



화력발전소 발전기 여자시스템 기술개발 동향



류 호 선

한전 전력연구원 그린에너지연구소 선임연구원

1. 개 황

1993년 6월 전력연구원이 국내 최초로 개발한 동기발전기 아날로그 여자시스템이 상업운전을 시작한 이후

20여년이란 세월이 흘렀다. 100% 외국제품에 의존해 오던 발전기 여자시스템을 1990년부터 국산화 중장기 프로그램으로 확정한 후에 정한 목표는 “첫째, 개발 후 즉시 상업운전을 할 수 있어야 하며, 둘째, 높은 신뢰도

로서 발전기 운전정지의 원인을 제공하지 않아야 하며, 셋째, 개발 후 국내보유 기술로써 설계에서 운전·유지·보수까지의 전 범위 기술지원이 가능해야 하며, 넷째, 세계 시장에 진출할 수 있도록 기술과 가격경쟁력을 가지고 지속적인 기술개발의 발판을 마련하는 계기가 되도록 하여야 한다.”는 것이었다. 처음에는 기술의 첨단성은 좀 떨어지지만 검증된 아날로그 기술을 활용한 개발을 진행하였다.

당시 세계 추세는 디지털 제어기술이 이제 막 시장에 출시되는 시점이었으므로 아날로그 제어 기술은 머지않아 사양길에 접어들게 되어 있었다. 그러나 개발 경험이 전무한 우리들로서는 선불리 불완전한 디지털 시스템을 개발하여 보수적인 발전소 현장에서 신뢰성을 얻지 못할 경우 끝이라는 생각으로 우리기술 수준에 맞는 아날로그 기술에 초점을 맞추되 신뢰도를 더욱 높게 하기 위해 이중화 기술로 개발하였다.

거듭된 실험 끝에 드디어 1993년 지금의 한국남동발전(주) 여수화력 2호기 300MW 발전기에 실증 적용이 완료

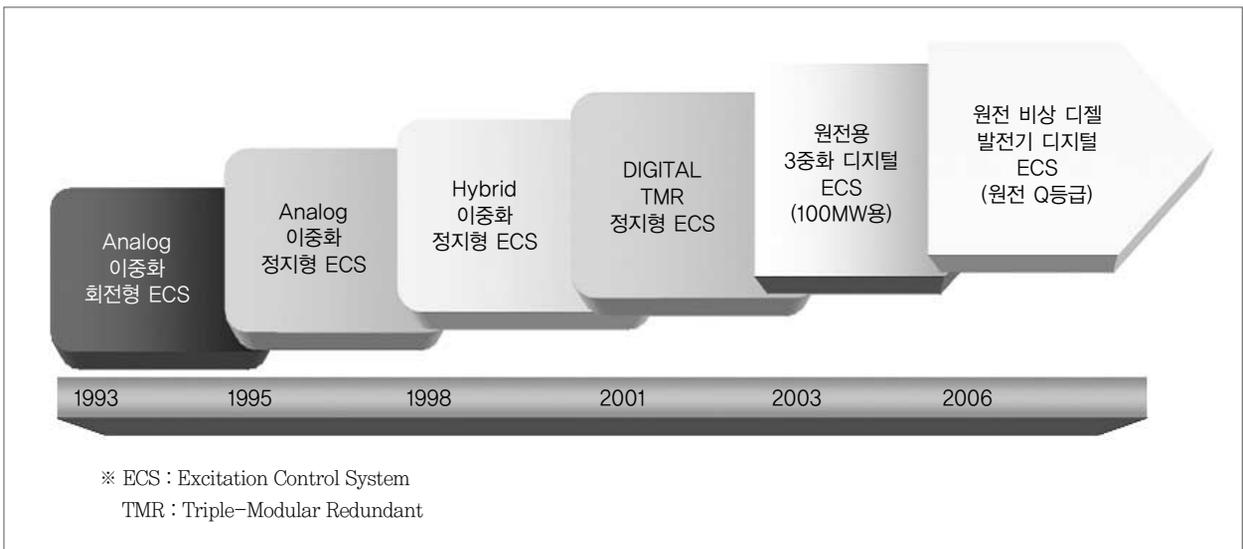
되었다. 지금은 국산 개발품 60기(아날로그, 디지털 여자 시스템 포함)가 운전 중이며, 그 기술 또한 첨단 디지털 3중화로 구성되어 세계 어느 경쟁사 제품과 비교해도 손색이 없을 정도로 신뢰성을 확보하고 있다.

2. 최근 개발된 동기발전기 여자시스템의 특징

전력연구원에서는 현재 국내 기술의 활용도를 높여 선진국의 첨단 기술과 어깨를 나란히 하는 성능을 발휘하도록 함은 물론, 무정지 자동운전이 가능한 발전기 여자 시스템을 개발 공급하기 위해 여자 시스템의 개발 방향을 그림 1과 같이 설정하였다.

가. 디지털 3중화 여자시스템(모델명 : KDR-2000)

전력연구원은 아날로그 이중화 여자시스템 연구개발 및 확대 적용한 기술경험의 토대 위에 새로운 제어 알고리즘을 연구하여 1000MW급 단위 발전기까지 적용 가능한 디지털 여자시스템을 개발하여 한국동서발전(주)



[그림 1] 전력연구원의 동기발전기 여자시스템 개발 추이

울산화력발전소 제5호기에 실증 적용하는 연구개발을 2001년 8월 완료하였다.

초대용량 발전기에 적용되어 즉시 운전이 되어야 한다는 중요도를 고려 시스템의 신뢰성 확보에 최우선적인 가치를 두고 진행했다. 디지털 시스템 하드웨어는 신뢰성이 검증된 미국 TRICONEX사의 TMR(TRIPLE - MODULAR REDUNDANT) 3중화 제품을 사용하였고, 응용 제어 프로그램을 자체 개발하여 하드웨어에 내장하였으며 N+1 다병렬 방식의 싸이리스터 위상제어 정류기를 설계·제작한 후 연구원 내에 있는 모의시험 장치에서 충분한 시험을 거쳐 2001년 6월 설치를 완료하고 상업운전에 들어갔다.

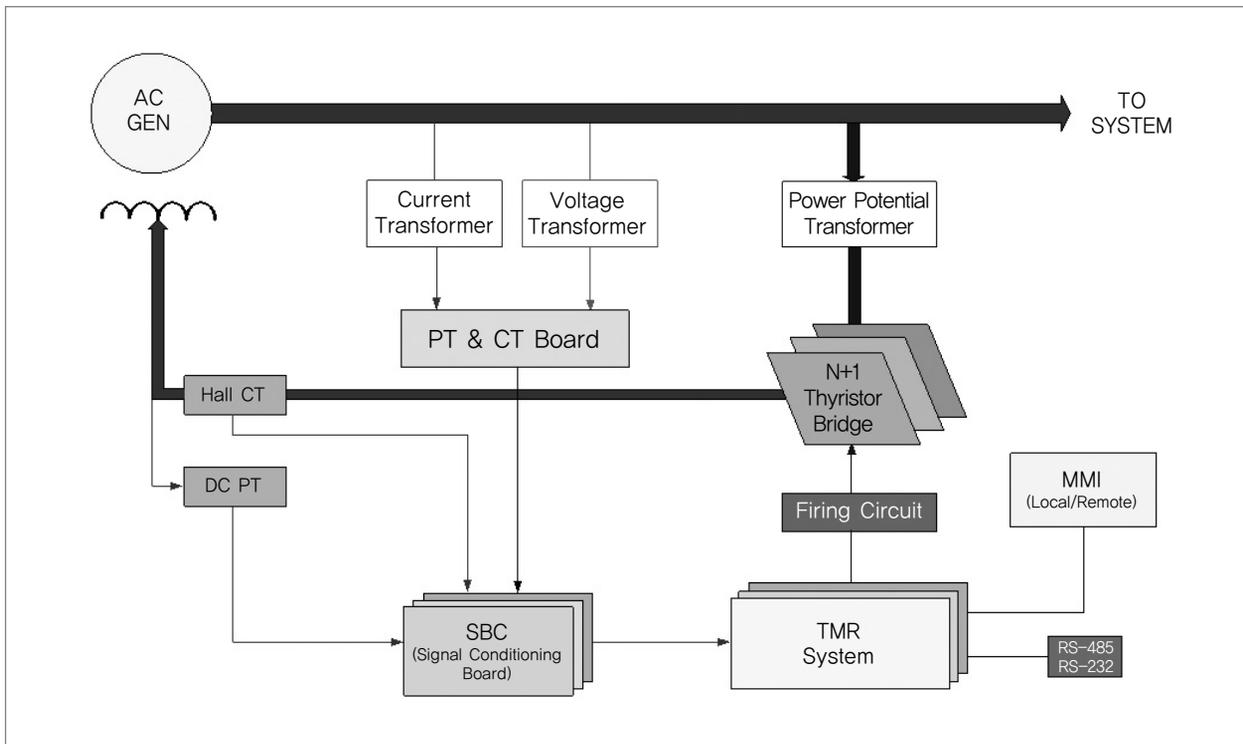
지금까지 국내에 도입된 미국 GE사의 2중화 디지털 여자시스템인 EX-2000이나 WH사의 WDR-2000

시스템보다 연구원이 개발한 3중화 시스템이 설비의 신뢰성면에서 월등히 우수하고 제어기능이나 시스템 성능이 결코 뒤지지 않으며 시스템의 연산 알고리즘 프로그램 수정이 매우 용이하다는 평가를 얻었다.

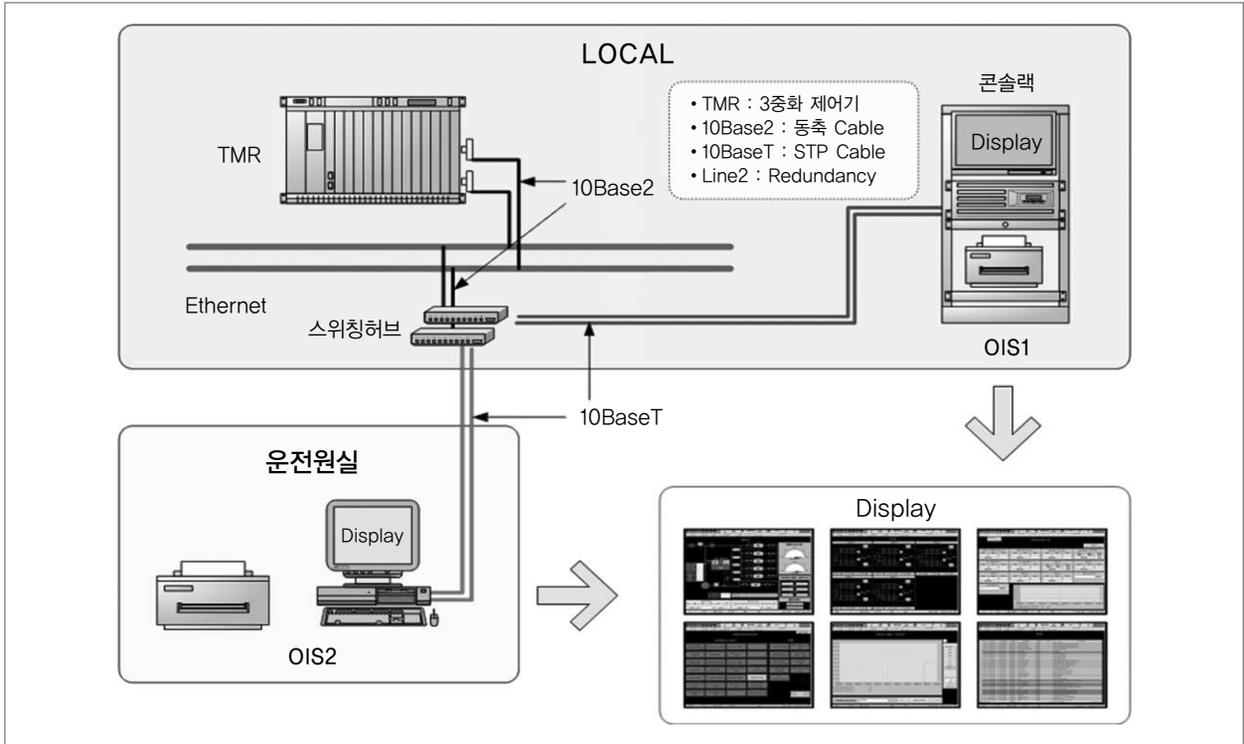
또한 첨단 다중화 디지털 신호 처리 기술과 싸이리스터를 이용한 대전력 제어 정류기를 고장이 잦은 노후 발전제어 설비 교체에 사용함으로써 발전제어설비 신뢰도를 제고하고, 발전소 디지털 제어 기술 분야의 수준을 한 단계 향상시키는데 크게 공헌하였다.

나. 통합 3중화 여자시스템(모델명 : GUARDIAN-G)

최근에 두산중공업과 전력연구원은 보일러-터빈-여자시스템이 동일한 하드웨어 플랫폼으로 구성되는 차세대 여자시스템 개발과제를 수행하고 있다. 제작되는 제품은 GUARDIAN-G라는 제품명으로 개발하여 태안



[그림 2] KDR-2000 3중화 디지털 여자시스템 구성도



[그림 3] 여자시스템 제어기와 MMI의 통신



[그림 4] 산청양수 1,2호기에 적용된 3중화 디지털 여자시스템

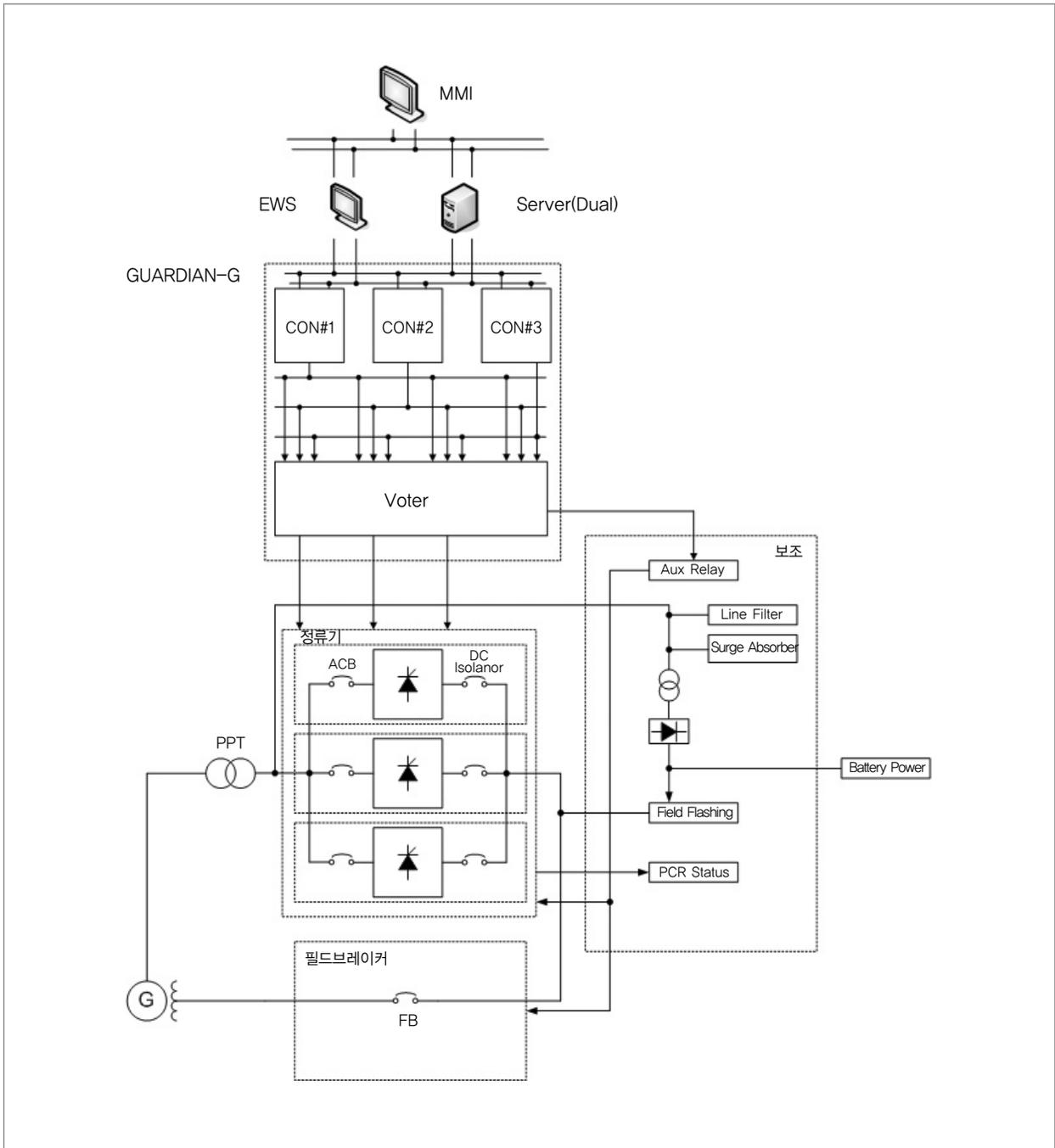
화력발전소 1호기(2012년 11월)에 설치할 예정이다. GUARDIAN-G는 고속의 발전기 여자제어를 위하여 최신의 마이크로프로세서를 탑재한 제어보드를 사용하고 있으며, IEC 61131-3 언어 기반을 제공한다.

주요 특징으로는 제어보드부터 입출력 및 전원 보드 까지 독립적인 3중화로 구성되어 있으며, 게이트 필스

출력 및 디지털 출력 신호에 대해서는 전용의 보터 (Voter)보드를 설치하여, 단일의 신호 출력이 가능하도록 하였다. 출력 보터 보드의 보팅(Voting) 방식은 FPGA (Field Programmable Gate Array) 프로그램을 사용함으로써, 다양한 보팅 모드와 내고장성 기능을 지원하도록 하였으며, 특히 디지털 출력 보터 보드는 2중화로 구성되어 시스템의 신뢰성 및 가용성이 향상되었다.

또한 각 입출력 보드들은 입출력 채널에 대한 건전성 감시, 전원 감시 및 프로세서 감시 등의 자가진단 기능이 강화되었으며, MMI를 통하여 시스템의 모든 이상 신호를 확인하고 진단할 수 있다. 3중화 CPU 보드는 광통신을 통하여 서로의 데이터를 공유하고 있으며, EWS 및 데이터 서버와는 1Gbps의 통신 속도로 데이터를 공유한다.

MMI 화면은 기동 및 정지 기능화면, 제어화면, 시스템



[그림 5] GUARDIAN-G 시스템의 구성

알람 화면, 제어기 상태 표시 화면 등이 기능별로 분리되어 있으며, 여자시스템의 운전 및 상태 감시가 가능하다.

EWS는 제어로직 프로그래밍, 시스템 튜닝 기능, 온라인 수정 기능 등을 지원한다. 제어로직 프로그래밍은

IEC 61131-3의 5개 제어 언어 사용이 가능하며, 시스템 튜닝 기능은 제어 보드가 표시되는 설정 창을 이용하여 제어보드 설정 및 제어보드를 포함한 시스템의 진단 정보를 설정 및 감시할 수 있다.

3. 전망

현재 발전기 여자시스템 기술은 포화수준에 이르고 있다. 하드웨어 부분에서는 특히 더 그러하다. 초고속 디지털 신호처리 프로세서를 사용해서 다중제어기의 경우에도 10[msec]이내의 고속제어 연산이 이루어지고 있다. 또한 시스템 운전 신뢰성을 높이기 위한 다중화 제어기가 보편화 되어가는 추세이다. 시스템을 진단하기 위한 다중화 기술 분야도 많이 발달되어 내부 고장이나 입출력 신호의 이상 유무를 사용자에게 정해진 코드로 알려주는 것 또한 보편화 되었다.

한편 소프트웨어 분야에서는 발전기 전압제어를 위한 제어 알고리즘은 물론, 시스템 보호를 위한 제한이나 보호 알고리즘 또한 상당히 지능화 되어 있다. 하지만 세계 시장에 뛰어들기 위해서 우리들이 해야 할 일은 아직도 많다. 우선 시스템을 경제성 있는 상품으로 지속적으로 개발해야 한다. 세계 시장에서 주목받기 위해서는 시스템의 신뢰성과 기능성뿐만 아니라 정비 분야가 단순 간편해야 하고, 기기 수명이 길어야 하며 경제적으로 가격이 저렴해야 한다.

이를 위해서는 지금까지의 신뢰성, 즉 내고장에 중점을 두어 설계 여유를 크게 두었던 점들을 보다 면밀히 검토하여 시스템을 경제적으로 제작해야만 한다.

전력연구원은 앞으로도 국내 디지털 분산제어 기술을 선도하고 있는 기업과의 협동연구를 통해 차세대 제품 개발에 역량을 결집할 것이다.

개발 예정인 디지털 시스템은 인터넷 망을 통해서 제작사 사후관리부서에서 시스템의 정상운전 상황은 물론이고 고장 진단까지 가능하도록 할 계획이다.

앞으로 개발될 시스템은 터빈제어 시스템, 보일러 제어 시스템, 발전기 제어 시스템뿐만 아니라 기타 전동기 속도제어나 나아가서는 직류송전 또는 유연송전 등 어느 프로세스 시스템에도 적용 할 수 있는 시스템으로 개발될 예정이다. 세계 시장을 선점하고 있는 GE, WH, ABB, Alsthom, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi 등 세계 어느 경쟁사도 견줄 수 없는 기술성과 경제성을 갖춘 우리 제품의 조속한 개발을 기대해 본다. KEA

[참고문헌]

1. P. Kundur, 'Power System Stability and Control', McGraw-Hill Inc., 1994.
2. '동기기 여자계의 사양과 특성' 전기학회 기술보고 제536호 1995.2
3. 'KDR-2000 디지털 삼중화 여자시스템 매뉴얼' 2002
4. 'ABB, GE 여자시스템 매뉴얼' 2005
5. 'DS-DEX 디지털 삼중화 여자시스템 매뉴얼' 2011