2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

Digital Governor의 Isolation Mode에 대한 고찰

옥연호, 이용길, 한철희, 곽원구, 조승기

The consideration of the Isolation Mode for Digital Governor System

Ok Yeon Ho, Lee Yong gil, Han Cheol hui, Kwak Won Ku, Cho Seung gi
Hydropower Plant Maintenance Team. Chungju Regional Office. Korea Water Resources Corporation

Abstract - 조속기는 수차발전기의 핵심을 담당하는 두뇌라고 말할 수 있으며, 전력계통의 부하(주파수)가 변할 경우 수차발전기의 회전속도를 정격으로 유지시켜 양질의 전기를 생산하도록 항시 조정되는 역할을 한다. 최근 조속기는 디지털화되어 최적제어·감시 및 보호기능을 수행하고 있으나 문제점도 하나둘씩 나타나고 있는 실정이다. 본 논문에서는 디지털 가버너의 Isolation Mode에 대한 설명과 사고사례를 통해 디지털가버너 운영 시 문제점을 분석, 검토하여 보완하고자 하였으며, 이를 통해 안정적으로 전력공급을 주요 목적으로 하였다.

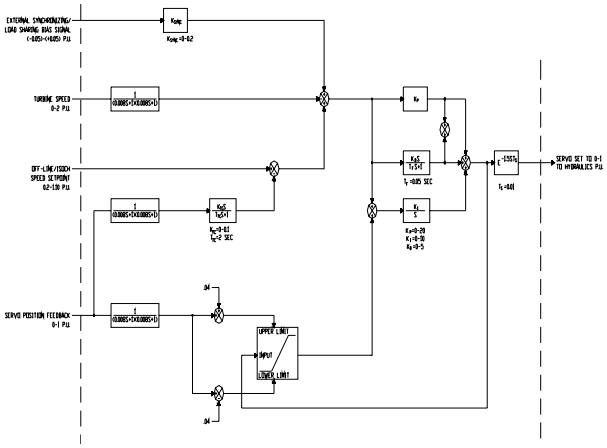
1. 서 론

디지털 가버너의 주요모드는 Speed Control, Power Control, Opening Control, Isolated Operation mode 등이 있다. 이는 제작사마다 용어는 약간씩 상이하나 의미는 비슷하다. 먼저 Speed Control이란 No Load 상태에서 제어이며 Power Control는 일반적으로 Power Control + Speed Control을 병행한다. 여기서 Power Control은 출력을 제어하며 Speed Control은 FPD(Frequency Power Droop)에 의해서 제어된다. Power Control은 일반적으로 가장 많이 사용하는 모드이며 AGC(Automatic Governor Control) 운전 시 사용된다. Opening Control은 Guide Vane을 제어하는 가장 단순한 모드이며, 일반적으로 Opening Control + Speed Control을 병행한다. 마지막으로 이 논문에서 언급할 Isolated Operation Mode를 보면 발전기 주차단기가 On 상태에서 Power Control Mode로 운전 중에 계통(Grid)의 문제가 발생하여 주파수가 심하게 변동될 때(계통 정격주파수 **±2%Over)** Isolated Operation Mode로 자동 절체되어 Speed를 Control하게 된다. 절체 시 부하변동에 민감하게 응동하지 않도록 최소로 증/감발 되도록 알고리즘이 구성되어 있으며 수동으로 SCADA System 및 외부 D/I Signal에 의해서 절체 될 수도 있다. 최근 무인발전소 원격 운영 중에 전력계통에는 이상이 없으나 Power Control Mode에서 Isolated Operation Mode로 절체되는 경우가 발생하여 전력공급 및 제어에 차질이 발생하였고 원격지 발전소에서 출동하여 조치하기까지는 많은 시간이 소요되어 이를 보완코자 한다.

2. 본 론

2.1 Isolated Operation Mode(단독모드) 개요

제어시스템은 3개의 PID 제어 알고리즘을 가지고 있으며, 이중 2개는 On-line/droop 알고리즘이며, 나머지 1개는 Off-line/Isolated mode 알고리즘이다. 그 유니트가 Off-line 이거나 Isolated mode에 있으면(제어모드가 black start 로 사용됨), Off-line/Isolated mode 알고리즘이 사용된다. Off-line/Isolated mode 알고리즘은 운영자가 결정한 설정점에서 터빈 속도를 제어한다. 예를 들면 unit가 Off-line이고 운영자가 95% 정격 속도 설정값을 조정한다면, 제어는 unit 의 95% 속도를 제어하는 gate에 위치할 것이다. 만약 운영자가 100% 정격 속도로 설정점을 올린다면, 제어는 unit 의 속도를 100%로 올리는 gate를 여는 방법으로 반응한다. Droop setting은 이 모드에서는 제어 설정점에 영향을 미치지 못한다.
일단 속도설정점이 SNL(Speed No Load)에 도달하면, 속도는 OPC 제어 스위치를 경유하는 Local Auto Operating mode에서 조정될 수 있다. 원격지 자동운전모드에서, 속도는 디지털 제어에 별개의 입력인 속도조절 Raiser/Lower를 경유하여 조정된다. Raiser/Lower 명령 동안의 조정점 변화 때의 비율은 언제든 조정될 수 있으며 비율은 Speed/초를 %로 상관관계로 된 단위로 쓴다. 유니트는 On-line 이고 Isolated mode control이 아닐 때 이거나 유니트가 Manual mode일때 , Off-line/Isolated mode 속도 조종점은 실제 속도에 따른다. 이것은 Off-line 이거나 Isolated mode control 로 이전하는 bump-less를 제공한다. 만약 발전기 차단기가 열리면, 속도 조정점은 부하차단을 커버하기 위한 SNL 조정점으로 돌아간다. Off-line/Isolated mode PID 알고리즘이 제어될 때, 일시적 보상 기능이 어떠한 제어 불안정상태를 일으킬 수 도 있다. PID Gain은 "일시적 보상"이 조정되기 전에 최적 제어 반응으로 적당히 조정되어야 하며 일시적 보상 기계적 완충장치 같이 작용한다. Wicket Gate가 열리거나 닫힐 때 속도 조정점은 일시적으로 낮아지거나 약간 작아지는 디지털 컨트롤의 응답으로 Wicket Gate의 변화 비율에 따라 올라간다.



<그림 1> 단독모드 Function Block

2.2 제어모드 비교

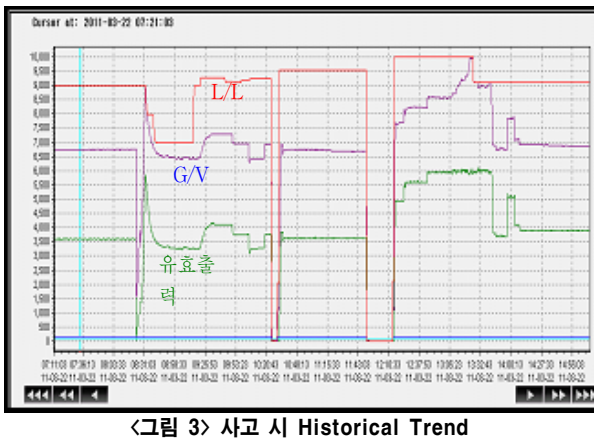
아래 그림은 소양강댐에 설치된 디지털 가버너의 제어 모드를 비교한 표이다.

구 분	SPEED CONTROL			LOAD CONTROL	OPENING CONTROL
	NO LOAD CONTROL	SPEED ISOLATED	SPEED NETWORK		
ON (SET)	AUTO CONTROL CB OFF	CB ON ISOLATED BTN ON CB ON SPEED NOT STABLE Opening CTRL 상태 MLDT 고장	LOAD CTRL 상태 전력량T/D ERR CB ON NETWORK BTN ON	CB ON LOAD BTN ON 전력량T/D 정상 CB ON SPEED STABLE (±5%) GOV. STOP Partial ShutDown	CB ON OPENING BTN ON
OFF (Reset)	CB ON	PMG & PT ERROR CB OFF LOAD CTRL ON Network CTRL ON Opening CTRL ON SHUTDOWN	PMG & PT ERROR CB OFF Seed not stable LOAD CTRL ON Isolated CTRL ON Opening CTRL ON SHUTDOWN	전력량T/D ERROR CB OFF Seed not stable Network CTRL ON Isolated CTRL ON Opening CTRL ON SHUTDOWN	MLDT ERROR CB OFF Seed not stable Network CTRL ON Isolated CTRL ON Load CTRL ON SHUTDOWN
제어		65F		65P	77
제어변수	주파수(Speed)- PMG & PT(80% spd이상 or PT 전호 이상시)			출력-전력량 T/D	G/V개도 -MLDT
비 고	* Isolated Lamp ON * 동작 : 기동Mode 계통 병입 전(CB ON)까지				개별 PID 없음 Min. Load 무효

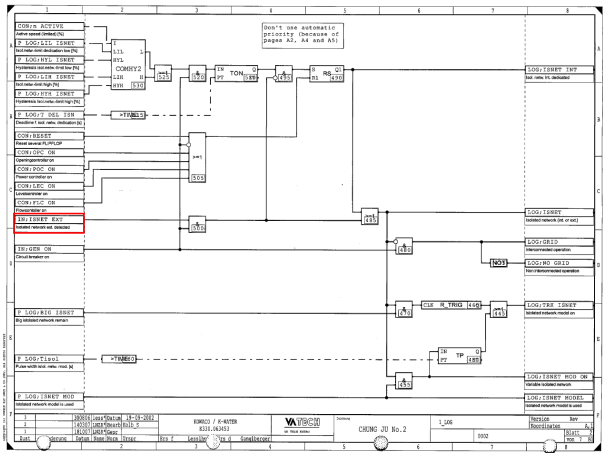
<그림 2> 제어모드 비교

2.3 사고 시 현상 및 관련 프로그램

사고 조건은 첫째 발전기가 On-Grid(계통 연계) 되어 있고, 둘째 주파수가 정격주파수(60Hz)의 ±2%를 초과 할 때 발생한다.
사고 시 출력 운영(조속기 자동)을 보면(그림3 참조) 거의 최소로 감소되었고, 운전자는 출력 상승신호를 주었으나 설정값에서 정지되지 않고 최대값까지 올라가고 근무자자 적정출력으로 내리자 설정값 이하로 내려가는 등 제어가 원활치 않으므로 부하제한기(L/L)를 통해 운영함.
(운영 근무자는 Isolation Mode 상태 변환을 인지 할 수 없도록 구성)



〈그림 3〉 사고 시 Historical Trend



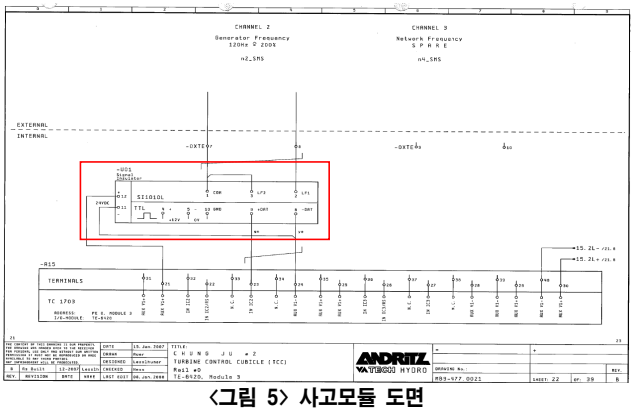
〈그림 4〉 Isolated 모드 동작 프로그램

2.4 사고분석 및 설비보완

2.4.1 사고분석

가버너가 Power Control Mode로 운전 중 PT(Potential Transformer) Signal를 주파수로 변환하는 Signal Insulator 이상으로 계통주파수를 감지하지 못해 Insolation Operation Mode로 변경되었으나 제어모드 상태 및 감시 포인트가 원격지에 있는 SCADA System에 전송되지 않아 원격지에서는 정확한 현장 상태를 판단하기 어려운 상황이었으며,

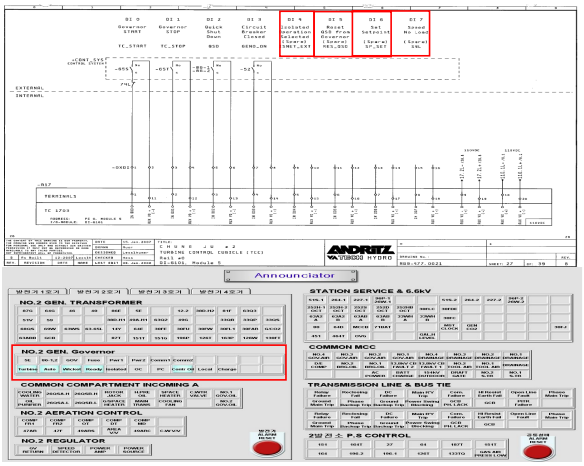
Insolation Operation Mode에 대한 이해가 부족해서 사고 대응이 다소 지연된 사례라 볼 수 있다. 현재 가버너가 기계식이나 전기식에서 디지털로 바뀌면서 주파수 검출을 기존은 SSG(Speed Signal Generator) 단독으로만 사용하였으나 현재는 대부분 기동시에는 SSG 혹은 PMG 로 정격 회전시에는 PT에서 검출하는데 이는 PT 에서의 검출 신호가 SSG 혹은 PMG 보다 정확하고 깨끗한 신호이기 때문이다. 그러나 속도 Sensor , Signal Insulator 등이 대부분 전자 기판 형태로 구성되어 있어 Noise 등에 취약하여 오동작을 일으킬 우려 또한 많아졌으며, 특히 주파수(PT Signal), 가이드밴 개도, RPM 센싱 부분은 발전기 운영 시 가버너에 입력되는 중요한 요소들이기 때문에 철저한 관리가 필요하다.



〈그림 5〉 사고모듈 도면

2.4.2 설비보완

PT신호 및 기타 원인으로 인해 오동작 할 경우 원격관리소에서 감시가 가능하도록 현장 시퀀스 회로를 보완하였고, 이를 HMI(Human Machine Interface)화면에 인터페이스 시켜 항시 감시가 가능토록 하였으며 SCADA System에서 가버너 제어모드를 변경할 수 있도록 하여 사고 시 신속한 대체가 가능하도록 시스템을 보완하였다.



〈그림 6〉 설비보완 도면 및 HMI 화면

3. 결 론

컴퓨터 및 통신기술 발달로 인해 조속기도 과거 기계식 수동제어에서 디지털식 자동제어로 변하고 있는 추세이다. 디지털가버너의 제어모드는 크게 발전기 차단기를 기준으로 계통병입 전 모드, 계통 병입 후 모드로 나누어져 있고 회사마다 용어는 조금씩 다르나 개념은 비슷한 상황이다. Isolation Operation Mode는 계통이상 시 가버너가 최소 운전을 유지하다가 계통이 안정되면 즉시 모드를 바꾸어 출력을 증/감발 할 수 있기 때문에 기동시간이 긴 발전소에는 상기 모드에 대한 이해와 오동작이 발생하지 않도록 설비보완이 필요하며, 원격관리소에서는 주요 설비의 모든 상황을 감시할 수 있도록 현장 설비시스템의 주요 감시 및 제어포인트를 SCADA System HMI에 등록하여 감시할 필요가 대두되고 있으며, 이중 디지털 가버너에서는 이런 오동작을 방지하기 위해 센싱부분의 이중화 및 고성능의 계측기를 설치 할 필요가 있다고 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국수자원공사, “조속기 성능분석 및 현대화 방안”, 2004. 4
[2] 한국수자원공사, “충주댐, 소양강댐 가버너 준공자료”, 2007, 1