

자동발전제어(Automatic Generation Control) 운용 개선방안

남재현, 윤용범, 박시우, 추진부 / 김성학, 이진수
전력연구원 / 한전 계통운용처

A Study on Improvement Plan of AGC Operation

J.H. Nam, Y.B. Yoon, S.W. Park, J.B. Choo / S.H. Kim, J.S. Lee
KEPRI / KEPCO

Abstract - Automatic Generation Control(AGC) is a control system whose objectives are to hold system frequency close to a specified nominal value and to maintain each unit's generation at the most economic value. It has been used to control the output of a generator by the control signal of the generator, but it is not appropriate to apply to generators which adopt the distributed control system. In this paper a method for improving the AGC operation is proposed, and the different response of each generator and various types of control systems of generators are considered. The interface among Remote Terminal Detector(RTU) and control systems and the direct delivery of the data between EMS and DCS also are proposed in the paper.

1. 서 론

지난 1964년에 무제한 송전이 시작되면서 계통 운용의 관심은 보다 경제적으로 양질의 전기를 수용가에 공급한다는 데 그 초점이 주어졌다.

1968년에 일부 수력발전소(화천)에 한정되던 하였지만 우리 나라에서는 처음으로 자동 주파수 제어 장치가 설치되었다. 그 후 70년대로 들어서면서 거대해지고 복잡해진 전력계통의 감시 제어 및 경제 운용을 위해서 컴퓨터에 의한 급전 자동화가 추진되어 1979년부터 30여 개소의 주요 발전소 및 변전소를 대상으로 하는 주파수 자동 제어, 경제 부하 배분, 원방 감시 및 제어의 온라인을 위한 자동급전시스템이 설치 운용되고, 80년대 말부터는 선진기능의 에너지관리시스템을 설치하고 안전도를 감안한 유효·무효전력의 배분까지 자동화하여 전력시스템의 경제운용효과를 높이고 있다.

향후 차세대EMS(Energy Management System)의 도입과 각 발전기 제작사별로 플랫폼 제어설비와 제어논리가 다양하고, 제어기능의 변화에 따라 계통 주파수의 안정 유지 및 경제급전 효과 증대를 위해 발전소 특성에 적합한 자동발전제어(AGC)기능 및 운용개선 방안의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 각기 상이한 발전기의 응답특성 및 주파수 조정특성과 발전기별로 다양한 제어방식 등을 종합적으로 고려한 차세대EMS의 원활한 AGC 운용기반을 조성하고 RTU-제어설비간 인터페이스 기술과 EMS-발전소 분산 디지털 제어시스템간 직접자료 연계기술 등을 개발하는 AGC 운용개선 개발방안을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 AGC 분류 및 기능

AGC는 전력계통 주파수를 일정하게 유지시키기 위해서 각 발전기에 대하여 발전 가능한 범위 내에서 출력을 중앙급전지령소에서 원격 제어하는 기능이며 다음과 같이 분류

된다.

-Main AGC : 전력계통의 주파수를 일정하게 유지시키기 위하여 발전기 출력을 제어

-Ramping Control : 발전기의 출력을 운전자가 설정한 값이 되도록 Ramping 신호로써 제어

-EDF Control(Economic Dispatch Follow Control) : 운전자가 설정한 값이 아닌 경제급전 기능에서 계산한 목표값을 Ramping 신호로 출력을 제어

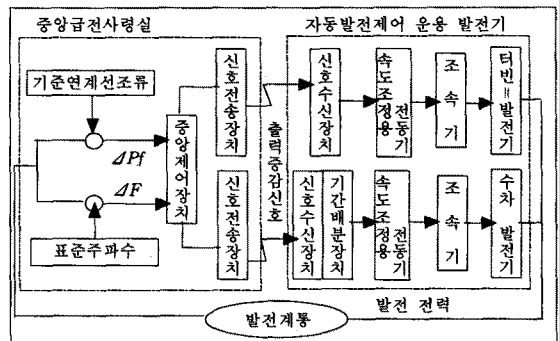
-Manual ED(Economic Dispatch) : ED 기능이 계산한 값과 발전소에 설치한 Display장치의 제어 및 경보 등의 상태를 해당 발전기에 송출하는 장치

발전기 출력 요구신호는 EMS에서 부하 제어를 위한 원격신호를 받는다. 전력계통 연계 장치를 ADS(Automatic Dispatch System)라고 하며 ADS신호는 자동급전 계통으로부터 입력되는 출력 증·감발 신호를 펄스신호로 받아 아날로그 신호로 변환한다. 이 신호는 시스템이 자동급전 모드일 때 중앙급전에 의한 자동운전 모드가 된다.

속도 및 부하조정에는 다음과 같은 용어 ①목표율(Target) : 현재 시점에서 증·감 시키려는 최종값 ②경사율(Ramp rate) : 속도 또는 부하의 증·감 비율 ③설정점(Set point) : 현재속도 혹은 부하조정에 작용하는 기준신호 등이 사용되며, 속도 및 부하조정 방법은 'Target' 및 'Ramp rate'를 결정하고 'Ramp enable'을 동작시키면 'Target'까지 증가 또는 감소된다.

2.2 연구개발 배경

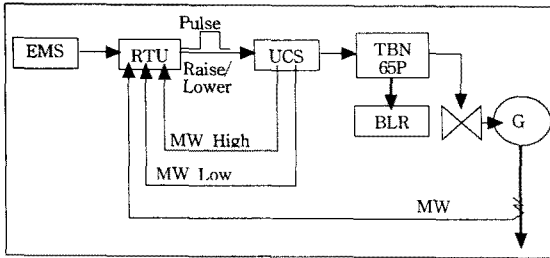
자동발전제어는 [그림 1]과 같이 시시각각 변동되는 전력수요에 대응하여 전력계통 주파수의 정밀조정과 경제적으로 발전기 출력을 자동 배분하는 기능이다.



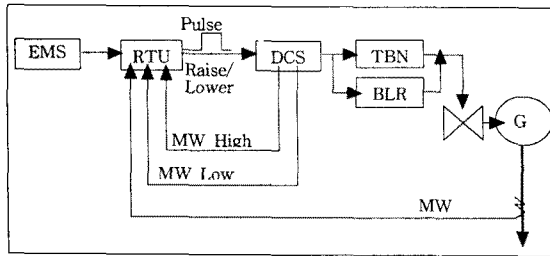
(그림 1) 자동발전제어 운용 방식

자동발전제어는 급전 종합자동화 설비(EMS : Energy Management System)의 중추적 기능으로 현 EMS의 AGC기능은 발전기 출력제어 신호로 필스에 의한 단위출력 증·감발 방식으로서[그림 2] 발전기출력을 조속기로 직접 제어하는 수력이나 증류전소화력 등 화력발전기 출력제어

에는 적합하나, 최근 설치된 500MW급 석탄화력이나 양수 및 복합화력 등 신에너지는 발전기 출력을 분산디지털 제어 시스템(DCS : Distributed Control System)을 통한 설정점 제어방식(Setpoint)으로 제어하고 있으나[그림 3]와 같이 운용되고 있어 AGC와 결합하기 위해서는 신호변환 과정이 필요하므로 AGC 제어신호에 대한 출력 응답이 지연되어 AGC 운용에 어려움이 발생하고 있다.



(그림 2) 기존 아날로그 제어설비 AGC 자료취득 및 제어



(그림 3) 현재 DCS 제어설비 AGC 자료취득 및 제어

AGC는 자동주파수제어와 경제급전 등의 소프트웨어적인 기능과 발전소에 설치된 원격단말장치(RTU) 및 발전기 제어설비와의 결합장치로 구성되어 있어 계통주파수의 안정유지 및 경제급전을 위해서는 최적의 AGC 운용이 필요하다.

특히 2002년 운용 예정인 차세대 EMS에서는 AGC 운용상 문제점을 해결하기 위하여 AGC 제어방식으로 펄스에 의한 단위출력 증·감발 방식에 부가하여 설정점 제어도 가능하게 소프트웨어적인 기능이 구비되도록 설계되어 있으므로 새로운 AGC 제어방식에 적합한 종합 AGC 운용기법의 개발과 우리나라 고유의 계통주파수 변동특성과 각기 상이한 발전기의 출력응동 특성 및 주파수 조정특성을 종합적으로 고려한 AGC 운용기술의 개발이 필요한 실정이다.

2.3 현황 및 문제점

분산디지털 제어시스템을 채용한 발전기는 AGC 제어신호에 우선하여 독자적으로 발전기 자체 안정운용 조건을 만족한 상태에서만 발전기 출력을 제어하므로 계통전체의 출력 응동이 지연되고 AGC 신호가 누적되어 불필요한 제어를 유발하는 등 AGC 운용에 차질을 주고 있고, 또한 발전기 제작사별로 제어논리 및 시스템이 다양하여 각 발전기별로 상이한 AGC 결합장치(Interface)가 필요하고 발전기 출력특성 또한 발전기별, 출력대별로 응동 특성이 상이하므로 발전기 특성에 적합하게 AGC 프로그램의 발전기 제어 특성치를 설정하기에도 어려움이 있다. 국내 발전소에 설치된 플랜트 제어설비의 일반현황[표 1]과 AGC 운용방식[표 2]은 다음과 같다.

(표 1) 국내 발전소별 플랜트 제어설비 현황

발전소 항목	A,B,C	D,E,F	G,H
상품명/제작사	Infi 90/ Bailey	Procontrol-P / ABB	MAIDAS 8000/ Mitsubishi
제어 모듈	MFP,MFC, COM, AMM,LMM	PRO3, PRO5 AS47	CPU
RTU	태광, KDN	L&N	도시바

(표 2) 국내 AGC 운용 및 결합 현황

구분	수력기	화력기	복합기	합계
원별	37	51	66	154
결합방식	기계식 제어장치 : 53			154
	DCS형 제어장치 : 101			

현 EMS에서 AGC 운전시 발전기 출력제어는 출력 증·감발은 Pulse 길이(4sec 주기) 신호로, 보일러 동특성을 고려하지 않고 현재 출력을 기준으로 제어함으로 인한 EMS 제어출력 누적으로, 발전기 출력을 과도하게 제어하게 되고, 발전기 출력이 상·하한 설정치를 벗어날 경우 AGC 운전은 Trip 시키고 동시에 계통주파수와는 관계없이 발전기 출력을 안정운전 범위 내로 출력을 제어하여 계통주파수 조정에 역행하게 되고, DCS 발전기는 발전기 출력 상·하한이 설정치에서 억제되고, 현재의 EMS에서는 설정점 제어방식 적용이 불가능하다.

2.4 연구개발 사례 및 동향 분석

국내의 경우 AGC제어 알고리즘에 관한 논의가 학계를 중심으로 일부 이루어지고 있으나 실제 적용시의 문제점 개선을 포함하는 체계적이고 종합적인 연구가 수행된 적이 없는 실정이다.

외국의 경우 기존의 고전적 AGC 기능에 대한 논의뿐만 아니라 전력산업 규제완화 및 구조개편의 영향으로 많은 발전사업자들이 등장함에 따라 자유화된 전력시장에서의 발전력 제어에 관한 활발한 연구가 이루어지고 있다.

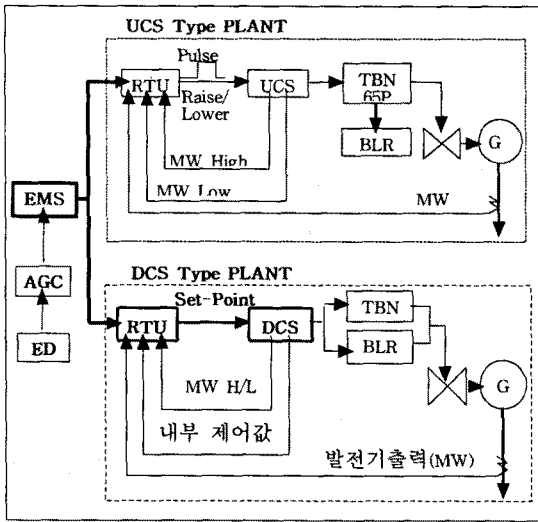
국내의 기술 수준은 현 EMS 도입시 채용한 AGC 프로그램과 펄스 신호에 의한 단위출력 증·감발 제어 방식을 적용하고 있는 상태이다. 외국의 경우 기존의 펄스 방식에 추가하여 설정점 제어방식을 적용하기 시작했으며 EMS와 발전소 제어설비(DCS)간 Data Link에 의한 직접 자료연계를 통해 실시간 정보를 교환하는 수준에까지 이르고 있다. 향후 컴퓨터 통신기술의 발달에 따라 급속한 기술개발이 예상되고 있다.

2.5 개발 방향

○ AGC 운용기술은 각 전력사별 전력계통 구성 및 경영 여건에 따라 다양하게 구현되므로 정형화된 기술이 없고 실제계를 운용하면서 최적 조정을 해야하므로 선진국으로부터 기술도입에 의존하는 경우 기술보호주의로 인해 기술이전이 불가능하거나 고가의 기술료를 지불해야하며 국내 관련산업의 활성화도 요원할 것이다. 따라서 자체 개발시 축적된 실제계통 운용기술을 적용할 수 있고 실제계통 적용시 협을 통한 실증연구로 최상의 연구효과 및 연구능률의 향상을 기대할 수 있다.

○ 국·내외 전문 학회지 및 선진 외국전력사와 차세대 EMS 제작업체 등에서 충분한 정보수집이 가능하고, EMS, RTU 및 AGC 결합장치에 관한 전문지식과 경험을 지닌 국내 기술용역기관과 공동으로 수행할 예정이다. 개선 후의 자동발전제어 시스템은 UCS(Unit Control System)제어 발전설비의 Pulse 신호와 DCS

제어 발전설비의 Set Point 신호의 발전기별로 다양한 제어방식이 고려된 (그림 4)와 같은 운용시스템으로 된다.



[그림 4] 개선 후 자동발전제어 자료취득 및 제어 시스템

○ 연구개발 방법은 3단계로 구분하여, 1단계에서 발전기별 출력 제어설비 및 출력응동 특성과 차세대 EMS의 AGC 알고리즘을 조사 분석하여 개선방안을 도출하고, 최적 AGC 운용기법을 개발 발전기별 AGC 결합장치를 설계한다.

2단계에서 RTU-발전기 제어기간 결합방안을 도출하여 결합장치를 설계, 제작하고 EMS-DCS간 자료연계에 의한 AGC 운용방안을 개발하여 AGC 신호에 의한 출력 분석, 조정, 응동시험을 하게 된다.

마지막 3단계에서는 발전기별 AGC 제어변수 분석 및 검증과 DCS에 EMS의 RTU와 AGC 기능을 수용하기 위한 기술규격을 작성하고, 종합 AGC 기능 및 조정시험을 통하여 주파수 및 출력 경제배분 상태를 시험 조정하는 단계로 추진하게 된다.

2.7 기대효과

첫째, 기술적 측면으로서 RTU-발전소 제어설비간 인터페이스 기술과 EMS-발전소 분산디지털 제어시스템간 직접 자료연계 기술 개발로 차세대EMS의 발전기 출력 제어방식의 다양화 및 원활한 AGC 운용기반을 조성할 수 있고 둘째, 경제적인 측면으로서는 국내 원격제어시스템 관련산업의 활성화와 자체 개발기술 확보로 향후 확장 및 응용시 비용이 절감되고 발전출력 경제배분 추종성 향상을 통한 발전연료비 절감으로 경제급전 효과를 증진하게 되며 셋째, 경영기여도 측면으로서는 기술개발에 따른 발전 제어기기 관련 산업의 활성화와 계통주파수 유지율을 선진국 수준(99.9%)으로 향상시켜 고품질의 전력공급에 기여할 수 있다.

3. 결 론

현재 발전소 제어 및 운영에 적용되는 DCS는 제작사별로 독립적으로 개발되어 다양한 설비적용으로 타 System과의 호환성이 없으므로 표준화된 DCS 채택이 절실히 요구되고 있다. 또 발전소 자동제어 뿐만 아니라 Plant Management 영역담당을 위해 고 부가 가치 소프트웨어 개발과 D/B구축에 기술축적의 목표를 두어야 한다.

개선된 운용방안의 실현을 위한 연구가 하반기부터 진행될 예정이며, 차세대EMS의 종합 자동발전제어 기능에 의한 RTU와 각 발전기 제어설비간 AGC 결합장치를 개발하고 AGC 시험 및 조정을 통하여 정밀 발전기 출력조정으로 전기품질향상 및 경제급전효과를 제고하여 발전연료비 절감에 기여할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] Allen J. Wood & Bruce F. Wollenberg "Power Generation, Operation, and Control"
- [2] Chown GA, Hartman RC, "DESIGN AND EXPERIENCE WITH A FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR AUTOMATIC GENERATION CONTROL", *IEEE Trans. PWRS*, V.13 N.3, 965-97063, 1998
- [3] 송길영, "신편 전력계통 공학", 동일출판사, 1998
- [4] 김준현 외, "전력시스템공학", 청문각, 1991
- [5] 한국전력공사, "초임계압 관류보일러 자동제어 연구", 1998
- [6] 한국전력공사, "보일러 터빈제어", 1998
- [7] 한국전력공사, "보일러 자동제어", 1995
- [8] 한국전력공사, "TURBINE 자동제어", 1989
- [9] 한국전력공사, "FUNCTIONAL LOGIC DIAGRAM FOR TANGJIN THERMAL POWER PLANT", 1997
- [10] LG산전, "DCS(MASTER P-3000) 일반", 1998