

전기요금절감을 위한 전력관리기술(3)

글/윤 갑 구(에이스기술단 회장, 기술사)
고 웅 렬(한전 배전처 과장)

목 차

- I. 공장에서의 전력관리 기술
- II. 부하관리와 요금제도
- III. 최대수요 제어장치의 현상
 - 1. 머리말
 - 2. 사용방법과 구성
 - 3. 기능의 개요
 - 4. 미국에서의 부하제어기술
 - 5. 맺음말
- IV. 최대수요 제어장치의 도입사례

III. 최대수요 제어장치(Demand Controller)의 현상

1. 머리말

현재의 전기요금 구성은 기본요금과 사용전력량 요금과의 합계치이다. 여기서 기본요금은 요금적용전력에 의해 결정된다.

한편, 요금적용전력은 계약전력(사용설비에 의한 계약전력 또는 변압기 설비에 의한 계약전력) 또는 최대수요전력(15분간의 평균전력 최대치)에 의하여 결정되는데 최대수요전력계를 설치한 수용가에 대하여는 검침당월을 포함한 직전 12개월중의 최대수요전력을 요금적용전력으로 하고 있다. 이른바 디맨드 실량제도가 적용되고 있다.

수용가에서 계약전력을 초과한 경우에는 위약금을 지불하도록 되어있다. 당월의 실량치가 과거의 치보다 크게되면 요금적용전력도 커지게 된다. 그 후 11개월간은 이렇게 큰 요금적용전력이 적용되도록 되어있다.

디맨드콘트롤장치는 이와 같이 요금적용전력의 경감과 위약금의 지불 또는 계약전력의 증가를 방지하여 전기요금을 절약하는 것을 주요목적으로 한 장치이다. 한편 전력설비의 유효활용이라는 관점에서도 디맨드콘트롤장치가 이용되고 있다.

수전설비의 용량증가를 억제하기 위해서 디맨드콘트롤장치로 전력의 사용상황을 감시하고 계약전력 근처에서 항상 전력을 사용도록 하는 이용방법도 있다.

이와 같이 디맨드콘트롤장치는 전기요금을 절약하며, 계약전력의 초과방지나 전력설비의 유효활용을 위해서 사용되는 장치이다.

상시전력의 사용상황을 감시하고 미리 설정된 목표전력을 초과할 것 같으면 경보를 발생시키고 동시에 부하제어신호를 내어 부하제어를 하는 장치이다. 이하 그의 사용방법과 구성 및 기능의 현상에 대해서 설명한다.

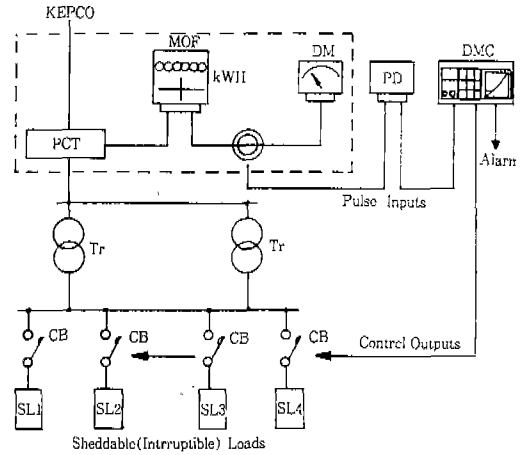
2 사용방법과 구성

가. 사용방법

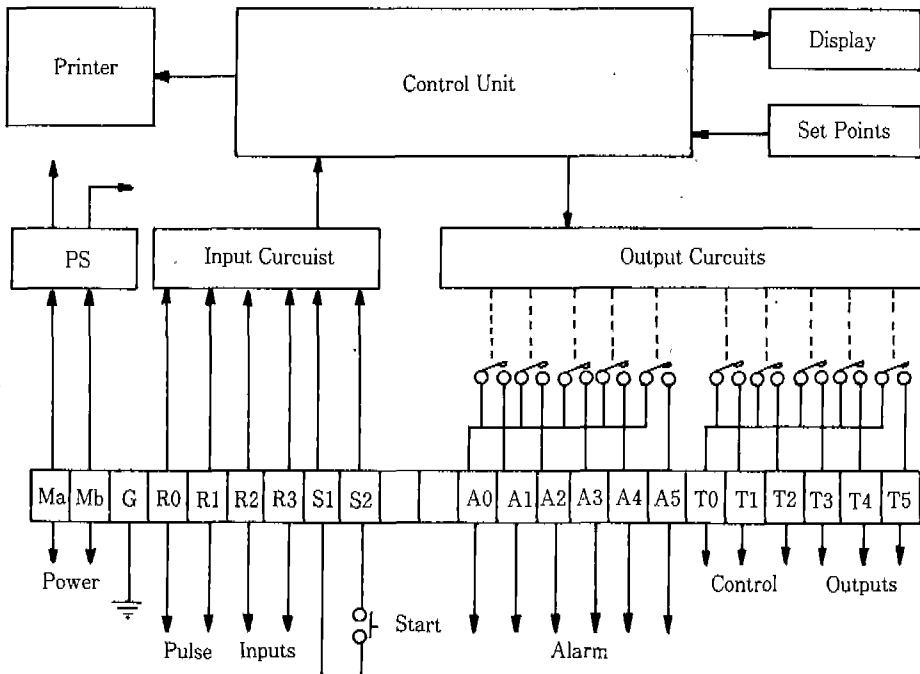
<그림 3-1>에 디맨드콘트롤장치의 사용 예를 나타낸다. 그림에서와 같이, 거래용 계기의 발신장치부 전력량계와 그의 전력량계에서 발신되는 펄스에 따라 구동한다. 최대수요전력계와의 사이에 펄스회로에 펄스검출기의 헤드를 취부해서 전력량계에서의 펄스를 검출, 디맨드콘트롤장치에 공급하는 것이 일반적이다.

거래용 계기가 디맨드 실량제용 계기일 경우는 펄스출력 단자간에 펄스검출기의 헤드를 취부하도록 되어있다. 이러한 펄스검출방식은 전력회사의 서비스로 행해지는 것이며 디맨드콘트롤이 거래용 계기와 동일한 펄스로 행할 수 있는 이점이 있다.

디맨드콘트롤장치에 펄스를 입력하는 방식은 기존의 전력량계, 디맨드콘트롤장치에 따라 다르며, 전력



<그림 3-1> 디맨드 콘트롤 장치 사용 예



<그림 3-2> 디맨드콘트롤장치의 구성 예

회사와 사전협약이 요구되는 것이므로 신중하게 미리 전문기관의 기술검토를 받는 것이 바람직하겠다.

나. 디맨드콘트롤장치의 구성

디맨드콘트롤장치의 일반적인 구성을 <그림 3-2>의 부력 다이어그램에 나타냈으며 그의 동작 개요는 다음과 같다.

펄스검출기 등의 펄스발신장치에서의 펄스를 입력 회로에서 받아 그것을 제어부에 공급하고 디맨드 콘트롤에 필요한 각종 데이터의 연산을 행하며, 표시부에서 데이터 표시를 행함과 동시에 각종 경보 또는 부하제어신호를 출력회로를 경유해서 출력한다.

설정조작부는 디맨드콘트롤장치의 사용조건인 설정 데이터를 입력하고 제어부에 기억시킨다. 또 프린터는 제어부에서 전력관리에 필요한 데이터의 공급을 받아 인쇄기록 한다. 전원회로는 각 부력의 동작에 필요한 전원을 공급한다.

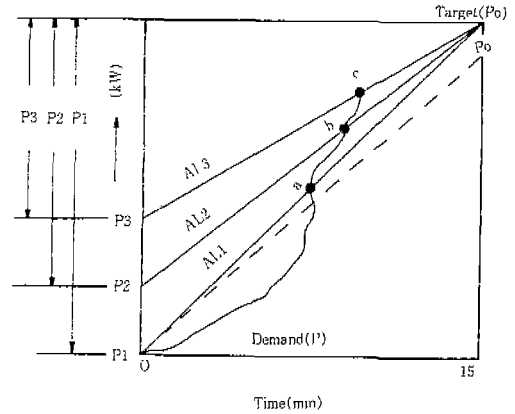
3. 기능의 개요

디맨드콘트롤장치는 거래용 계기의 최대수요전력에 동기시켜 사용전력량에 비례한 펄스의 공급을 받아 설정된 목표 전력치를 초과되지 않게 현재 디맨드치, 수요시한의 나머지 시간에서 예측 디맨드와 사용가능전력 및 조정전력 등을 연산 표시함과 동시에 목표전력 초과와 경보발생과 3~9회로의 부하제어신호를 출력하는 것이 주된 기능이다.

그리고 일보, 월보, 연보 등의 전력관리에 필요한 여러 데이터를 지동적으로 기록하는 장치도 있으나 이들 현행기종의 기능개요에 대하여 설명한다.

가. 동작방식

경보발생과 부하제어 지령 발생방식에는 경보라인 방식과 예측연산방식 및 그의 병용방식인 3종류가 일반적으로 채용되고 있다. 또 각 방식에는 각각 특성이 있으며 디맨드콘트롤장치를 사용할 때에는 그의 사용목적에 대응한 방식의 기종을 선정할 필요가 있다.



<그림 3-3> 경보라인 방식의 동작

1) 경보라인 방식

이 방식은 수요시한(15분)내에 일정한 전력을 사용했을 때의 현재 디맨드치의 추이를 경보라인으로 사용하는 방식이며 일반적으로 2~3개의 라인을 사용한다. <그림 3-3>에 이 방식의 원리도를 나타내며 $p_1 - p_0$ 를 제 1단, $p_2 - p_0$ 를 제 2단, $p_3 - p_0$ 를 제 3단 경보라인으로 하고 있다.

현재 디맨드치가 시간의 경과와 더불어 증가해서 a점에 도달하면 제 1단 경보가 난다. 여기서 부하를 제 1단 사용가능 전력 p_1 에 제어하면 그후의 현재 디맨드치는 $a - p_0$ 의 라인(제 1단 경보라인) 위를 추이하고, 수요시한 종료시에 목표전력을 초과함이 없다.

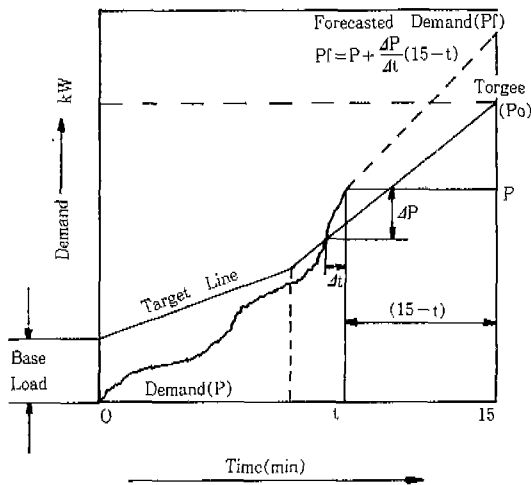
이때 부하제어가 안되고 현재 디맨드치가 증가하여 b점에 도달하면 부하를 제 2단의 사용가능 전력 p_2 에 제어, 그후의 현재 디맨드치는 $b - p_0$ 의 라인(제 2경보라인) 위를 추이하게 된다. 이와같이 제 3경보라인에 대하여도 같은 동작을 한다.

사용전력에 여유가 생길 경우의 경보해제조건은 현재 디맨드가 $p_1 - p_0$ 라인(목표전력치보다 적게 설정된 값)보다 적게 되었을 때 경보가 해제된다.

이 방식의 특징은 경보발생시에는 수요시한의 경과시간에 관계없이 미리 결정된 부하를 차단함으로써 용이하게 디맨드 콘트롤이 이루어진다.

2) 예측예산 방식

이 방식의 일례를 <그림 3-4>에 나타내며 현재 디맨드치(P)와 단위시간(Δt)에 있어서 현재 디맨드치의 증가량(Δt) 및 수요시한의 남은 시간에서 수요시한 종료시의 예측 디맨드치(Pf)를 10초마다 연산 표시한다. 또 부하제어에 필요한 사용가능전력과 예측 디맨드치를 목표전력 이하로 누르기 위해 필요한 조정전력 등도 연산표시한다.



<그림 3-4> 예측예산 방식의 동작

이 방식도 경보발생과 부하제어에 필요한 경보라인(목표라인, 고부하초과 제한라인)을 갖고 있다. 목표라인은 목표전력(P_0)과 영점을 연결한 라인이지만 수요시한 초기의 시점에서 빈번한 경보가 발생하는 것을 방지하기 위해 목표라인의 초기전력치를 위쪽으로 설정할 수 있다.

목표전력 초과경보는 현재 디맨드치가 목표라인을 초과하고서도 예측 디맨드치가 목표전력치보다 클 때 발생한다. 또한 조정전력치가 다음에 차단하려는 부하보다 클 때 부하 차단지령을 낸다.

사용전력에 여유가 생겼을 때의 부하의 재투입 조

건은 현재 디맨드치가 목표라인 이하이고, 조정전력치는 부(-)의 값이며, 또 그 절댓값이 다음에 투입하는 부하전력 $x1.1$ 보다 작을 때로써 안전을 고려한 조건으로 되어있다.

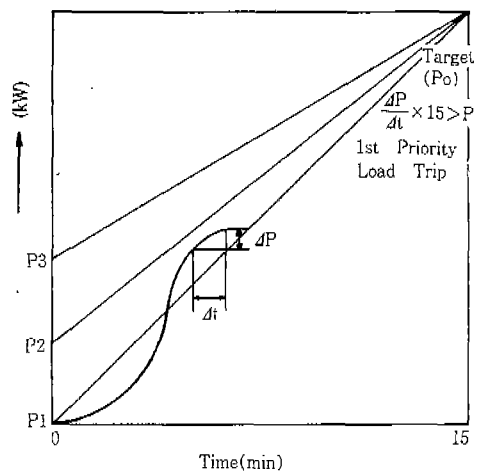
고부하제한 초과라인은 일시적으로 이상이라고 생각되는 고부하 상태로 되었을 때의 경보로서 5분간의 평균전력치가 초과제한 설정치를 초과하면 발생한다. 이 방식의 특징은 예측 디맨드치의 연산을 10초마다 행하고 있기 때문에 세밀한 디맨드 컨트롤이 가능하다는 것이다.

3) 경보라인, 예측연산비용 방식

이 방식은 경보의 발생이 경보라인 방식으로서 부하제어는 <그림 3-5>에 나타난 바와 같이 현재 디맨드치가 경보라인을 초과한 영역에서 예측연산을 행하고, Δt 시간의 평균전력이 사용가능 전력보다 크면 부하차단 지령을 낸다.

사용전력에 여유가 생겼을 때의 부하투입 지령은 현재 디맨드치가 1단 아래의 영역에 들어가고 또 Δt 시간의 평균전력이 사용가능 전력 $x0.9$ 보다 적어졌을 때 나온다.

이 방식의 특징은 경보라인 방식의 부하투입지령



<그림 3-5> 병용방식의 부하차단 지령동작

이 제 1정보라인 이하로 현재 디맨드치가 되지 않으면 나오지 않도록 되어 있는 것에 대해 제 1 및 제 2 정보라인 위의 영역에서도 부하투입지령을 낼 수 있다는 것이다.

이상 3개의 방식에 대하여 동작개요를 설명했으나 각 방식의 정보라인 방식은 비교적 안정된 부하에 적합하며, 예측연산 방식은 급격한 변동은 적으나 비교적 완만하게 변동하는 부하에 적합하다.

나. 부하제어방식

부하의 차단과 재투입의 방식은 <그림 3-6>에 나타낸 4개의 방식이 일반적으로 채용되어 있고, 디맨드콘트롤장치의 사용목적 및 부하상황 등으로 선택할 수 있도록 되어있다.

부하차단 지령

부하 투입방식	부하 No	부하차단과 투입순서		
		고	정	순 환
다 귀 시한내 재투입 있음	1	—	—	—
	2	—	—	—
	3	—	—	—
	4	—	—	—
	5	—	—	—
	6	—	—	—
계 속 시한내 재투입 없음	1	—	—	—
	2	—	—	—
	3	—	—	—
	4	—	—	—
	5	—	—	—
	6	—	—	—
수 요 시 한		15분	15분	15분

<그림 3-6> 부하제어 방식

부하차단 방식에는 중요도의 낮은 부하에서 높은 부하로 항상 같은 순서로 차단하는 고정방식과 각각의 부하를 공평하게 차단하는 순환방식이 있다. 또 부하의 재투입 방식에는 재투입조건이 성립하고, 부하투입 지령이 부하차단시와 같은 수요시한내에 나가는 복귀방식과 다음 수요시한에 들어가지 않고는 부하투입 지령을 내지 않는 계속방식이 있다.

부하차단시와 같은 시한내에 재투입 지령을 내는 복귀방식으로 부하차단과 투입순서가 고정된 경우 부하의 재투입은 최후에 차단된 부하부터 행한다. 또

순환의 경우에는 최초로 차단된 부하부터 재투입된다.

다. 기타기능

디맨드콘트롤 장치의 기타 기능은 다음과 같다.

1) 설정

디맨드콘트롤장치의 사용조건인 목표전력치, 합성 변성비, 시각, 부하제어방식 등의 설정은 일반적으로는 텐키 스위치로 입력하는 방식이다.

2) 데이터 표시

각종 데이터의 표시방법에는 LED 표시와 CRT 표시가 있다. 표시항목으로는 현재 디맨드, 사용가능전력, 연월일, 시각, 기타 디맨드 콘트롤에 필요한 데이터이지만 기종에 따라 그 항목도 다르다.

CRT 표시방식의 것은 그 특징을 살려서 디맨드 콘트롤 상황을 한눈에 알도록 그래픽 표시를 행하거나 각종 데이터를 알기 쉽도록 일람표로 표시하는 기종도 있다.

3) 데이터 기록

프린터를 내장하고 있는 기종은 전력관리에 필요한 각종 데이터의 기록이 가능하나 그 항목으로서 일보, 월보, 연보, 디맨드, 일부하곡선 등이 있다.

4) 시간대별 관리

다기능형의 디맨드콘트롤장치에서는 10시간대까지의 시간대별 관리가 가능한 기종도 있다.

5) 정전보상

디맨드콘트롤장치는 거래용 계기와 수요시한과 동기시킬 필요가 있으므로 대부분의 기종이 정전보상 기능을 갖고 있으며 그 능력은 72~240 시간이 되고 있다.

4. 미국에서의 부하제어기술

미국에서 최대수요를 억제하기 위한 방법으로 사용하고 있는 부하제어 기술 현황을 살펴보면 <표 3-1>과 같다.

이 자료는 1983년도에 조사된 내용과 1988년도에 조사된 내용을 비교분석한 것으로서 중앙제어소에서 원격제어 형식이 85.1%, 수용가 판단에 의한 현장

<표 3-1> 미국의 부하제어기술 채용현황

(1988년 조사)

부하제어 형식	부하제어기술	대상기수 [대]	83년대비 [배]	구성비 [%]	
원격제어	무선	1,698,847	1.8	78.9	67.1
	리플(저주파전력선방송)	146,185	2.1	6.8	5.8
	전력선 반송	302,656	1.7	14.0	12.0
	케이블 TV	4,926	2.4	0.2	0.2
	전화선	140	1.4	0.0	-
	쌍방향 전달시스템	1,215	9.7	0.1	-
	라디오 방송주파수 이용	400	-	0.0	-
	소 계	2,154,369	1.8	100.0	85.1
분산제어	부하관리용 써모스타트	665	2.1	15.0	-
	지능형 사이클러	60	0.8	1.3	-
	프로그램형 전력관리장치	715	35.8	16.1	-
	사전지시 시스템	-	-	-	-
	수요등록 서비스	3,000	1.0	67.6	0.1
	소 계	4,400	1.3	100.0	0.2
수용가제어	온도감응 사이클러	58,833	3.0	15.8	2.3
	타임 스위치	295,380	1.2	79.6	11.7
	프로그램형 전력관리장치	9,422	1.4	2.5	0.4
	인터록크	325	1.1	0.1	-
	기타	7,400	2.3	2.0	0.3
	소 계	371,360	1.3	100.0	14.7
합	계	2,530,169	1.7	100.0	100.0

제어 형식이 14.7%, 분산제어 형식이 0.2%로 나타나고 있다. 원격제어 형식중에는 무선방식이 78.9%, 전력선반송방식이 14.0%, 리플방식이 6.8%를 이루고 있고, 분산제어 형식중에는 수요등록서비스가 67.6%, 프로그램형 전력관리장치가 16.1%, 부하관리용 써모스타트가 15.0%를 이루고 있으며, 수용가 제어 형식중에는 타임 스위치가 79.6%, 온도감응 사이클러가 15.8%를 이루고 있다.

1983년 대비 보급률이 두드러지게 높아진 것은 분산제어 형식 중 프로그램형 전력관리장치가 35.8% 증가, 원격제어 형식중 쌍방향 전달 시스템이 9.7% 증가, 수용가 제어형식중 온도감응 사이클러가 3.0% 증가로 나타나고 있다.

5. 맺음말

최대수요전력관리는 전력공급자나 수요자나 양측이 모두 필요하게 되었고, 대동력 수용가 뿐만 아니고 소규모 수용가까지도 참여해야 할 과제로 대두되고 있다.

이러한 실정에서 전력관리를 종합적이면서도 경제적으로 수용가의 개별입장을 최대한 반영해서 시행할 수 있는 제어 장치의 기술개발과 국산화가 요망된다.

전력공급자 측에서의 제도적, 재정적 지원과 더불어 수용가 측에서의 적극적인 참여와 활용이 추구된다.

<다음호에 계속.....>