명확히 조사할 필요성이 있다. 그래야 시스템을 개체하고 났을 때 안정적으로 운용될 수 있다. 특히 해당 시스템을 전면 개체가 아닌 부분 개체인 경우에는 더더욱 신중히 분석해야 한다. 여기서 기술하려고 하는 부분은 바로 발전기 여자시스템 중의 제어기 부분만을 개체하기 위해서 현장을 조사하고 관련 기술을 분석한 내용이다.

2. 본 론

2.1 기존 여자시스템 분석

기존 태안 5호기 여자시스템의 큐비클은 제어기 큐비클 1면, 정류기 큐비클 2면, 직류 인출 큐비클 1면, 차단기 큐비클 1면, 보조 큐비클 2면으로 이루어져 있다. 일반적으로 여자시스템은 기능적으로 제어기와 정류기로 구분할 수 있는데 여기서는 제어기와 정류기 및 계전기 및 차단기 부분(아날로그 백업 모듈 포함)으로 분류하여 기술하였다. 분석대상 시스템 사양은 표 1과 같다.

2.1.1 제어기

제어기는 각각의 단일채널의 디지털 자동모드 제어기와 아날로그 수동모드 제어기가 설치되어 있다. 디지털 자동모드 제어기에는 자동전압조정, 수동전압조정, 각종 제한(과자속, 과여자, 부족여자, 과전압), 각종

〈표 1〉 태안 5호기 발전기와 여자시스템 사양

구 분		데이터
발전기 용량[kVA]		612,000
발전기 단자전압[V]		22,000
발전기 단자전류[A]		16,061
발전기 유효전력[kW]		530,800
발전기 단자전압 PT 비		24,000/120
발전기 단자전류 CT 비		20,000/5
계자 전압	무부하정격[V]	123
	부하정격[V]	300
	최대[V]	500
계자 전류	무부하정격[A]	2,248
	부하정격[A]	5,224
	Ceiling Current	5,508
	shunt 비[A/mV]	8000/100
계자저항[Ω]		0.0466[Ω](@25℃) 0.0546[Ω](@75℃)
여자용 변압기 (PPT)	용량[kVA]	3,129
	변압비[V]	22,000/400
여자시스템 형식		정지형

보호(과자속, 과여자, 과전압) 등의 기능을 보유하고 있다. 아날로그 수동조정기는 조정기와 추종기를 갖고 디지털 제어기의 고장시에는 제어권을 넘겨받는다.

2.1.2 정류기

정류기는 Full Converter 형식으로 총 8대로 구성되어 있으며 N+3 방식으로 운용된다. 즉, 정격 출력 운전을 하는데 필요한 정류기 대수는 5대이며 3대가 예비로 운용된다는 뜻이다. 또한 4대의 Bridge가 큐비클 1면에 장착되어 있으며 총 큐비클 2면으로 이루어져 있다. 정류기는 개조 범위가 아니어서 더 이상 언급은 하지 않았다. 과열 경보(70℃)와 과열 트립(85℃)이 있고 퓨즈 용단 감지 기능이 있다. 접회회로가 이중화되어 있는 것이 특징이다. 정류기의 경우 이번 연구범위(개조범위)에서 제외되었다.

정류기 큐비클은 크게 정류부 및 차단부로 이루어져 있으며 정류부에 정류용 Thyristor Bridge와 방열판, 냉각팬으로 구성되어 있다. 정류기는 N+3으로 설계되어 정류기의 브리지 3대까지 정지되어도 여자기 정격을 감당할 수 있도록 설계되어 있다. 만약 점화 카드가 고장을 일으키면 한 큐비클에 탑재되어 있는 브리지 4대가 동시에 정지되게 되어 있다. 이때 발전기 출력을 80%까지 감발하여 정류기에 과부하가 걸리지 않도록 해야 한다. 차단기는 입력 교류 측에 교류차단기, 출력 직류 측에 단로기가 설치되어 있다. 서지보호를 위해서 정류기 입력 측에 교류 필터가 설치되어 있다.

2.1.3 차단기 및 주변설비

계차차단기는 정류기 입력측에 설치되어 있으며 별도의 직류 차단기는 구비하지 않고 있다. 초기여자회로는 교류 단상을 입력받아 정류하여 여자시스템 기동시 초기에 공급한다. 이 부분은 3상 정류로 변경될 예정이다. 초기여자회로 동작모드는 두가지 있다. 자동모드는 계차차단기 투입 후 동작되어 7-8초가 지나면 차단되게 되어 있다. 수동모드는 계차차단기가 투입된 후 푸쉬버튼을 눌러서 동작시킬 수 있다. 이 밖에 계자 온도 감지기가 설치되어 있는데 제작사는 25℃와 75℃때의 계자저항값을 제공하였는데 계산결과 무부하 정격운전시는 75℃로 무부하 정격계자전류와 정격계자전압으로 미루어 추정되며, 부하시는 다음과 같은 계산식에 의해서 90℃로 계산된다. 정격시의 계자 온도는 계자가 동으로 이루어진 경우에 식 1과 2에 의해서 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{무부하 정격시 계자저항값} &: \text{정격부하시 계자저항값} \\ &= (234.5 + 75) : (234.5 + x) \text{ ----- (식 1)} \\ 0.0547 : 0.0574 &= (234.5 + 75) : (234.5 + x) \text{ ----- (식 2)} \end{aligned}$$

정류기 냉각용 팬은 계차차단기가 투입되면, 각 큐비클에 냉각용 팬이 두 대씩 설치되어 있는데 1대가 운전되도록 설계되어 있다. 냉각용 팬 두 대를 번갈아 운전할 수 있는데 운전하고자 하는 팬이 기동되지 않으면 경보를 송출하면서 대기하고 있던 팬이 운전된다. 이때 대기하고 있던 팬도 운전되지 않으면 팬이 전부 고장(트립)되었다는 경보를 송출한다.

이 밖에도 P.S.S.(전력계통안정화장치)가 설치되어 운용되고 있다.

2.2 설비 개선 내용

여자시스템의 제어기를 삼중화 제어기로 개체하면서 설비개선되는 부분은 가장 먼저 신뢰성 제고된 삼중화 제어기 채용을 들 수 있으며, 이 밖에도 HMI 채용, 초기여자회로와 점화카드와 계자 과전압 억제회로의 변경 등이 있다.

2.2.1 삼중화 제어기 채용

[참 고 문 헌]

- [1] 이주현, 류호선, 신만수, “시뮬레이터 탑재형 발전기 디지털 삼중화 자동전압 제어시스템 개발 (중간보고서)”, 한국서부발전(주), 2011
- [2] 현대중공업, “태안 5-6호기 발전기 제어시스템 도면”, 한국서부발전(주), 2006
- [3] Richard Cooper, “Voltage Regulator Report Tae-An Thermal Power Station”, 2001
- [4] ABB, “WDR-2000 Excitation System Manual”, 1996

제어기 큐비클은 3중화 제어기 및 SCB(Signal Conditioning Board) 등으로 구성하였으며, 3중화 제어기의 기능은 여자시스템을 제어하며 제한 및 보호기능을 수행한다. 여자시스템 제어기 입력 신호는 발전기 출력단 PT, CT를 거쳐 SCB로 입력되어 삼중화 제어기에 맞는 표준신호로 변조된다. 변조되어 TMR 제어기로 입력되는 신호는 발전기 단자전압, 무효전력, 유효전력, 주파수 신호 등이며 최종적으로 발전기를 제어, 제한, 보호를 위한 값으로 사용된다. 한편 삼중화 제어기의 최종 출력 신호는 Thyristor 제어신호가 되며 이 신호가 Thyristor Gate의 위상각을 점호하여 발전기 계자에 직류 전류를 공급함으로써 최종적으로 발전기 전압을 제어하게 된다. 주 연산기(MP 모듈)은 3-2-1 운전(3대의 CPU 운전 중 한대에 Fault가 발생하면 2대로 운전가능하며, 2대 운전 중 한대에 Fault가 발생하면 마지막 1대로도 운전이 가능함)을 수행하며 높은 신뢰성을 갖고 하나의 고장요인으로 인한 전체 시스템의 정지를 방지한다.

2.2.2 HMI 채용

HMI는 여자시스템에 의해 발생하는 모든 Analog 및 Digital 요소를 포함해야 하고 각종 Event 및 Trend를 구성하여 운전 지시상태 또는 고장 발생 시 원인 규명이 가능한 모든 요건을 만족한다. 기존 발전소 실시간 정보시스템(PI System)과 연계되어 여자시스템의 실시간 데이터들이 발전소 정보시스템에서 감시가 가능하도록 구성되었다. 기존 시스템에는 별도의

2.2.3 초기여자회로

기존에는 480[Vac] 저압 차단기반(MCC)에서 단상으로 공급받으며 15[Vac]로 감압하여 정류하여 단상전과 정류된 전압은 13.5[Vdc]이었는데, 3상 전과 정류회로로 변경하여 그 파형을 개선하였고 그 전원 크기도 무부하 정격전압의 11%에서 15%(20.3[Vdc])로 증대되어 훨씬 더 안정적이다.

2.2.4 점호카드

기존 점호 카드의 경우 발전기 기동 시에도 Build-up 카드와 병행하여 초기 여자 시에 SCR를 다이오드와 같이 도통을 시켜서 전압확립을 시키는 반면, 개발된 카드의 경우에는 단독으로 발전기 전압을 확립할 수 있다는 점이 차이점라고 할 수 있다. 이 같은 특성에 따라 기존 카드의 경우에는 Build-up 카드에서 점호 카드로의 절환 시 약간의 Bump가 발생하는 반면에 이번에 개발된 카드의 경우에는 이러한 Bump 구간이 없는 것이 장점이다. 기존 점호카드와 개발 점호의 특징을 표 2와 같이 비교하였다.

<표 2> 기존 점호카드와 개발 점호카드의 비교

구분	기존 점호 카드	개발 점호 카드
복잡성	별도의 Build-up 카드가 있어서 복잡함.	별도의 Build-up 카드 없어서 간단함.
제어성	Build-up 카드에서 점호 카드로의 절환시 Bump 있음.	Build-up 카드에서 점호 카드로의 절환시 Bump 없음.
타신호 유입여부	아날로그/디지털 혼합형 제어기인 관계로 카드에 자동/수동 신호 입력됨.	디지털 제어기인 관계로 카드에 자동 수동 신호 필요 없음.

2.2.5 과전압 억제회로

계자 과전압 억제회로는 발전기의 계자권선에 고전압이 발생할 경우 발전기를 보호하기 위한 장치이다. 발전기 계자권선의 전압을 감지하여 설정값 이상의 전압이 감지되면 점점 출력 신호를 발생하여 계자 단락용 Thyristor를 구동함으로써, 발전기 계자의 자속 에너지를 소거한다. 그 방법으로는 외부 제어기 또는 계자 차단기 개방 접점에 의한 동작 가능하고 직렬연결된 방전전항에 의한 방전 동작한다.

3. 결 론

현재 시스템을 안정화시키기 위해서 기능 검증시험 중에 있으며, 추후 개발시스템을 현장에 적용하고 그 결과를 발표할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 한국서부발전(주) 지원에 의해서 수행되었습니다.