

동적부하차단 모델을 이용한 KEPCO 계통의 주파수 해석

장병태, 이소영, 김경호, 추진부, 오화진*, 조범섭*
전력연구원, 전력거래소*

Frequency Analysis on KEPCO Power System Using Dynamic Load Shedding Model

B T Jang, S Y Lee, K H Kim, J B Chu, H J Oh*, B S Cho*
KEPRI, KPX*

Abstract - When a power system experiences a serious disturbance on insufficient power, the system frequency may drop. For system frequency will be maintain standard value, under frequency relay will reconstruct balance of power and load by load shedding. Currently load shedding scheme is due to establishment plan by fixed scenario. Where compare current scheme with past scheme, system frequency should be recovered by load shedding using rate of frequency decline. This paper suggests the dynamic load shedding scheme by using the rate of change of frequency when The Korea Electric power system is happened the large disturbance.

가 변화한다는 것을 근사적으로 나타낸 식이다.

$$\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{f} \cdot \frac{df}{dt} = \sum_{i=1}^n P_{in,i} - \sum_{i=1}^n P_{out,i} \quad (1)$$

1. 서 론
전력계통에서의 왜란은 대규모 발전력의 탈락 혹은 계통 주요개소의 고장과 같은 계통의 급작스런 변화의 형태를 야기한다. 긴급 상황의 경우에는 제어와 보호 명령들이 계통을 가능한 한 정상적이고 안전한 상태로 회복시키기 위하여 필요하다. 본 논문에서는 전력계통의 주파수 안정도를 위하여 주파수 변화율의 기능 실행을 평가하였으며, 주파수 저하에 의한 계통의 안정도를 위한 동적부하차단 방안을 제안한다. 전력계통 계획상의 경향을 살펴보면 경제적인 요인과 환경적인 요인에 의한 새로운 제약조건으로 인하여 운영 여유가 없게 된다. 현재 운영되는 EMS의 SCADA와 다양한 전력계통 분석 도구에 의해 운영되고 있지만 현재의 집중제어명령들은 일부 왜란의 경우에 대해서는 느리게 응답한다. 계통 운전자는 매우 복잡한 상황에 빈번히 직면해야 하고 자발적인 해와 정책에 의존하여야 하는 실정이다. 따라서 지역별 자동 명령들은 빠르게 확산되는 긴급한 상황으로부터 시스템을 보호하는데 여전히 의존적이다. 일반적으로 저주파수 계통 보호의 전략은 부하차단이다. 저주파수 보호 방안에 전력 불평형의 순간 표시 기능인 주파수 변화율의 적용과 동적부하차단을 이행함으로써 보다 선택적이고 신속한 저주파수 계통보호 하고자 한다.

계통 변화에 대응한 발전기 응답보다 계통의 전체 발전량과 부하량의 불균형을 해소하기 위한 신속하고 간단한 방법은 부하를 차단하는 것이다. 근래의 계전기 기능들은 주파수 변화율, 시간 지연 등을 갖추고 있다. Underfrequency Load Shedding (UFLS)의 주된 목적은 주파수를 정상으로 신속한 회복을 위하여 계획된 부하의 양을 차단하는 것이지만 일반적인 UFLS는 사전 결정된 계획에 기초를 두고 있으며, 계통 상황을 극복할 수 있도록 개조 시킬 수가 없다. 따라서 전력계통의 특성과 전력회사 방침에 기반을 둔 부하차단 방식을 설계함에 있어서 여러 가지 사례가 있다. 일반적으로 현재 UFLS 방식은 몇몇 단점을 가지고 있다.
(a) 차단하도록 지정된 부하는 사전에 선정된 계통의 상정사고 해석에 근거하여 가정된 부하배분에 좌우된다. 지정된 부하들은 탈락될 것이나 예기치 않은 계통변화에 대해 최적 차단방식은 보장할 수 없으므로 과차단이나 부족차단이 발생한다.
(b) 무효전력 배분과 전압 특성이 고려되지 않는다. 송전선로의 무부하와 동시에 부하차단은 과전압을 일으킬 수 있다. 높은 분로 커패시턴스를 가지는 케이블 계통망에서 비제어 부하 차단방식은 전압상승을 일으킬 수 있는데 이는 부하차단이 비효율적일 수 있다.
(c) 부하는 불연속적인 단계별로 차단된다. 실제적인 전력 부족분을 예측할 수 없기 때문에 부하의 정확한 양이 차단되지 않을 수도 있다.

2. 본 론

2.1 발전력 부족시의 저주파수 현상

회전기의 입력과 출력 간에 입출력 불균형시 회전기기의 회전속도가 변화하는데, 동기기의 회전속도는 전기적 각속도이며 즉, 계통의 주파수이다. 전력변화가 발생하면 이 회전기기의 회전수가 변화하고 계통의 주파수가 변화하게 된다. 발전력 부족으로 인한 계통 사고로 저주파수 현상은 터빈 저압 Blade의 손상을 가져올 수 있으며, 발전기기의 고장의 장기화로 인한 파장은 전력계통에 큰 지장을 가져온다. 그러므로 발전력 부족에 의한 계통 저주파수 현상이 발생시에는 신속한 부하차단이 반드시 필요하다. 식 (1)은 계통내의 전체 발전기의 입력의 합과 전체 출력의 합과의 사이에 차가 생기면 주파수

2.2 동적부하차단

적용하고자하는 방안은 그림 1과 같은 동적부하차단 방안을 이용하는 방안이며 그 모의 결과는 그림 3과 같다. 그림 3은 부하차단 각 stage의 주파수변화율(df/dt)의 정정율 -0.1(Hz/sec), -0.2(Hz/sec), -0.3(Hz/sec)으로

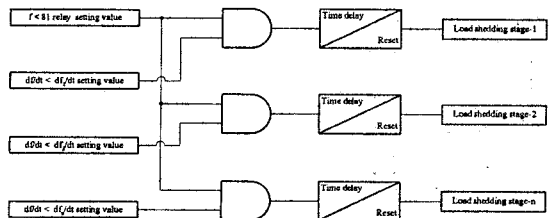


그림 1. 동적부하차단

하였으면 사고는 6기의 발전기 탈락의 외란 발생시 주파수 변화율은 사고의 크기가 반영되고 주파수변화율

(df/dt)이 차등적 적용되어 현재 부하차단 방안보다 계통상황을 더욱 효과적으로 반영되어 부하차단 수행이 가능함을 제시하고 있다.

표 1. 동적부하차단 사례별 정정값

	Frequency (Hz)	Stage	df/dt (Hz/sec)	% L. S.
Scheme 1	59.5	1	-0.1	6
	59.5	2	-0.2	7
	59.5	3	-0.3	7
Scheme 2	59.1	1	-0.1	6
	59.1	2	-0.2	7
	59.1	3	-0.3	7
Scheme 3	58.8	1	-0.1	6
	58.8	2	-0.2	7
	58.8	3	-0.3	7

표1은 동적부하차단 모델의 정정이다. 각 scheme별 초기설정주파수와 각 stage별 차단량은 현재 부하차단 방안 정정치와 동일하게 적용하여 모의하였으며, 이때의 초기 주파수의 선정은 중요하게 된다. 너무 높은 값으로 설정된다면 부하차단이 빈번히 동작하게 될 것이고 너무 낮게 설정된다면 부하차단이 되더라도 하더라도 계통의 저주파수가 심화될 우려가 발생한다. 동적부하차단을 모의한 결과에서 모두 59.5[Hz] 이상의 주파수로 회복되었으므로 본 모의에서 적용시킨 동적부하차단의 효용성을 보였다.

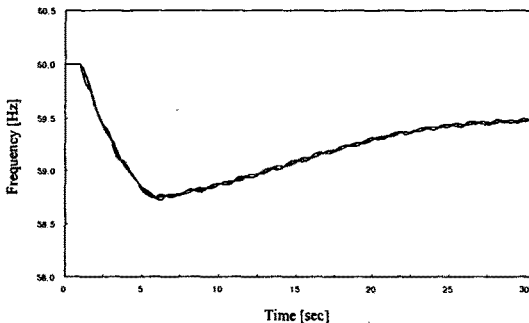


그림 2. 현재 부하차단 계획에 따른 모의 주파수

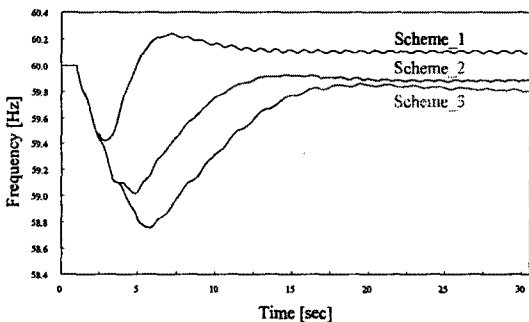


그림 3. 동적부하차단 방안을 적용한 부하차단에 따른 7100모선의 모의 주파수

그림 3에서 나타나듯이 6기의 발전기 탈락 주파수곡선에서 Scheme-2가 가장 적은 부하를 차단하고 주파수 회복도 기준주파수에 가장 근접하였다.

표 2. 사례별 시간에 따른 계통상태

	MW	t=0 [sec]	t=30 [sec]
Scheme 1	Gen.	53436.1	45540.4
	Load	52613.8	44900.4
Scheme 2	Gen.	53436.1	48863.3
	Load	52613.8	48178.3
Scheme 3	Gen.	53436.1	48806.3
	Load	52613.8	48136.5

표2는 본 논문의 실험에서 제안하는 동적부하차단 방안이 적용된 초기주파수의 설정에 따른 발전량과 부하량의 시간에 따른 변화를 나타내었다. KEPCO계통 실제 동 모의결과 Scheme-2의 59.1[Hz]을 가지는 초기 부하차단 설정주파수가 실험한 3가지 동적부하차단 방안 중 가장 효과적으로 발전기 6기 탈락사고시 계통 안정화 방안에 가장 적합한 초기 주파수 정정이 된다.

3. 결 론

주파수 저하에 따른 부하차단은 전력계통의 주파수를 빠르게 안정시키며 신뢰할만한 전략이다. 주파수변화율을 이용한 부하차단방안은 발전력과 부하의 불평형에 대한 적극적인 조치가 된다. KEPCO 계통의 동적부하차단의 초기주파수 정정과 주파수 변화율 계전기들의 수행을 입증함으로써 계통 운영을 더욱 신뢰성 있게 할 수 있다. 이러한 저주파수 계전기의 정정은 순동 예비력, 전체 계통 관성, 부하 배분에 근거한 정보를 활용 가능할 때, 차단될 실제적 부하를 주파수 변화율을 이용하여 정정할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 동적부하차단을 시행함에 있어 정밀한 계통 데이터 취득과 상세 계통 모델의 평가가 필요하며, 전력계통의 저주파수와 과부하 상황을 조치하는데 있어서 주파수 변화율을 이용한 동적부하차단 방안이 효과적임을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. M. Anderson, M. Mirheyda, "An Adaptive Method for setting under-frequency load shedding Relays", IEEE Trans. power systems, Vol 7, No. 2, May, 1992
- [2] Y. Ohura et al, "Microprocessor-based Stabilizing Control Equipment for Survival of Isolated Mid-City Power System" IEEE Trans. PWRD, pp.99-104, Oct. 1986.
- [3] Shih, L.J.; Lee, W.J.; Gu, J.C.; Moon, Y.H. "Application of df/dt in Power System protection and its implementation in microcontroller based intelligent load shedding relay" Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, 1991. Conference Record. Papers presented at the 1991 Annual Meeting, 1991