

수용가용 직접부하제어시스템의 구성 및 운영

박종찬, 최문규, 이웅균, 김선자, 정병환, 최규하
건국대학교 전기공학과

Composition and Operation of Direct Load Control(DLC) System for use of Demand Side

J.C. Park, M.G. Choi, Y.G. Lee, S.J. Kim, B.H. Jeong, G.H. Choe
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract - Direct Load Control(DLC) system is a load management program for stabilization of electric power supply-demand. It is a series of acts limiting the demand of selected demand side at peak load or other time periods. Recently, power supply-demand instability due to dramatic increase in power usage such as summertime air-conditioning load has brought forecasts of decrease in power supply capability. Therefore heightening the load factor through systematic load management, in other words, Direct Load Control became necessary. By examining the composition and operation of the DLC system, this paper provides conceptual understanding of the DLC system and help in system research.

1. 서 론

최근 여름철 냉방부하의 전력사용이 급격히 증가함에 따라 향후 전력공급 능력의 저하가 예상되어왔다. 이에 따라 발전 및 송전설비 확충이 필요하지만 전원입지의 확보곤란, 국제적인 환경규제 강화 및 막대한 투자재원의 조달문제, 송전선의 건설부지 교섭난 등으로 공급력 확보에 어려움을 겪게 되었다. 이러한 문제를 능동적으로 대처함과 동시에 국가 경쟁력을 확보하기 위하여 체계적인 부하관리를 통한 부하율의 제고 다시 말해 직접 부하제어가 필요하게 되었다.

직접부하제어 사용시 공급자 입장에서는 i) 적정예비율 및 전력품질 유지 ii) 전력 가격의 안정 iii) 발전 설비 및 에너지 자원의 효율적 운영등을 기대할 수 있고 수용가에서는 i) 전기요금의 절감 ii) 자체적으로 최적의 부하관리 시스템 구축 iii) 전력 수급 불안시 피해 최소화 등이 기대될 수 있다. 이러한 직접부하제어시스템은 크게 상위구조와 하위구조로 나뉘게 되는데 본 논문에서는 수용가의 부하제어 및 수요를 관리하는 하위구조인 수용가용 직접부하제어시스템에 대하여 전반적으로 나타내었으며 향후 개발할 직접부하제어 하드웨어에 관하여 다루었다.

2. 본 론

2.1 직접부하제어의 개념

직접부하제어란 전력회사의 계통의 첨두부하를 효율적으로 억제하기 위하여 전력회사와 수용가가 약정을 체결하고 피크부하 발생시 전력회사는 약정에 의한 시간 및 회수 만큼 수용가의 전력사용 설비를 제어하는 것을 말하며, 이에 전력회사는 계약에 의한 요금보상 등의 혜택을 수용가에게 제공하는 이른바 상호 의존적이고 보완적인 부하관리제도를 할 수 있다. 따라서 전력회사는 효율적인 부하관리를 통해 발전소 건설 부담을 완화할 수 있는 등 국가적인 차원에서의 경쟁력을 기대할 수 있다.

2.2 직접부하제어의 필요성

2.2.1 공급자 측면의 직접부하제어의 필요성

공급자측면에서의 직접부하제어의 필요성은 다음과 같다. 우선, 적정 예비율 및 전력품질의 유지를 확보할 수 있다. 향후 전력공급능력의 저하가 예상되고, 발전 및 송전설비 확충에는 막대한 자금 및 시간이 필요하게 된다. 그리고, 부하관리를 통해 가격을 안정시킴으로써 전력시장에서의 가격안정을 꾀할 수 있다. 또한, 전력계통 붕괴시 피해를 최소화 할 수 있다. 붕괴 요인에는 전선, 천재지변, 파업등이 있으며, 이때 공급자 측에서는 각 전력부하마다 차단시의 손실에 대한 정보를 관리, 손실이 적은 부하를 우선적으로 차단함으로써 사회적 피해를 최소화할 수 있게 된다. 따라서 공급자 측은 에너지 자원의 효율적 운영과 안정적인 전력 공급을 할 수 있게 된다.

2.2.2 수용가 측면의 직접부하제어의 필요성

수용가 측면에서의 직접부하제어의 필요성은 다음과 같다. 부하관리 프로그램 참여에 따른 인센티브 수입과 목표전력 초과 예방으로 인한 전기 요금을 절약할 수 있게 된다. 그리고, 수급 비상시 손실이 적은 부하가 우선 차단됨으로써 전력 수급 불안시 피해를 최소화 할 수 있다. 또한, 수용가용 하드웨어 단말장치를 이용하여 체계적인 부하관리를 통한 자체적으로 최적의 전력부하관리 시스템 구축을 가능하게 한다.

2.3. 직접부하제어시스템의 구성

직접부하제어시스템은 전력부하관리센터(LMC), 부하관리사업자시스템(LSE)의 상위구성시스템과, 수용가 직접부하제어시스템의 하위구성시스템으로 구성되어 있다. 단방향 제어체계를 탈피하여 제어에 따른 절차는 수용가와 협의 하에 진행하는 양방향 대화형 커뮤니케이션이다.

2.3.1 직접부하제어 시스템의 상위구성

LMC시스템은 MOS시스템의 직접부하제어를 받아 LSE시스템별 직접부하제어량을 할당하고 결과를 MOS시스템에 연계하는 센터 역할을 수행하는 기능을 한다. 또한, LSE시스템별 수용가의 부하를 Real-time으로 취합(상주프로그램)하여 부하분석 및 각종통계 등의 역할을 수행하는 기능을 한다. LSE시스템은 LMC시스템의 직접부하 제어를 받아, 수용가별 직접부하제어 및 제어결과를 LMC시스템에 연계하는 중간매체 역할을 수행한다. LMC와 마찬가지로 LSE시스템 또한 수용가의 부하를 Real-time으로 취합(상주프로그램)하여 부하분석 및 각종통계 등의 역할을 수행하는 기능을 한다. 다음의 다른 LSE 사업자도 LMC시스템과 하위시스템(수용가)과의 같은 역할을 수행하되 상.하위 연계 프로토콜 표준화에 따라야 한다. 그림1은 직접부하제어시스템의 전체 구성도이다.

LMC에서 LSE에 연결된 각 수용가의 제어 부하량과 제어시점을 전달하여 LSE가 수용가 부하를 제어한다.

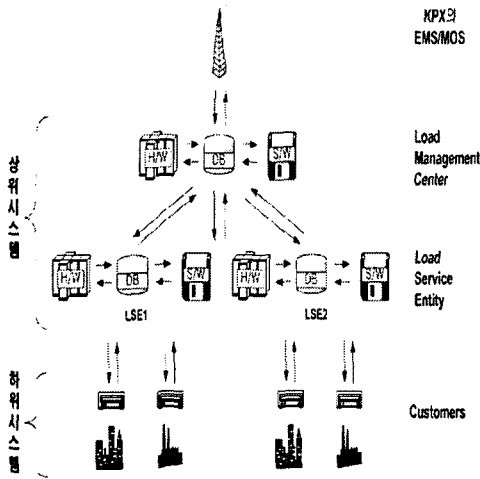


그림 1 직접부하제어시스템 구성

2.3.2 직접부하제어 시스템의 하위구성

그림 2는 직접부하제어사업에 참여한 수용가에 설치되는 시스템으로, 직접부하제어장치(EMD), 부하제어단말장치(LCU), 전자식 전력량계, 모니터링 서비스로 구성되어 있다. 직접부하제어장치는 수급연동형 포트와 LSE서버와 전력관리센터 데이터 전송 통신을 담당하고 하절기에 수요전력을 제어할 경우가 생기면 LSE서버는 수용가의 직접부하제어장치로부터 수집된 수용가의 정보를 이용하여 각 수용가별로 제어명령을 직접부하제어장치에 전달하게 된다. 그리고, 부하제어단말장치에 Half Duplex 전송방식의 RS-485 통신을 통해 부하제어 명령을 전송하고, 상위 모니터링 서비스를 위한 컴퓨터와 RS-232 통신 및 모든 정보를 표시하는 장치이다. 또한, 직접부하제어장치는 전자식 전력량계의 전력량 펄스와 EOI를 받아들여 수용가의 15분 수요 전력량을 측정하게 된다. 부하제어단말장치는 직접부하제어장치의 명령에 따라 현장의 부하를 제어하는 기기로 내부에 부하차단, 투입용 릴레이가 포함된다. 또한 제어효과 산출 및 수용가 인센티브를 위한 전력감시계측요소가 포함된다.

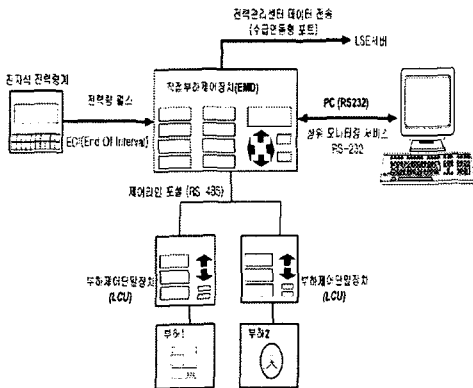


그림 2 수용가용 직접부하제어시스템 구성도

2.4. 직접부하제어시스템의 운영

2.4.1 부하제어 절차

2.4.2 제어전 알림명령 및 수용가 확인

LSE에서 제어전 알림명령을 수용가의 직접부하제어 시스템으로 보내면 직접부하제어장치 및 Local Monitoring S/W에서 알림명령 내용을 화면에 표시하게 된다. 수용가 전력관리자는 제어전 알림 메시지에서 제어정보를 숙지한 후, 수용가의 제어여부를 판단하여 확인 명령을 직접부하제어장치의 전면패널이나 Local Monitoring S/W에서 선택한다. 확인 또는 취소 메시지는 LSE서버로 전송하게 되고 LSE는 제어를 준비한다

2.4.3 수용가 부하제어

수용가의 부하제어에는 ①자동제어②수동제어③용량제어 3가지 방법이 있다.

1) 자동제어

LSE는 제어 시간대에 제어를 승인한 수용가의 직접부하제어장치 제어 명령 전달한다. 제어 메시지를 받은 직접부하제어장치는 부하제어단말장치로 제어 명령을 전달하여 부하를 제어하게 된다. LSE는 수용가의 부하가 제어되었는지를 판단하여 제어 전/후의 절감전력에 따른 상세내용을 수용가의 직접부하제어장치로 전송한다.

2) 수동제어

수동제어는 수용가의 전력관리자가 LSE에서 요청한 제어 부하를 제어시간대에 직접 수동제어 하는 방식으로 LSE에서 특별하게 내려가는 제어명령은 없고 LSE는 제어시간대에 수용가의 제어대상 부하가 제어되었는지를 판단하여 제어 전/후의 절감전력에 따른 상세내용을 수용가의 직접부하제어장치로 전송 한다

3) 용량제어

용량제어는 수용가의 전력관리자가 LSE에서 요청한 제어용량 만큼을 제어시간대에 직접 제어하는 방식으로 LSE에서 특별하게 내려가는 제어명령은 없고 LSE는 제어시간대에 수용가의 사용 전력량이 제어용량만큼 제어되었는지를 판단하여 제어 전/후의 절감전력에 따른 상세내용을 수용가의 직접부하제어장치로 전송 한다.

2.4.4 제어후 제어결과 알림

LSE서버는 제어전/후의 절감전력, 제어시간, 제어 인센티브등의 데이터를 직접부하제어장치로 전송한다. 직접부하제어장치 및 Local Monitoring S/W는 LSE서버로부터 전송 받은 내용을 화면에 표시한다. 수용가 전력관리자는 제어후 알림 메시지에서 제어결과정보를 확인한 후 차후 인센티브를 받을 때 근거자료로 사용한다.

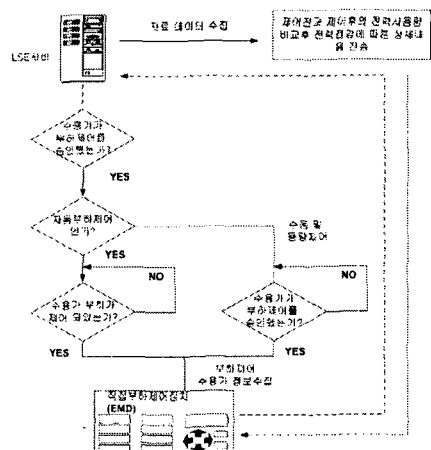


그림 3 부하제어 흐름도

2.5. 직접부하제어 하드웨어

직접부하제어 장치의 기능은 크게 ①측정기능, ②표시 기능, ③통신기능의 3가지로 분류할 수 있다. 단상 및 3상의 부하설비에 사용할 수 있으며, 전압, 전류, 신호를 측정하고, 유효전력, 무효전력, 피상전력, 역률, 주파수 등을 측정한다. 측정된 신호는 EMD의 전면판넬(FND)이나 상위모니터링 서비스에 측정된 데이터를 표시한다. 또한 전자식 전력량계의 15분 수요전력을 측정 및 표시할 수 있다.

RS-485통신을 통해 부하제어단말장치(LCU)와 통신하며 수용가의 부하를 제어하고 RS-232통신을 통한 수용가 관리자용 PC와의 통신도 담당하게 된다.

그림 4는 직접부하제어장치의 블록선도이다. 전압 전류를 측정하는 센서와 필터로 구성되는 신호 입력부, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 A/D변환부, 연산기능과 주변장치를 제어하는 디지털 신호 처리부, 시스템 인터페이스 처리를 수행하는 PLD부, SRAM 및 FROM으로 구성되는 메모리부, 시스템의 동작전원을 공급하는 동작 전원부, 부하의 on-off 제어 신호를 내보내는 출력부 등으로 구성된다. 표 1 은 직접부하제어장치 사양이다.

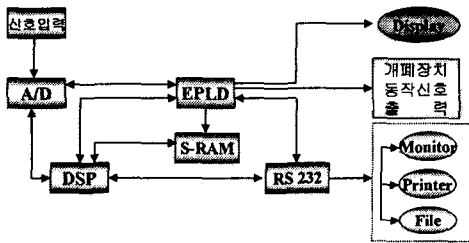


그림 4 직접부하제어장치 블록선도

표 1 직접부하제어장치 사양

항 목	사 양	
Processor		
		DSP(TMS320C32-60MHz)
Memory	ROM	512kB (AM29F040)
	RAM	28,672kB(K6R4008-4 Mbit×56개)
	EEPROM	4kB(24C32)
직접입력 범위	Voltage	0~440Vrms
	Ampere	0~10A
측정항목	전 압	각 상 및 선간 전압
	전 류	각 상 및 선간 전류
	전 력	유효, 무효, 피상전력
	고조파	전압·전류 고조파
	역률	데이터
LCU와 통신		RS-485
상위모니터링과 통신		RS-232
동작전원		110/220V, 50/60Hz

3. 결 론

최근 여름철 냉방부하를 비롯한 전력사용의 급격한 증가에 따른 전력수급의 불안정과 향후 전력공급능력의 저하가 예상되어왔다. 이에 따라 본 논문에서는 전력수급 안정화 프로그램 중 하나인 직접부하제어시스템의 개요와 구성 및 운영에 대한 전반적인 내용에 관하여 다루었다. 또한 DSP를 메인 프로세서로 하는 직접부하제어시스템의 하위구조인 직접부하제어장치(EMD)의 개발을 통해 상위 모니터링을 이용한 체계적이고 안정적인 부하관리를 통한 에너지의 효율적 운영을 기대할 수 있을 것이다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축 지원 사업으로 수행된 논문입니다

[참 고 문 헌]

- [1] Robert Roman, Robert Wilson, "Commerical Demand Side Management Using A Programmable Logic Controller" IEEE Transactions on Power System Vol. 10 No. 1. February 1995, pp. 376-379
- [2] Ming Yuan Cho, Shih Wei Gau, Cha Win Huang, "Development of microprocessors based demand control system for industrial and commercial customer", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, 2001. Conference Record. Papers Presented at the 2001 Annual Meeting. 2001 IEEE, May 2001 pp. 1-6
- [3] Teive, R.C.G. Vilvert, S.H., "Demand side management for residential consumers by using direct control on the loads", Power System Management and Control, 2002. Fifth International Conference on (Conf. Publ. No. 488), April 2002, pp. 233-237
- [4] 김형중, 김인수, 박규현, 차양환, "TCP/Ethernet 방식을 이용한 DLC(Direct Load Control)의 구성 및 부하제어기법" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 570-572, July, 2000
- [6] 이진호, 정주환, 서장철, 최종용 "전력시장 안정화를 위한 민간부하 활용 방안에 대한 연구", 대한전기학회 전력기술분회 추계학술대회 논문집, pp. 1-3 November, 2002