

전기요금절감을 위한 전력관리기술(4)

글/윤갑구(에이스기술단 회장, 기술사)

목 차

- I. 공장에서의 전력관리 기술
- II. 부하관리와 요금제도
- III. 최대수요 제어장치의 한상
- IV. 최대수요 제어장치의 도입사례
 - 1. 머리말
 - 2. 디맨드 콘트롤 장치와 도입효과
 - 3. 최대 수요 전력 표시 기록 장치
 - 4. 디맨드 콘트롤러 사용사례
 - 5. 맺음말

IV. 최대수요 제어장치(Demand Controller)의 도입사례

1. 머리말

전력관리의 최대 목적은 전기를 유효하게 활용하여 전력 코스트를 줄이는 데 있다. 전력관리의 내용은 이제껏 해온 에너지 절약을 중심으로 한 사용량 절약형의 관리에서, 설비를 고효율로 유효하게 활용하는 것을 중심으로 한 질적관리로 변화되어가고 있다. 설비의 고효율, 유효활용을 실현하기 위하여는 부하의 평준화를 도모할 필요가 있고, 전력사용상황을 파악해서 평준화의 방해가 되는 요인을 제거하는 이른바 최대부하이동(Peak Load Shiftion)이 일반적이다.

근년의 전력수급 구조의 동향으로서 수용가측에 있어서는 산업구조의 변화, 냉방설비의 보급 등으로 계절간 및 주야간 격차의 확대, 부하율의 저하가 두드러지고, 공급측에 있어서는 원자력, LNG, 화력 등의 비중이 높아지고 있다. 따라서 공급효율의 향상으로 공급 코스트의 저감을 도모하기 위한 운용이 필요하게 되었다.

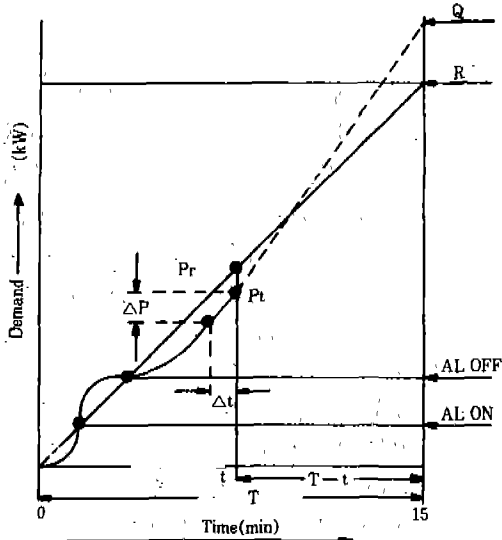
2 디맨드 콘트롤 장치와 도입효과

디맨드의 관리는 수용가와 전력회사와의 사이에 설정된 계약전력을 기준으로하여 행한다. 즉, 수용가는 결정된 시한(일반적으로는 30분이나 우리나라는 15분)의 평균사용 계약전력을 초과하지 않도록 하지 않으면 안된다.

디맨드 콘트롤 장치는 전력사용량을 기초로 시시각각의 변화량을 상시 감시하여 시한마다의 최대전력을 연속적으로 예측하고 계약전력 또는 관리 목표전력을 초과할 우려가 생길 때 경보를 발하고 미리 설정된 제어방식에 따라서 자동적으로 부하의 차단을 행하며 최대전력에 여유가 생길 경우에는 자동 복구시킨다.

이와 같이 시한내에 계약전력을 초과하지 않도록 제설비를 효율적으로 제어 운용하고 합리적인 전력 사용을 행하여 전력의 피크를 절감하며 부하율을 향

상시켜 전력을 유효하게 관리 활용하는 것이다<그림 4-1참조>.



<그림 4-1> 기본동작

디맨드 콘트롤 장치의 도입에 따른 주요 효과는 다음과 같다.

(1) 감시업무의 합리화와 확실성의 향상

거래용 계기에서 전력펄스를 받아 그것을 토대로 사용전력을 상시 감시하기 때문에 정확한 조정전력의 파악이 되고, 합리적인 부하제어에 따른 확실한 디맨드 관리가 된다.

(2) 계약전력에 대한 전력의 유효이용이 가능하다.

계약전력의 초과를 우려하여 경험이나 감으로 여유를 두는 안전사이드의 관리였던 것이 계약전력의 최대한도까지의 사용이 가능하게 된다.

또, 관리목표전력을 계약전력보다 낮게 설정함에 따라 전력의 사용상황의 여유분을 파악하고 장래의 예측과 합하여 적절한 요금적용전력으로의 저감이 가능하게 된다.

(3) 계약전력의 증가 억제

전력설비의 증설 등에 따라 계약전력의 증가분을 필요 최소한으로 억제한다.

(4) 부하율의 향상

부하의 제어상황과 그의 영향을 파악하고, 피크시의 부하이동이 가능하면 피크를 억제함과 동시에 생산성을 떨어뜨리지 않고 부하율을 향상시킬 수가 있다.

(5) 계측 기록업무의 자동화와 인력절감

디맨드 콘트롤 장치에 프린터가 붙어있는 것에는 시한마다 디맨치나 부하의 차단상황, 최대 디맨드치가 찍혀 전력의 관리 데이터가 자동적으로 기록된다.

디맨드 펄스를 이용하여 한시간마다의 사용전력량, 일합계전력량, 월누계전력량, 일부하율, 월부하율, 그위에 일부하폭선 등의 데이터도 인자 기록하기 때문에 사람손에 의한 계측·기록업무가 불필요하다.

(6) 계약전력의 변경에도 자동대응

실량치 계약의 경우에는 최대 디맨드치는 자동적으로 변경되고, 계약전력도 자동적으로 변경된다. 그러나 우리나라의 경우 계약전력은 설비용량을 기준으로 별도로 요금적용전력만 변경된다.

실량치 계약에 따른 계약전력 결정방식 대응의 디맨드 콘트롤 장치에 있어서는 거래용 계기에 대응하여 목표전력을 자동변경하기 때문에 설정의 착오를 방지하고 관리의 확실성을 도모한다.

다음에 디맨드 콘트롤 장치를 사용하여 효과를 올리고 있는 사례를 소개하겠다.

3. 최대수요전력표시 기록장치

가. 부설경위

○ '91. 5. 10부터 개정시행하는 전력수급조정 요금제도에 따라 그 시행여부를 확인하는 장치 필요

- 전기 공급규정 제108조 별표 9의 5

전력수급의 조정은 적절한 별도장치를 부설하여 확인하는 것을 원칙으로 하되 당사가 인정하는 기타의 방법으로 확인할 수 있으며, 확인장치는 당사 부담으로 시설하여 당사가 소유합니다.

- 전력표시 기록장치에 의한 것을 원칙으로 하

되 전력표시 및 기록장치가 부설되지 아니하였을 경우에는 기존의 최대수요전력계(D/M)을 이용하여 그 시행여부를 확인

○ 조정할인액 산정을 위한 실적조정전력 산정에 필요

- 전력표시 및 기록장치 부설 후의 실적조정전력은 수급조정 당일을 포함하지 아니한 직전 3일간의 수급조정시간과 같은 시간중의 최대수요전력-수급조정중의 최대수요전력

나. 전력표시 및 기록장치 개요

1) 개요

○ 수천 kW 이상의 대용량 수용가의 거래용 계량 기함 부근에 설치하여 수용가의 수요전력 제어상태를 파악하고자 하는 장치

- 일정기간 동안의 전력사용량과 매 15분마다의 평균전력을 기억 또는 표시하는 장치

- 수요시한인 때 15분 동안의 수요평균전력을 감지하여 표시 및 프린트
- 검침기간 동안의 최대치 프린트

2) 구성

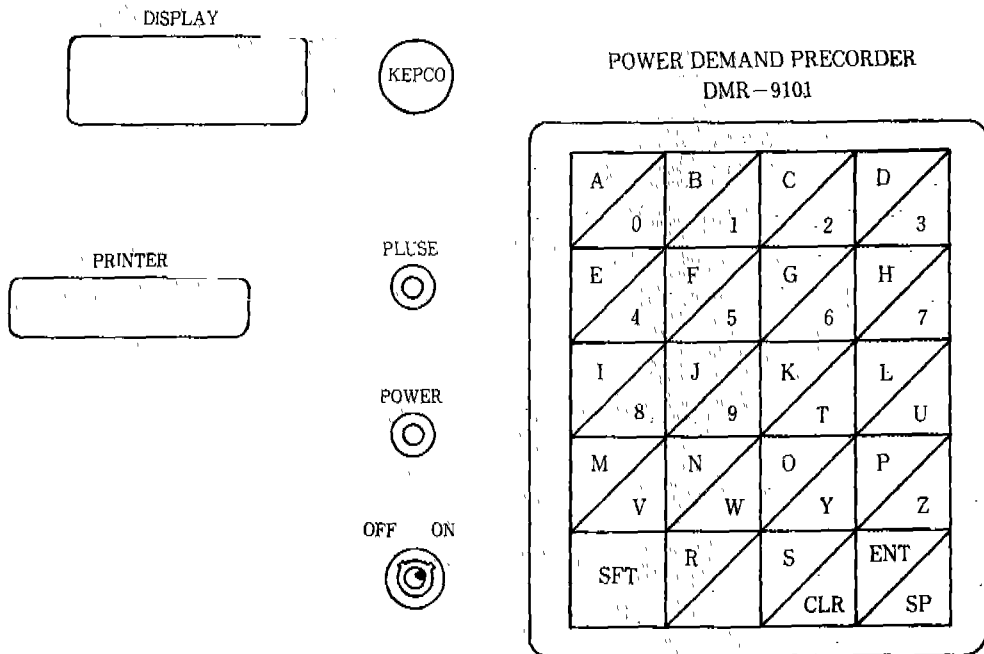
현재 적용되고 있는 최대수요 전력표시기록장치의 구성은 <그림 4-2>와 같은 본체와 펄스센서로 구성되어 있다.

가) 컴퓨터부분의 기능

- 15분 평균전력의 계산
- 현재의 날짜와 시간의 기억
- 시작신호 및 키 보드 입력에 대한 처리
- 숫자 및 문자 디스플레이 컨트롤
- 프린터 컨트롤

나) 전력 펄스 카운트 부분

- 15분 동안 입력된 전력 펄스수를 카운트하는 부분
- 센서에 입력되는 전원과 파형 정형회로가 내



<그림 4-2> 최대수요전력표시 기록장치

장

다) 키보드 부분

- 소형화, 조작의 단순화 위해 다중기능화
 - 0부터 9까지의 숫자와 영문자 입력 가능
 - 숫자 입력시는 **SFT** 와 동시 입력

라) 내장 프린터

○ 키조작으로 임의 프린팅 기능을 가동 혹은 정지 가능

마) 센서

○ 기설치된 3종 계량기 케이스의 전면 유리표면에 적외선 포토센서를 고정하고 적외선으로 회전원판의 흑색 또는 적색마크를 검출

- 회전원판 접촉없이 회전원판의 회전수 및 회전속도 검출가능
- 기존 MOF 및 계량기가 갖는 오차 이상의 계측오차 발생 없음.
- 기존계기 사용가능으로 전력 검출부분의 원가가 대단히 저렴

다. 적용사례

1) 1991년도 전력수급조정 약정체결 현황

1991년도 부터 하계 수급조정을 위해 <표 4-1>과 같이 569수용가와 전력수급조정 약정체결을 하여 1,215,340kW를 억제할 수 있도록 했으며, 현장확인 점검이 가능한 310수용가를 제외한 259수용가에 최대수요전력 표시기록장치를 부설하였다.

2) 전력수급조정 기대효과

가) 전력공급자의 투자회피
전력수급 조정제도의 도입이 없었을 경우와 동일

한 수준의 공급 신뢰도를 유지하는 조건이라면 전력공급자는 전력수급조정 약정전력에 상당하는 전력공급설비의 투자비용을 지연시킬 수 있게 된다. 즉, 공급설비 증설에 소요되는 투자비의 회피가 발생한다.

여기서 공급설비로서 복합화력 발전설비와 이에 수반한 송변전설비 투자를 보류시킬 때의 투자회피비용을 연가법에 의한 연간 금액 $Accc[\text{원}/\text{kW} \cdot \text{년}]$ 로 시산해 보면 다음과 같다.

$$Accc = \text{공급설비 건설단가} \times \text{연간 고정비율} \\ = (433,000 + 114,820) \times 0.1197 \\ = 65,574 [\text{원}/\text{kW} \cdot \text{년}]$$

여기서 복합화력 발전설비 건설단가 : 433,000원/kW

송배전설비 건설단가 : 114,820원/kW

감각상각율 D :

$$D = \frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0.05$$

내용 연수간 평균 자본비율 C_R :

$$C_R = r - D$$

$$= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} - D = \frac{0.08(1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} - 0.05$$

$$= 0.1019 - 0.05 = 0.0519$$

운전유지비율 C_o : 0.0131(실적치)

세금율 : 0.0017

보험비율 : 0.003

1991년도 전력수급조정 약정전력은 1,215,340kW이므로 전체적으로 연간 797억원 정도의 투자회피효과가 기대된다.

전력 공급자는 이러한 효과를 감안하여 전력수급 조정약정 수용가에게 전기요금 할인 혜택을 주고, 공

<표 4-1> 전력수급조정 약정체결 실적

| 대 상 수 용 | | 약 정 실 적 | | | | 약 정 비 율[%] | | |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------|-------------|-----------------------|------------|------|--------|
| 호 수 | 20%해당 전력[kW] | 호 수 | 계약전력 [kW] | 8월최대 전력[kW] | 약정전력 [kW] | 호 수 | 약정전력 | 계약 조정을 |
| 690 (120) | 1,402,455 (59,145) | 569 (102) | 8,583,364 | 5,621,326 | 1,215,340 (59,145) | 82 | 87 | 22 |

() 내는 5,000kW 미만 수용으로서 부하조정 가능량이 20% 이상, 500kW 이상 수용임.

급설비 확장과 적정보수에 활용하게 될 것이다.

나) 수용가의 전기요금 할인

1990.4.14부터 시행하고, 1991.5.10부터 개정 시행하는 전력수급 조정요금제도에 의하면 수급조정계약을 체결한 수용가에 대한 전기요금은 기본할인액과 조정할인액을 당해월의 요금에 감액토록 되어있다.

(1) 기본할인액

전력수급조정의 요청에 관계없이 매년 7월 1일부터 8월 31일까지 2개월간 감액하도록 되어있는데, 8월분 기본할인액을 시산해 보면 다음과 같다.

- 기본할인액=해당월 최대수요전력[kW]×

$$\begin{aligned} & \frac{\text{계약조정율}}{100} \times 400[\text{원/kW}] \\ & = 5,621,326 \times \frac{22}{100} \times 400 \\ & = 494,676,688[\text{원}] \end{aligned}$$

7월의 경우는 최대수요전력이 8월의 98% 정도이므로 약 484백만원 가량 될 것이다. 따라서 수급조정계약을 체결한 수용가는 수급조정의 요청이 없어도 전체적으로 연간 978백만원 정도의 전기요금감액을 받게되며 수급조정을 실시한 경우에는 추가로 조정할인액을 감액받게 된다.

(2) 조정할인액

8월의 수급조정을 한차례 실시했다고 가정했을 때 조정할인액을 시산해보면 다음과 같다.

- 조정할인액=실적조정전력[kW]×650[원/kW]
- $$\begin{aligned} & = 1,215,340 \times 650 \\ & = 789,971,000[\text{원}] \end{aligned}$$

조정할인액은 수급조정을 실시했을 때에만 발생하게 되므로 전력공급설비의 조건과 부하현황에 따라 다양할 것이다. 어느 정도는 공급지장확률(LOLP : Loss-of-Load Probability)과 상관어 깊을 것이라고 볼 수 있다.

LOLP는 산정기준이 일정치 않아서 정확한 평가는 곤란한 점이 있으나, 선진국의 경우 0.1~0.5일/년, 개도국의 경우 1~3일/년을 적용하고 있고, 우리나라

의 경우 0.7일/년을 사용하고 있는데, 이에 대한 이론적 근거와 실정상 적정수준 여부에 대한 의문이 제기되고 있는 것으로 알고 있다.

4. 디맨드 콘트롤러 사용사례

가. 사례1: 계약전력 1,400kW의 모 공장의 경우

1) 도입이유

이따금 계약전력을 초과하고, 또 부하의 증설에 따라서 100kW 정도 계약전력을 증가시켜야 할 상태가 되었다. 전기요금도 매출의 2.5%가 되어 비교적 비중이 크기 때문에 위약금, 타기업에의 영향, 회사의 신뢰도를 고려해서 도입했다.

2) 부하형태

전력 피크는 계절에 따른 영향은 그다지 없지만, 문제는 겨울에 히터를 사용하기 때문에 오전 8~10시, 오후 2~3시경에 발생한다.

3) 제어

제어기기는 냉난방기기(30kW)와 전기로 4대(30kW, 35kW, 55kW, 80kW)이며, 부하가 가벼운 순으로 우선순위방식으로 자동제어를 행하고 다시 제어가 필요할 때에는 수동으로 전기를 제어한다. 대상이 되는 전기로는 소둔용로이며, 제어하는 상태에서도 로중을 움직이고 있는 컨베어는 그대로 가동상태임으로 제품에의 영향은 전혀 없다.

디맨드 관리의 효과를 올리기 위해 작업형태도 병행하여 개선을 실시하였다.

4) 효과

- 부하설비의 증가(100kW)에도 불구하고 현재계약전력을 유지
- 부하의 가동율이 40%에서 60%로 증가
- 계약전력의 유지에 따라 연간 410만원의 이익(일본의 경우 240만원)
- 생산량이 15% 증가하고 생산코스트가 5% 감소되었다.

나. 사례2: 계약전력 1,200kW인 모 쇼핑센터의 경우

1) 도입이유

겨울에 900kW의 소비에 대하여 여름에 공조설비(670kW)의 영향으로 1,400kW~1,500kW가 되어 계약전력을 초과하였다. 지금까지는 전기 담당자가 디맨드 미터를 감시하면서 부하를 수동제어하였으나 관리 불충분으로 계약전력을 초과하였다. 이 때문에 계약초과방지외 전기 담당자의 관리업무의 합리화를 고려하여 도입하였다.

2) 부하형태

부하는 오전 7시경에 증가하여 개점시간(오전 10~오후 7시)경까지는 거의 피크 상태가 계속되고, 특히 사람의 출입, 외기온도와 습도에 따라서 언제 피크가 발생하는지 알 수 없는 상태이다.

3) 제어

2대 1조의 공조기가 9조 있고, 6조 가운데서 각 1대씩 6대(약 300kW)를 제어대상으로 해서 주기(Cyclic)방식으로 제어한다.

쇼핑센터에 있어서의 공조기는 공장에서의 생산부하에 상당한 부하이지만 공조관계는 습도와 관련이 깊고, 70% 이상이 되면 동일 온도에서의 불쾌감이 발생한다. 본 장치의 제어동작은 2분간(일본의 경우 4분간)의 경보록크 기능을 채용하여 남은 13분간(일본의 경우 26분간)에서 부하제어를 행할 수 있도록 했다. 이렇게 함으로써 디맨드 시한의 종료 3~4분전(일본의 경우 6~8분간)에 여유가 생겨, 디맨드 시한 중 적어도 5~6분(일본의 경우 10~12분)은 ON 상태로 되어있다. 이 때문에 각 회로의 차단시간은 짧게되어 매장에의 영향은 적다.

4) 효과

- 초과에 의한 위약금이나 계약변경을 해소
- 도입에 따라 300kW의 저감을 하였으므로 1개월 121만원, 연 1,456만원의 절약(일본의 경우 연 744만엔)
- 전기 담당자의 감시업무의 합리화에 의한 인건비의 절약과 정신적인 부담감소

다. 사례3: 계약전력 2,400kW의 모 공장의 경우

1) 도입이유

내외의 경제 정세에 따라 절약의 필요성이 생겨 낭비성 전력을 절약하고 계약전력의 절감을 검토하였다.

피크의 발생은 하절의 3개월이므로 공조기에 타임 스위치를 달아서 타임 컨트롤을 실시하였다. 그러나 불필요한 기기제어의 중복은 피할 수 없어, 엄밀한 디맨드 관리는 불가능하였기 때문에 부하실태를 정확히 파악하여 적합한 제어가 가능한 디맨드 컨트롤 장치의 도입에 들어갔다.

2) 부하실태

부하는 사업시부터 종업시까지 거의 변동이 없고 계약전력에 꼭 찬 가동을 하고 있다. 전력 피크는 공조기 가동에 따라 오전 11시와 오후 3시경 2회 발생한다.

3) 제어

타임 컨트롤러에 접속된 송신기에서 2심 케이블에 실린 다중신호에 따라 주기방식의 타임 스케줄이 제어되고 있는 공조기 8부력(30kW~300kW) 90대에 디맨드 컨트롤 장치로서 부하제어를 병용한다.

4) 효과

일본에서 공사비가 관련기기를 포함하여 700만엔 정도가 들었으나, 계약전력의 저감에 따라 1개월 62만엔, 연 744만엔의 절약이 되어, 약 1년 미만에 상각되었다.

라. 사례4: 계약전력 15,000kW 모 공장의 계획

1) 도입사유

최대 수요억제와 역률개선 및 제어를 목적으로 디맨드 컨트롤러와 역률개선용 콘덴서 및 역률제어 장치의 도입을 계획하고 있다.

2) 부하실태

부하는 연간 월별 시간별 큰차이는 없지만 그동안 월별 최대수요 전력의 실적은 8,000~10,000kW 사이이며, 디맨드 컨트롤러를 취부하고 공정관리를 잘하면 최대수요전력을 800kW정도 저감시킬 수 있는 것으로 기대된다. 그동안의 역률유지가 82%정도였는데, 전력용 콘덴서 1,500kVA 2뱅크의 증설과 역률제

어장치를 도입하여 월평균 역률을 92%로 보상토록 계획하고 있다.

3) 제어

디맨드 콘트롤러에 역률제어 기능을 추가하여 목표전력 이내에 최대 수요를 억제하도록 경보를 발생하거나 부하차단을 실시하고, 심야시간을 제외한 주간시간과 저녁시간(매일 08시부터 22시까지)의 역률을 92% 이상되도록 콘덴서 뱅크를 조작토록 한다.

4) 효과

○ 디맨드 콘트롤에 투자될 금액은 엔지니어링 비용과 관련기기 가격 및 시공비를 포함하여 2천만원 정도인데, 요금적용전력을 800kW 저감하게 되어 기본요금 감액이 월 약 2백만원, 연간 2,400만원이고, 10개월 내지 1년 이내에 투자비 회수가 가능하다.

○ 역률개선을 위해 조상설비와 제어설비 증설공사비는 7천만원 정도인데, 역률을 10% 향상시킴으로써 기본요금 감액이 월 242만원, 연간 2,900만원에 달함으로 2년반 이내에 투자비 회수가 기대된다.

○ 디맨드 콘트롤과 역률제어 두 기능을 동시에 추진할 경우에는 투자비절감과 투자효과증대가 기대되지만, 해당기업에서는 재정형편상 투자대 효과가 큰 디맨드 콘트롤에 우선 투자할 계획을 가지고 있다.

5. 맺음말

일본 등에서는 계약전력 500kW 이상의 큰 수용가

에서 디맨드관리, 역률관리, 계절별 시간대별 관리에 추가하여 선로관리까지 폭넓게 대응하며, 또 긴급시 통보시스템의 연계나, 전화회선 등을 사용하여 수변전실에 설치된 장치본체와는 별도로 사무소나 관리센터와 같이 떨어져 있는 장소에서 감시하는 군관리시스템이 가능한 이른바 「다기능형 디맨드 콘트롤 장치」에 대한 요구가 나오고 있다.

전술한 시스템에 추가하여 장애의 설비증가에 의한 계약전력이나 계약방식의 변경에 대응할 수 있는 「디맨드치 계약, 실량치계약 공용」 타입 또는 세밀한 데이터를 취득할 수 있는 타입이 요구되고 있다. 또, 기본적인 동작을 갖고, 조작이 간단하고 보수가 필요없으며, 또 소형이고 값싼 「간이형 디맨드 콘트롤 장치」 등 여러가지 요구가 나오고 있다.

금후, 시간대별 제도의 도입 등 전력수요나 요금형태에 변화가 나올 것이라 생각되나, 메이커에 있어서 이들에 대하여 나올 것이라고 예상될 때 수용가의 필요에 어떻게 신속하게 대응해 나아갈 것인가가 중요하며 수용가에 있어서는 어떤 목적으로 어떤 제어와 관리를 행할 것인가를 확실히 파악하여 그 용도에 최적한 기종을 선정하는 것이 필요하다.

