

양수발전소 SFC 감시시스템 개발

Development of monitoring system of static frequency converter in pumped storage power plant

이 주 현* · 임 익 현 · 류 호 선 · 신 만 수 · 김 봉 석

(Joo-Hyun Lee · Ick-Hun Lim · Ho-Sun Ryu · Man-Soo Sin · Bong-Suk Kim)

Abstract - A static frequency converter(SFC) in a pumped storage power plant is important equipment for converting electric motor kinetic energy into electric power. A SFC monitoring system consists of high voltage thyristor firing equipment, fault detection module, data gathering module, real time data processing equipment and man machine interface system. This paper describes SFC system overview, developed SFC monitoring system configuration including system characteristics, and successful application result to San-Cheong pumped storage power plant.

Key Words : 양수발전, 전력변환, SFC, 점호장치, 감시시스템

1. 서 론

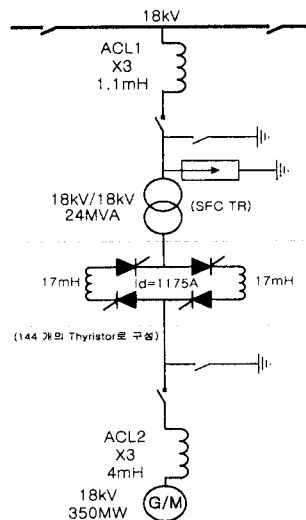
최근 전력시장이 경쟁체제로 전환되면서 경쟁력 강화를 위한 전력설비의 안정적 운용기술 확보가 무엇보다도 중요시되고 있다. 특히 양수발전소는 전력계통에 긴박한 상황에서 전력을 계통에 공급해주지 않으면 안 될 비상상황에서 운전되는 발전소이다. 양수발전소에서 SFC(Static Frequency Converter) 시스템은 발전전동기를 양수모드에서 동기속도까지 승속 시키고, 양수 및 발전모드에서 정지 시 회전체가 보유하고 있는 운동 에너지를 전력으로 회생 제동시켜 주는 시스템이다. SFC 시스템에는 한 개의 컨버터와 한 개의 인버터가 전력변환을 이루어 발전전동기를 기동시키고 제동 작용을 하는데 여기에 전력변환 소자인 144개의 싸이리스터가 직병렬로 연결되어 고전압 대전류를 제어한다. 일반적으로 전력용 대형 전력변환 시스템인 SFC는 고전압 대전류 시스템으로 발전소 운전 중에는 감전의 위험으로 인해 접근이 불가능하여 고장개소를 파악하기 어렵고, 144개의 싸이리스터 중에 어느 하나라도 특성이 변화하여 고장을 일으킬 경우 발전소가동이 중단 되며, 정지된 상태에서 많은 전력변환소자의 고장개소를 찾는 데 많은 시간이 소요되는 문제점을 가지고 있다.

이러한 문제점을 해결하고 발전소 정지를 미연에 방지하기 위해서 SFC 전력변환 시스템의 점호장치와 감시시스템을 개발하였으며, 본 논문에서는 양수발전소의 SFC 시스템에 대한 내용과 고압 싸이리스터 점호장치의 고장신호를 검출할 수 있는 기법 그리고 SFC 시스템의 운전상태 감시시스템의 구성 및 개발내용을 기술하고 발전소 실제의 현장 적용을 통해 성능을 확인한 내용에 대해 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 양수발전소 SFC 시스템 개요

양수발전소의 핵심설비인 SFC 시스템은 양수발전에 필요한 대형펌프(Pump)의 구동 즉, 전동기로의 기동, 가속 및 정격속도에서의 운전에서 사용하는 시스템으로 주요 구성은 인버터(Inverter)와 컨버터(Converter) 그리고 리액터와 기타설비들로 구성되어 있으며, 고전압 대전류로 인해 많은 전력변환 소자인 싸이리스터를 직병렬로 연결하여 사용하고 있다. [그림 1]은 SFC 시스템을 포함하는 양수 발전소의 단선도를 나타낸다.

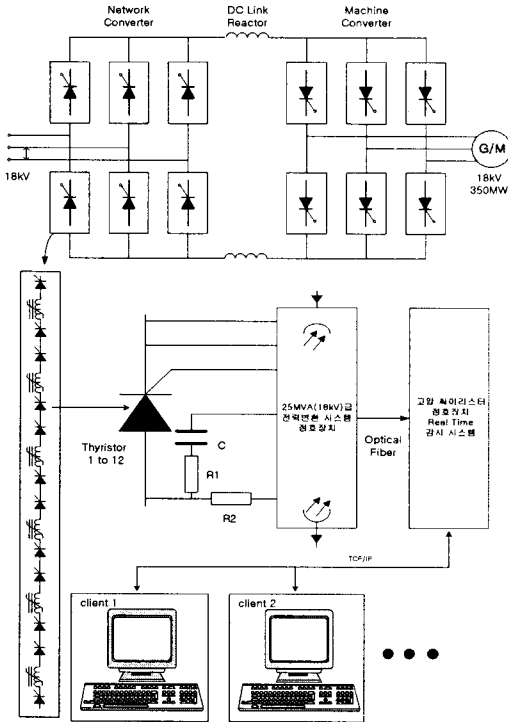


[그림 1] 산청양수발전소 단선도

지자 소개

이주현, 임익현, 류호선, 신만수, 김봉석 : 한전 전력연구원

SFC 시스템을 이용하여 동기전동기로 양수발전소를 기동할 때 가변주파수로 고정자(Stator)에 공급되는 전류를 제어하게 되며, 발전 및 양수 운전 후 정지 시기에서 발생하는 기전력을 전력계통으로 공급하는 형식의 회생제동에 의해 기기의 정지시간을 단축시키고 에너지도 효율적으로 활용하도록 하는 설비이다. 개발품의 적용대상 발전소인 산청양수 발전소는 설비용량 350MW급으로 SFC 시스템은 대형전력 변환 시스템(인버터/컨버터)으로 144개의 싸이리스터 소자가 직렬로 연결되어 있으며, [그림 2]는 직렬형 싸이리스터 점화장치와 감시시스템의 구성도를 나타낸다.



[그림 2] 싸이리스터 점화장치 및 감시시스템 구성도

2.2 SFC 감시시스템 구성

감시 시스템은 144개의 고전압 대전류용 싸이리스터 점화장치(High Voltage Thyristor Firing Equipment)의 각각에 설치되는 이상신호 검출을 위한 144개의 고장감시 모듈(Fault Detection Module)과 고장감시 모듈에서 발생된 이상 신호를 수집하기 위해 광케이블로 연결되는 실시간 FEP (Front End Processor)장치, 실시간 FEP 장치로부터 받은 데이터를 처리하는 DGM(Data Gathering Module) 그리고 실시간 데이터 처리장치(데이터 서버)와 운전원 감시용 MMI 시스템(데이터 클라이언트)으로 구성된다.

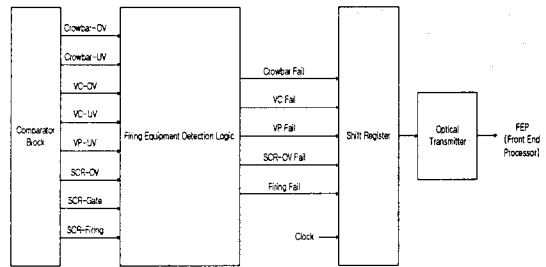
2.2.1 고장 검출을 위한 감시모듈

싸이리스터 점화장치의 고장을 검출하는 모듈로서 기존의 점화카드의 회로 해석을 통해 이상신호 측정부위와 고장의 판단기준을 결정하고, 이상신호를 검출하기 위한 회로를 설계하였다. 회로해석을 통해 확정된 점화회로의 주요 이상신호

측정부위는 다음과 같다.

- 전원 공급(Power Supply Circuit) 이상유무
- 전압 감시회로 이상유무(Voltage Presence)
- 싸이리스터 과전압(SCR Over Voltage)
- 점호신호 증폭회로(Reception Amplifier)
- 점호상태(Firing Status) 이상여부

고장감시 모듈은 싸이리스터 점화장치의 측정 점에 대한 아날로그 검출부인 "Comparator Block"과 여기서 나온 신호를 판단하여 각 측정 점들의 건전성을 판단하는 "고장검출 로직" 그리고 이 판단 결과에 대하여 직렬전송을 하기 위하여 데이터를 직렬 배치하는 "Shift Register" 및 광신호로 변환하는 "Optical Transmitter"로 구성되어 있으며, [그림 3]은 고장검출 감시모듈의 구성도이다.



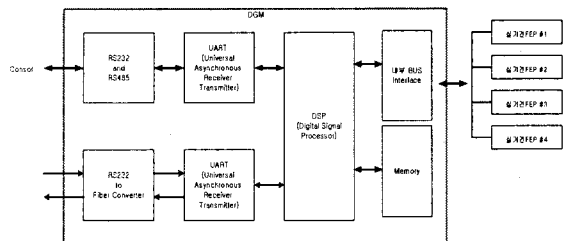
[그림 3] 고장검출 감시모듈 구성

2.2.2. 실시간 FEP(Front End Processor) 시스템

실시간 광 신호 수집 장치인 FEP 시스템은 4개의 실시간 FEP 장치와 1개의 DGM 및 DC Power Supply로 구성한다. 실시간 FEP 장치와 DGM은 하나의 합체 안에 설치되며 144개의 고장 감시모듈에서 온 데이터를 하나도 놓치지 않고 처리해야 하므로 144개의 병렬 처리회로를 갖는다. 이 144개의 병렬처리 회로는 4개씩 36개의 고장감시 모듈에서 온 데이터를 분담하고, 실시간 FEP 시스템의 DGM은 데이터를 취합하고 실시간 FEP 시스템의 전반적인 제어를 담당한다.

2.2.3 DGM(Data Gathering Module)

DGM의 주요구성품은 10Base-FL변환기, UART, DSP, Memory 및 Power Supply이며, 실시간 FEP 장치로부터 전송된 144개의 데이터를 Optical Receive 또는 10Base-FL 변환기를 통하여 수집하고, 싸이리스터 점화장치 및 고장의 종류에 따라 다시 분류, 기록하여 LAN을 통하여 상위시스템인 실시간 데이터 처리장치에 데이터 서비스(TCP/IP) 기능을 수행한다. [그림 4]는 DGM의 구성도를 나타낸다.



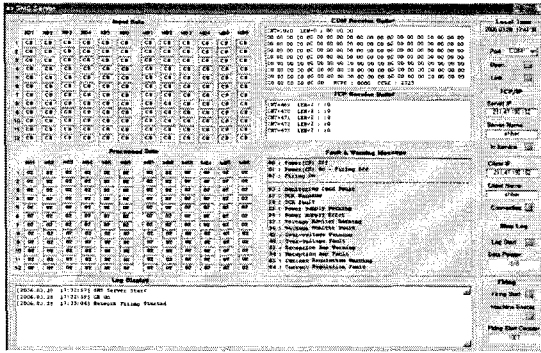
[그림 4] DGM(Data Gathering Module) 구성

2.2.4 운전상태 감시를 위한 MMI

제어시스템과 운전원 사이에 Interface 역할을 수행하는 MMI 시스템은 운전원들이 SFC 시스템의 운전상태 감시를 쉽게 할 수 있도록 구성되었으며, 운용체제는 Windows XP 이고, MMI를 위한 프로그램은 TI사의 CVI Lab Windows 소프트웨어 프로그램에 사용하였다. 사용자의 편의를 위해 Server Program과 Client Program으로 구성되어지며 설계된 MMI 시스템의 주요 기능들은 다음과 같다.

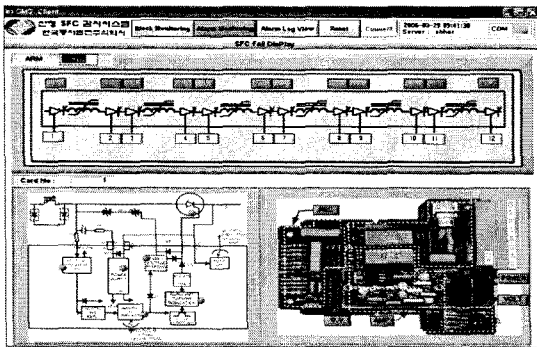
- Real Fault Detection
- Historical Fault Detection
- Alarm Indicator
- Measurement Point Indicator
- Maintenance Information etc

Server Program은 DGM에서 점호장치의 상태를 분석하여 고장유무를 판단하고, 점호장치에서 받은 정보를 Client Program으로 전송하는 역할을 하며, 아래의 [그림 5]는 데이터 Server의 화면을 나타낸다.



[그림 5] 데이터 Server 화면

Client Program 화면은 운전원 감시용 화면으로 인터넷이 연결된 컴퓨터에서 SFC 시스템의 상태를 실시간으로 감시할 수 있다. 화면의 구성은 Top Down 방식이고 모든 화면은 사용자 편의위주로 쉽게 구성하였다. [그림 6]은 SFC 고장감시 화면의 한 예를 보여준다.



[그림 6] SFC 고장감시 화면

2.4 개발시스템 현장 적용 결과

350MW(18kV)급 전력변환시스템 점호장치와 감시시스템을

개발하여 대상발전소인 산청양수발전소에 설치하고 현장시험과 시운전을 통해 신규로 개발된 점호장치의 기능과 성능의 확인하였으며, SFC 감시시스템의 효용성을 확인하였다. 시스템의 현장설치 전에 SFC 시스템의 실측 데이터와 점호장치 및 감시시스템을 설치 후에도 실측 데이터를 수집 및 분석한 결과 SFC 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다. 다음의 [그림 7]은 개발된 점호장치와 감시시스템을 현장 적용 후에 기동 시 강제정류 모드에서 자연정류 모드로 전환시의 Machine Bridge와 Network Bridge의 전압/전류의 출력 파형이 정상임을 나타낸다.



[그림 7] 기동 시 MB/NB측 전압 전류 출력 파형

3. 결 론

본 논문은 선진 외국기술에 전적으로 의존하고 있는 양수발전소 SFC 점호장치를 국내 기술로 개발하고 발전소 실 계통에 적용하여 현장시험과 시운전을 통해 점호장치의 기능과 성능의 확인하였으며, SFC 감시시스템의 개발을 통해 고전압 대전류 시스템으로 발전소 운전 중에는 접근이 불가능하고 많은 수량으로 고장 개소를 파악하기 어려운 문제점을 해결하여 발전설비의 안정적 운영과 예방정비 기술 확보에 크게 기여하였다.

본 연구는 산업자원부 전력기반조성사업 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 임익현, 이주현, 류호선, 신만수, 김봉석 외 “양수발전소 SFC 시스템의 최적관리 및 제어기법 연구” 최종보고서, 전력연구원, 2004. 10.
- [2] 임익현, 이주현, 류호선, 신만수, 김봉석 외 “양수기동장치 SFC Electronic Monitoring System 개발” 중간보고서, 전력연구원, 2005. 03.
- [3] 이영복, “대용량 전력변환용 싸이리스터 디지털 점호제어” 전력전자 학술회의, 2003. 제2권 pp 565-568
- [4] 한국전력공사, “SFC 운전 및 정비설명서” pp66-69, 1997.02.