

자동발전제어(AGC) 운용개선에 관한 연구

진동훈*, 추진부*, 윤용범*, 김성학**, 이진수**, 김국현***, 권순만***
 *한전 전력연구원 **한국전력공사 ***한국전기연구소

A study on Improvement of Automatic Generation Control Related Systems for New Energy Management System

D.H.Jeon*, J.B.Choo*, Y.B.Yoon*, S.H.Kim**, J.S.Lee**, K.H.Kim***, S.M.Kweon***
 *KEPRI **KEPCO ***KERI

Abstract - This paper is to introduce the R&D project called "Improvement of Automatic Generation Control Related Systems for New Energy Management system". The principal objective of this project is to demonstrate AGC operation capabilities that are suitable to new EMS environment and to show the validity of Set-Point Control Method. A number of developments and enhancements have been made to the generator's Remote Terminal Unit in which new ASTC is being developed and installed. The so-called AGC Signal Transfer Card(ASTC) will include RTU's Set-Point Control capabilities. It is expected that over next few months both RTU & DCS software modifications will be given and a relatively new Set-Point Control Method will be chosen instead of those from more conventional method, pulse control method.

사례가 보고되지 않고 있으며, 급전 종합자동화 설비에서의 자동발전제어기능과 발전소의 발전출력제어기능을 효과적으로 연계하여 안정적이면서도 경제적으로 전력계통을 운용하기 위한 자동발전제어 운용기술에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 논문에서는 차세대 EMS에 적합한 AGC 운전 환경 구축을 목적으로 한전 전력연구원과 한국 전기연구소가 공동으로 진행하고 있는 "자동발전제어(AGC) 운용개선" 연구를 소개하고자 한다. 본 연구에서는 2002년으로 예정되어 있는 차세대 EMS 운전에 대비하여 한전계통의 발전기를 대상으로 AGC 운전현황 분석, 차세대 EMS의 AGC 기능분석 등을 통하여 AGC 운용상의 문제점을 도출, 이에 대한 해결방안을 마련하고 급전 종합자동화 설비와 발전출력 제어설비간 인터페이스를 위한 필요기술들을 개발할 예정이다.

2. 본 론

1. 서 론

자동발전제어(Automatic Generation Control)는 실시간으로 변동되는 전력수요에 대응하여 계통주파수를 정밀하게 조정하고, 발전출력을 경제적으로 배분하는 기능으로 한전에서 운용중인 급전 종합자동화 설비(Energy Management System:EMS)의 중추적인 기능이다.

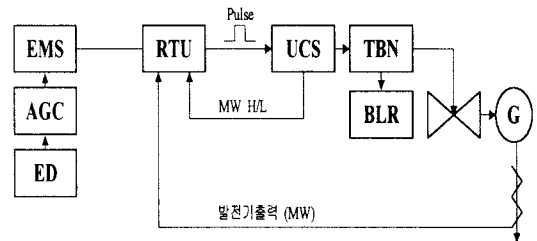
현 급전 종합자동화 설비는 발전출력을 제어하는 방법으로 펄스신호를 이용한 단위출력 증·감발방식을 사용하고 있는데, 이러한 방식은 발전출력을 조속기로 직접 제어하는 방식에는 적합하나, 분산제어시스템을 채용하고 있는 발전기에서는 출력응동 지연으로 계통주파수 조정역할할 우려가 있고, 펄스신호의 누적으로 발전출력을 과도하게 제어할 우려가 있어 이에 대한 개선이 시급한 실정이다.

이러한 자동발전제어 문제와 관련하여 외국에서는 자동발전제어에 대한 고전적 연구뿐만 아니라 전력산업 규제완화 및 구조개편의 영향으로 자유화된 전력시장에서의 발전출력 제어에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 자동발전제어 운용에 있어서도 기존의 펄스 제어방식에외 설정점 제어방식이 현장에 적용되어 현재는 급전 종합자동화 설비와 발전출력 제어설비사이의 직접적인 자료연계를 통해 실시간으로 정보를 교환하고 있는 수준에까지 이르고 있다.

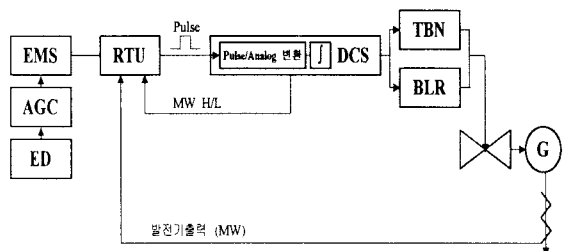
이에 반하여 국내의 경우에는 학계를 중심으로 자동발전제어와 관련된 경제급전(Economic Dispatch)의 수학적 정식화 및 이의 해법에 관한 연구가 다년간 진행되어 왔으며, 최근에는 전력분야 경쟁체제 도입과 같은 환경변화에 따라 경제급전을 최적조류계산(Optimal Power Flow)으로 대체하기 위한 연구가 추진되고 있다. 그러나, 실계통 규모의 자동발전제어 관련 프로그램은 개발

2.1 자동발전제어(AGC)

자동발전제어는 실시간으로 변동되는 전력수요에 대응하여 계통주파수를 정밀하게 조정하고, 발전출력을 경제적으로 배분하는 기능이다.



(a) UCS 제어설비



(b) DCS 제어설비

(그림 1) EMS에서의 AGC 운용방식

자동발전제어는 한전에서 운용중인 급전 종합자동화 설비(Energy Management System:EMS)의 중추적인 기능인데, 주파수제어와 경제급전을 처리하는 소프트웨어와 발전소에 설치된 원격단말장치(Remoted Terminal Unit:RTU) 및 발전출력제어설비와의 결합장치 등의 하드웨어로 구성된다. (그림 1)은 현 급전 종합자동화 설비에서의 자동발전제어 운용방식을 나타낸 것이다.

현 급전 종합자동화 설비는 발전출력을 제어하는 방법으로 펄스신호를 이용한 단위출력 증·감발방식을 사용하고 있는데, 수력이나 중유전소화력 발전기의 경우에는 발전출력을 조속기로 직접 제어(Unit Control System: UCS)하고 있고, 최근 설치된 석탄화력, 복합화력, 양수 등의 분산제어시스템(Distributed Control System: DCS)이 설치된 발전기는 설정점 제어방식을 채택하고 있는 분산제어시스템을 급전 종합자동화 설비로부터의 펄스신호와 결합하기 위해 발전기마다의 분산제어시스템 특성에 적합한 신호변환과정(펄스→설정점)을 거쳐 발전출력을 제어하고 있다.

이와 같이 펄스신호를 이용하는 발전출력 제어방식은 발전출력을 조속기로 직접 제어하는 방식에는 적합하나, 분산제어시스템을 채용한 발전기는 발전기 자체의 안정운용조건을 만족한 상태에서만 AGC신호에 따라 발전출력을 제어하기 때문에 출력응동 지연으로 계통주파수 조정에 역행할 수도 있고, 현 급전 종합자동화 설비가 보일러의 동특성을 고려하지 않고 현재 출력만을 기준으로 펄스신호를 내려보내기 때문에 신호변환과정에서 AGC신호가 누적되어 발전출력을 과도하게 제어할 우려가 있다.

2.2 자동발전제어(AGC) 운용개선

우리나라 전력계통 운용환경의 다양화 및 복잡화 추세를 고려해 볼 때, AGC 운용기술의 확보는 필수적이다. 특히 2002년 운용 예정인 차세대 EMS는 AGC 운용상의 문제점을 해결하기 위하여 AGC 제어방식으로 펄스에 의한 단위출력 증·감발방식외에 설정점 제어도 가능하도록 설계되어 있기 때문에 새로운 AGC 제어방식에 적합한 AGC 운용기법의 개발과 우리나라 고유의 계통주파수 특성과 각기 상이한 발전기의 출력 동동특성 및 주파수 조정특성을 종합적으로 고려한 AGC 운용기술의 개발이 필요하다.

이에 본 연구에서는 2002년으로 예정되어 있는 차세대 EMS 운전에 대비, 차세대 EMS에 적합한 AGC 운전환경 구축하기 위하여 다음과 같은 AGC 운용개선방안을 수립하였다.

① DCS가 설치된 발전기를 설정점 제어방식으로 AGC 운전할 수 있도록 하기 위하여 발전소내 RTU에 설정점 제어방식을 지원하는 AGC신호 전송카드를 개발, 설치하고, RTU와 DCS S/W의 AGC 관련 Logic을 기존의 펄스 제어방식에서 설정점 제어방식에 맞게 변경한다. 차세대 EMS에서 종합적인 AGC기능시험을 실시하여 AGC 신호에 따른 출력응동이 제대로 될 수 있도록 관련변수를 조정한다. 경우에 따라 DCS가 설치된 발전기라도 설정점 제어방식의 적용이 곤란한 경우에는 이에 대한 개선방안을 수립한다.

② UCS가 설치된 발전기는 기존의 펄스 제어방식으로 AGC 운전하나, 관련설비 노후화 등으로 출력응동이 제대로 되지 않는 일부 발전기를 대상으로 이에 대한 개선방안을 수립한다.

③ 차세대 EMS의 AGC S/W를 분석하여 한전계통의 구조적 운용특성에 적합한 개선방안을 수립한다. 이를 위하여 발전출력동 관련데이터의 취득방법, 발전기별 출력재분배를 위한 문제의 정식화 및 해법 분석, 또한 결정된 발전출력의 신호변환 및 송출과정 등을 분석한다.

2.2.1 AGC신호 전송규격

AGC 신호는 EMS의 Telecommunication Control Master(TCM)을 통하여 각 발전소에 설치된 RTU에 디지털 통신방식으로 전송된다. EMS와 RTU간 통신의 전기적 결합(Physical Layer)은 RS232C형식이며 최대 9600bps의 전송속도를 가지나 보통 1200bps의 속도로 운용된다. 모뎀부는 FSK(Frequency Shift Keying)변조방식을 사용하며 0.1주파수는 각각 1300Hz, 2100Hz이다. 현재 통신 프로토콜은 LNP(Lead & Northrop's Protocol)가 지원되고 있으나, DNP(Distributed Network Protocol)로 교체될 예정이다. RTU에서 수신된 디지털 AGC 신호는 RTU 내부의 AGC 신호변환부에서 출력증감 지시량에 해당하는 가변길이를 가지는 펄스로 변환되어 Unit Master Controller(UMC)로 전달된다. UMC는 수신한 펄스길이에 해당하는 출력 증감발량을 결정하여 그에 상응하는 LRS 변화명령을 터빈 및 보일러의 마스터 제어기에 보낸다.

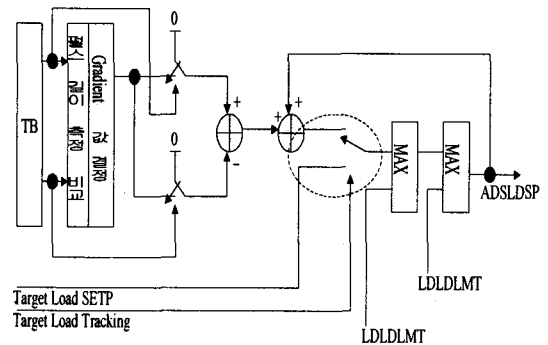
본 연구에서는 AGC 운용개선을 위하여 EMS와 RTU간의 전기적 결합은 기존 방식을 그대로 사용하고, 통신 프로토콜은 DNP로 변경한다. 그러나, 경우에 따라 개선이 불가능할 경우에는 기존의 LNP를 병용하여 사용할 예정이다. 한편 설정점 제어방식에 의한 RTU와 DCS간의 AGC신호전달은 신호전달 거리, 분해능에 따르는 고정도성 및 외란에 대한 강인성 등을 고려할 때 현재 상용에서 가장 많이 이용되고 있는 4~20mA 전류 루우프를 사용한다. (표 1)은 아날로그 신호전달에 있어서의 전기적인 신호형태의 장·단점을 비교한 것이다.

(표 1) 아날로그 신호전달에 있어서의 신호형태 비교

신호형태	장 점	단 점
전류 0~±1mA	외란에 강함	회로구성 복잡 고정도 회로 요구
전류 4~20mA	외란에 강함 원거리 전송특성 우수	회로구성 복잡
전압 0~10V 0~±5V	회로구성 간단	외란에 약함 원거리 전송시 신호감쇠 및 왜형 발생

2.2.2 RTU-DCS간 AGC신호 전송카드 개발

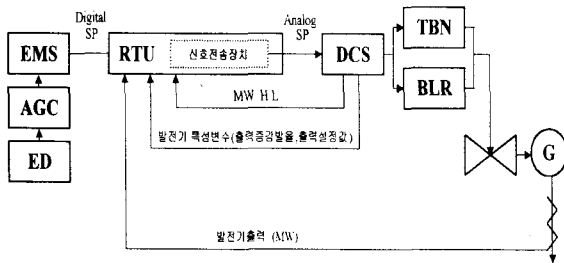
펄스 제어방식에 의한 AGC 운용상의 문제점을 해결하기 위하여 DCS가 설치된 발전기는 설정점 제어방식으로 AGC 운전이 가능하도록 한다. 이를 위해서는 차세대 EMS로부터의 설정점 제어방식에 의한 디지털 AGC 신호를 DCS에서 수용할 수 있는 아날로그 AGC 신호로 변환해주어야 하는데, 이를 위하여 D/A 신호변환기능을 가



(그림 2) DCS의 AGC 관련 Logic 예

진 RTU-DCS간 AGC신호 전송카드를 개발하여 RTU에 설치한다. AGC신호 전송카드의 개발시에는 EMS-RTU 사이의 AGC신호 전송체계, RTU-DCS사이의 AGC신호 전송체계, RTU의 H/W 및 AGC 관련 S/W를 고려하여야 하는데, 특히 차세대 EMS로부터 전송되어진 설정점 제어신호에 맞게 전류의 크기를 결정할 수 있도록 RTU의 AGC모듈내 EPROM에 저장되어진 프로그램의 알고리즘을 기존의 펄스 제어방식에서 설정점 제어방식에 맞게 변경해주어야 한다. 한편 RTU-DCS간 AGC신호 전송카드를 통해서 나온 아날로그 형태의 AGC 신호는 DCS로 전달되어지는데, 설정점 제어방식에서는 이러한 AGC신호를 직접 보일러에 전달하면 되기 때문에 펄스 제어방식의 AGC 신호처리에 맞게 구성되어진 DCS내 AGC 관련 Logic을 설정점 제어방식의 AGC 신호처리에 맞게 변경해주어야 한다. (그림 2)는 기존의 펄스 제어방식에 적합한 DCS의 AGC 관련 Logic을 나타낸 것이다.

한편 전력계통의 총괄 운용측면에서 EMS에서의 특성변수값과 실제 발전소에서의 특성변수값이 상이하여 경제적 출력제어에 어려움이 따르는데, 이러한 문제점을 해결하여 발전기별 경제적 출력제어량 결정을 위해서 각 발전기의 특성변수(발전기별 최대·최소출력, 증감발출, 출력설정값)값을 EMS로 제한시킬 수 있도록 RTU와 DCS의 관련 S/W Logic을 변경하여야 한다. (그림 3)은 AGC 운용개선방안을 적용한 DCS제어설비의 AGC운용방식을 나타낸 것이다.



(그림 3) DCS 제어설비의 AGC 운용방식(개선후)

3. 결 론

본 논문에서는 차세대 EMS에 적합한 AGC 운전환경 구축을 위하여 한전 전력연구원과 한국 전기연구소가 공동으로 진행하고 있는 자동발전제어 운용개선 연구를 소개한 것이다. 본 연구에서는 DCS가 설치된 발전기를 설정점 제어방식으로 AGC 운전할 수 있도록 하기 위하여 발전소내 RTU에 설정점 제어방식을 지원하는 AGC신호 전송카드를 개발, 설치하고, RTU와 DCS S/W의 AGC 관련 Logic을 기존의 펄스 제어방식에서 설정점 제어방식에 맞게 변경하는 AGC 운용개선방안을 제시하였다.

현재 개선된 운용방안의 실현을 위한 연구가 진행중에 있으며, 향후 차세대 EMS에서의 종합적인 AGC 시험 및 조정과정을 거쳐 발전출력 정밀조정으로 전기품질 향상 및 발전연료비 절감에 기여할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- (1) 남재현, 윤용범, 박시우, 추진부, 김성학, 이진수, "자동발전 제어(AGC) 운용 개선방안", 대한전기학회 하계학술대회는논문집, pp.1070~pp.1072, 1999.
- (2) 한전정보네트웍(주), EMS RTU 사용설명서.

- (3) 세일정보통신(주), EMS RTU 취급 설명서.
- (4) Siemens, Hadong Thermal Power Plants Units 1&2 I&C Operating Manual.
- (5) Bailey, INFI-90 Manual and Instructions.
- (6) P. KUNDUR, Power System Stability and Control, McGraw Hill, Inc., 1994