

K-EMS 예비력감시 알고리즘 개발

이정호*, 오태규*, 이진수**, 서은성**, 김기운*
 한국전기연구원*, 한국전력거래소**

A Development on Reserve Monitoring Algorithm for K-EMS

Jeong Ho Lee*, Tae Kyoo Oh, Jin Su Lee**, Eun Sung Seo**, Ki Woon Kim**
 Korea Electrotechnology Research Institute*, Korea Power Exchange**

Abstract - 본 논문은 한국형 에너지관리시스템 (K-EMS)의 발전계획 응용프로그램 기능중 하나인 예비력감시 응용프로그램 개발을 위한 예비력감시 알고리즘 개발에 관한 것이다. 예비력감시 응용프로그램은 EMS에서 실시간으로 수행되어 급전원에게 제어지역별, 발전소별, 발전기별로 현재 전력계통의 유효전력 예비력을 제시한다. 본 예비력감시 알고리즘은 국내 전력시장운영규칙의 예비력 항목으로 정의된 주파수조정 예비력, 운전상태대기예비력, 정지상태대기예비력, 대체예비력, 운영예비력을 계산한다. K-EMS에서는 경제급전 응용프로그램과 예비력감시 응용프로그램을 연계하여, 요구된 주파수조정예비력 확보량을 만족하도록 경제급전에서 발전력을 조정한다. 국내 전국계통 실시간 데이터를 이용하여 K-EMS 실시간 예비력감시 알고리즘을 시험하였다.

- 발전기 조속기운전 상태
- 3) 발전기 운영자 입력 Data
 - 발전기별 예비력 적용확인 (주파수조정예비력, 대기예비력, 운영예비력)
 - 발전기 기동시간
 - 발전기 증발열
 - 발전기 조속기 속도조정율
 - 발전기 정격용량
 - 발전기출력 제어 상, 하한치

2. 본 론

2.1 주파수조정예비력

주파수제어에 있어서 발전기는 해당 발전기의 정격용량과 조속기 속도조정율에 따라 주파수 변동에 대해 발전기 유효전력 출력을 증감하며, 전력계통의 주파수 변동에 따른 각 발전기 출력변화량(MW), 즉, 발전기 주파수추종 응답량, 은 다음과 같다.

$$\Delta P(\text{MW}) = \Delta f(\text{Hz}) / \text{SF}(\text{Hz}) * (100 / D(\%)) * P(\text{MW}) \quad (1)$$

여기서, $\Delta P(\text{MW})$: 주파수추종 응답량,
 $\Delta f(\text{Hz})$: 계산할 주파수 변동 편차(0.1Hz; 입력값),
 $\text{SF}(\text{Hz})$: 기준주파수(60Hz),
 $D(\%)$: 발전기 속도조정율
 $P(\text{MW})$: 발전기 정격용량

AGC 응답 예비력 계산은 발전기의 AGC 제어상태가 자동(AUTO) 상태이며 주파수조정에 참여하는 발전기, 즉, 조정모드가 정상조정(Regulation), 비정상조정(Assist), 비상조정(Emergency)모드로 선택된 발전기(그림 4. 참조), 의 증발률(Ramp Rate)에 적용시간인 0.5(분)을 곱하여 계산한다.

$$\text{AGC 응답량}(\text{MW}) = [(\text{AGC 자동 상태 발전기}) \cdot \text{and.} (\text{주파수조정 참여 발전기})] \text{의 증발률}(\text{MW/분}) * 0.5(\text{분}) \quad (2)$$

따라서, 주파수조정예비력은 제어지역내 발전기 조속기의 주파수추종 능력인 발전기 주파수추종 응답량(10초이내 응답)과 AGC 응답 예비력 중 30초이내 응답 가능량, 즉, AGC 응답량, 을 합산하여 계산한다.

$$\text{주파수조정예비력} = \text{주파수추종 응답량} + \text{AGC 응답량} \quad (3)$$

2.2 대기예비력

대기예비력은 비교적 큰 차이로 발생하는 갑작스러운 수요예측의 오차, 발전기 불시정지 등으로 인하여 전력수급의 균형을 유지하지 못할 경우를 대비하여 단시간(10분~20분) 이내에 확보 가능한 발전력이다.

2.2.1 운전상태대기예비력

운전상태대기예비력은 계통에 병입되어 운전중인 발전기의 출력 여유분이 운전상태대기예비력이 되고, 10분이내 이용 가능한 예비력으로 주파수조정으로 제어 가능한 범위를 초과하는 출력조정 여유분을 의미하며, 동기속도의 무부하로 운전중인 발전기, 출력 증가가 가능한 발전기, 양수발전기의 펌프 운전모드에서 부하차단이 가능할 때의 예비력을 합한 것이다.

$$\text{운전상태대기예비력} = \text{운전중 발전기의 10분이내 이용 여유분} - \text{주파수조정예비력} + \text{양수 전력량} \quad (4)$$

1. 서 론

우리나라 전력시장운영규칙 별표3 전력계통 운영 기준에서는 실시간 급전운영을 위한 적정 수준의 예비력 확보, 운영을 명시하였고, 주파수 조정예비력, 대기예비력, 대체예비력, 운영예비력 등 예비력 항목을 정의하였으며 적정 예비력 확보기준을 만족하도록 하고 있다.

주파수조정예비력은 순시에 자동으로 응답할 수 있는 예비력으로 미소수요변화 및 원활한 계통 주파수 조정을 위한 자동발전제어(AGC)와 주파수추종(Governor Free)운전으로 세분된다. 대기예비력은 발전설비 불시정지 및 수요예측 오차 등에 대비하여 10분이내에 확보가능한 운전상태대기예비력과 20분이내에 이용가능한 정지상태대기예비력으로 구성된다. 대체예비력은 120분이내 이용가능한 예비력이며 주로 발전소 및 송전설비 고장정지 등에 대비하기 위함이다. 부가적으로 전력시장운영규칙에서는 계통에 병입하여 운전하는 발전기의 주파수조정예비력과 대기예비력중 10분이내 확보가능한 예비력으로 운전예비력을 정의하고 있다. 또한 정지예비력으로 정지상태인 발전기 출력 여유분으로 20~120분이내 확보 가능한 예비력이 있으며, 정지상태대기예비력과 대체예비력의 합이다. 국내 예비력감시 항목과 확보량은 다음 표와 같다.

<표 1> 예비력 감시 항목과 확보량

항목	세부항목	분류	확보량(MW)	응동시간
주파수조정 예비력	주파수추종	운전예비력	500	10초이내
	자동발전제어		500	30초이내
대기예비력	운전상태대기예비력	정지예비력	500	10분이내
	정지상태대기예비력		1,000	20분이내
대체예비력	대체예비력		1,500	120분이내
운영예비력	운영예비력	운영예비력	4,000	

전력시장운영규칙에 정의된 예비력 운영기준의 항목별 예비력은 EMS에서 운영자가 설정하는 적용시간(응동시간)에 따라 발전기별로 실시간(Default: 30초 주기) 계산된다. 제어지역별로 설정된 예비력 확보량과 같은 제어지역내 발전기별 실시간 예비력을 합산하여 상호 비교함으로써 예비력 부족시 EMS 경보기능과 연계되어 각 항목별 예비력 부족에 대한 경보가 EMS 운영자 화면에 표시된다.

EMS에서 실시간 예비력감시를 위한 입력 데이터는 다음과 같다.

- 1) 제어지역 관련 운영자 입력 데이터
 - 예비력 항목별 계산 적용시간
 - 예비력 항목별 예비력 요구량
 - 예비력 관련 경보 설정값
- 2) SCADA 취득 Data
 - 발전기 유효전력 출력
 - 발전기 운전 정지 상태

