

姜 運 植 *

金星産電 株式会社
研究所 第2研究室

1. 서론

조광 제어 (Dimming Control) 기술의 발달은 서구의 무대극, 즉 중세 이후의 실내극의 발달과 밀접하게 연관되어져 왔다. 이태리의 상설 극장에서 희극이정기 공연되고 무대 효과에 대한 다양한 요구가 발생함에 따라, 등구인 유리 용기에 착색을 한다거나, 등의 위치를 변화시키고 거울을 사용하는 등의 조작을 함으로서, 빛의 색이나 각도, 광원의 위치등을 조절하여 극에 효과를 주거나, 객석과 무대를 구별시키는 방법이 개발되었으며, 1800년대 초에 이르러서는 Gas등이 무대의 조명기구로서 사용되기 시작함에 따라, 자체의 화재 위험에도 불구하고 빛의 양을 조절하는 것이 비교적 용이해짐으로써 조광 (Dimming)이 극의 효과 요소의 일부로서 자리잡게 되었다.

그러나 조광 제어가 정착되고 일반적으로 사용되기 시작한 것은 전기가 발명되고 전등이 무대극에 사용된 19세기 중반 이후라고 볼 수

있으며, 그 이후 전자 전기 기술의 비약적인 발전에 힘입어, 현재에 이르러서는 무대극뿐 아니라 각종 공연장, TV Studio 및 사무실에 이르기까지, 조광 제어 효과에 수반되는 절전이나시력 보호의 측면도 고려되어 널리 사용되게 되었다.

여기에서는 전기적 조광 장치의 기술적 전개과정 및 동작 원리를 알아보고, 각종 조광 요구에 따른 조광 Pattern을 분석한 후, 현재의 조광 요구 및 전자 기술의 발달에 따른 장래의 조광기의 바람직한 Model을 제시해 보고자 한다.

2. 조광 장치의 기술적 전개

(1) 초기의 기계적 조작 방식

최초로 보급된 전기적 조광기는 전류를 부분적으로 전도성 용액 (주로 염수)에 통과시켜 전기 저항값을 가변시킴으로서 회로에 접속된 전구의 광량을 조절하는 방식으로, 비교적 저

가로 실현 가능하였으나 대량의 소급물을 필요로 하였으므로 취급도 불편하였고, 그 규모가 커져서 극장 지하실에 설치 되었으며, 조작 방식은 일렬로 정렬된 대형의 제어 레버로 도르레에 연결된 전극을 용액 내에서 승감시키도록 되어있었다. 이러한 레버를 공통의 축과 차륜의 회전으로 Gear를걸거나 제거함으로써 기계적 운동을 조합하려는 시도가 이루어진 것은 당연하며, 따라서 이 조작 기구는 대형으로 뒀과 동시에 회전축을 몇개로 나누어 설계할 필요도 생겼다. 이 각각의 축을 적색, 청색, 백색 등의 조명 종류별로 배열하도록 되었으며, 따라서 이것은 조명의 색의 논리라기 보다는 고정적이지만 회로와 부하를 Block으로 나누는 기계의 논리였다. 또한 몇개로 나누어진 회전축을 서로 Cross 시킨다든지 일체로 Drive 하기 위한 주 Master 의 세로 회전축이 추가되었다.

(2) 독일의 기계적 조작 방식

독일의 기계적 조작 방식이 주목할 만한 점은, 조명의 요구에 대응하여 동일 회전축에 관계된 몇개의 레버를 일정 방향으로 운전하면서 인접 레버를 Operator 의 의지로서 역방향으로 움직일 수 있는 선택 기구를 장비한 것이다.

이것은 유성 기어의 적절한 조절에 의하여 전극이 걸려있는 도르레의 원주 내에서 운동축을 제어하는 것이 가능해짐에 따른 것으로, 운동하는 레버가 소정의 위치에 도달한 경우

에는 치차가 정지함이 없이 축회전에 대하여 미끄러지도록 되어 레버 레벨의 상한 또는 하한이 약간 무리한 방식이기는 하나 설립하는 구조로되었다.

프랑스에서도 동시대에 기계적으로 공통 회전축 대신에 각각의 조광기에 선회축(Pivot)을 사용하여 그것을 조작기 본체의 한쪽에 부착하는 독자적인 방법을 사용함으로써 거의 동일한 제어상의 사양이 가능하였으나, 다른 나라에는 영향을 주지못하였다.

(3) 교류용 Regulator - Bordoni System -

1931년 Simens 사가 발표한 Bordoni System은 액체 용기에 의한 유지한 방법, 또는 권선식 금속 저항기에서 교류 전원에 Auto Transformer를 사용하도록 함으로서, Europe 대륙에서의 조광 장치의 발전은 미국이나 영국에 이꼴려 갔던 과거를 완전히 탈피하였다. Bordoni System은 20세기부터의 교류 배전의 광범위한 보급과 채용을 배경으로하여 개발된 것으로, 조광기는 극장 지하실에 설치하고 이것을 Wire로 무대가 보이는 위치까지 연장하여 여기에 있는 조작반에서 조명을 제어하도록 한 교류용 기계 조작 Regulator 로서 그 우수성은 이후 여러해 동안 독일로 하여금 이 분야에서 선두 위치를 점하도록 하였다.

미국에서는 조광기의 Design 에서는 진보가 있었다. 예를들면 Ward_Leonard사에서는 조광기를 조작반 이면에 일체로 조합하여 반의 표면에 소형 손잡이를 배열시키는 이동 가능한

가반형식 (可搬型式) 의 조광 장치를 발표하였는데, 이 조광기는 무대의 뒀 (補) 또는 바닥 (床) 에 모두 설치할 수 있어서, 당시 유행한 영화를 주로 상영하고 무대도 있는 Super Cinema 라고 하는 극장 System 에 적합하였다. 즉 흥행 자본가에게는 독일식 원격 조작 방식의 대형 무대 설비 보다는 간의의 수동식 배전반으로 충분하였고, 극장주도 조명 설비의 개선에는 신경을 쓰지 않았으므로, 극장을 사용하는 Production 이 이동식 배전반을 가지고 오는 관습이 정착되고 말았다.

(4) 전전기적 조광 장치 (全電氣的 調光裝置) 의 실용화

전전기적 조광 장치의 실용화가 시도되었는데 그 하나는 1933년 미국 New York의 Radio City Music Hall에 설치된 General Electric 사 제작의, 314대의 포화 Reactor 조광기와, 5개의 Preset 레버와, 1조의 대형 리허설 레버를 갖춘 다단 Preset 방식의 조광 장치로, 그 규모의 크기나 내용의 풍부함뿐 아니라 현재 (1985년) 에도 지속적으로 사용되고 있다는 점에서도 기록적인 장치이다.

두번째는 1935년 영국의 Strand Electric사가 F. Bentham과 설계 개발한 Light Console 방식으로 올겐 연주대의 형식을 하고 있으며, 실제로도 올겐의 건반을 조광 Level의 Pre-selector 로 사용하고, Level 변화 속도 조절용 Motor Speed 조정에는 페달을, 조명 Level의 상승_하강에는 전용의 Key를 사용하

였다. 그 중 최대 규모의 조광 장치는 120 Channel의 사양으로 런던의 콜로세움과 도트리엔 극장에 설치되어 제 2차 세계대전 후까지 사용하였다.

Light Console의 설계 사상은 조광 조작반을 형태와 기능상 악기 연주대에 가깝게 하는 것이며, 전후 Sub_preset 을 위한 기술적 추가가 시도되었으나 결국 전 자적 제어 방법으로 대체되었다.

(5) 미국에서의 기술 혁신

New York의 Centry 사는 George Washington의 설계에 의해 1947년 예일 대학에 44회로, 10단 Preset의 리허설 반과 Twin Thyatron 조광 System을 설치하였는데, 미국의 Multi_preset 방식의 선택은 1960대의 Thyristor 기술의 실용화에 따라 제어 레버를 제거함으로써 조광기 구성 부품을 모두 기계적으로 동작시킴이 없이 전 전기적 조광 장치를 실현하였다.

이 System의 결점은 조광 계통수 (기능상 Channel수, 기구적으로는 Fader수)가 작은 경우에는 많은 부하 회로를 한대의 조광기로 Patch 하게 됨으로 대응량의 조광기가 필요하다는 것이다.

그 당시까지도 Europe 에서는 Patch 의 효과를 그다지 평가하지 않았으며, Channel 과 부하의 직렬 방식이 주류였으므로 영국이나 독일의 극장들은 120 ~ 240 까지의 Channel을 갖고 있었으나, 전자 제어 방식과 Preset 조작 방식의 새로운 물결이 영국을 거쳐 Europ

대륙으로 파급되어 왔다.

(6) 독일의 전기적 조광기

독일의 AEG 사와 Siemens 사는 사반세기에 걸쳐 세계를 제패한 기계적 조작방식의 Bordon System을 폐지하고 Twin Thyatron 조광기와 자기 증폭기식 조광기로 전환하기로 결정하였다. 그러나 조작반의 조작부 구성에 있어서는 기계적 레버를 움직이는 것 이외의 방식은 고려되지 않았으므로, Siemens 사는 종래의 Master나 Preset의 행정을 변화시키지 않고 레버의 폭만 1 inch 정도로 소형화 하였으며 AEG 사는 레버를 움직이는 기구에 치차를 조합하여 Preset 위치를 설정하는 독자의 방법을 시도하였으나, 이들 방식은 레버의 위치 설정을 하는데는 결국 Servo system을 추가하여 레버마다 상승, 하강의 방향 선택 및 속도 선택을 해야 하였으므로 매우 복잡한 기구로 될 수밖에 없었다.

Siemens 사가 전전기식의 새로운 호일형 레버를 발표한 것은 1974년에 이르러서이다.

(7) Thyristor 조광기의 개발

반도체 소자인 Thyristor를 사용한 조광기는 1960년대에는 완전히 세계 조광 System의 주류가 되어, 다른 방식의 조광기의 제조는 거의 중단되었으며, 또한 Thyristor 조광 장치를 Group 화 하고 각종 Master를 조합하는 방식과, 이들의 제어 Data를 기억하는 방식이 전자 산업 분야의 제어 기기의 발달과 함께 검토, 개발되었다.

기억방식은 처음에는 Punch Card 방식이 IBM 등의 협동 개발로 착수되었으나 전자 기술의 급속한 발달에 의하여 실용 단계에 들어감과 동시에 폐지 되었다.

(8) Computer 방식 조작반의 발달

Electronics 의 현저한 진보에 따라 1960년대 말에는, Mini Computer로 구성되고, Key_board 로 입력되는 조광 조작반 [Q-File] 이 영국의 Thorn사에 의해 발표되었다.

이 획기적인 독창적 조명 제어 전용반은 비교적 단순한 형식이었으나 조명 전용 조작반으로서 현대의 조명용 조작반의 기본 양식과 조작 사양을 이미 설정하고 있으며, 여기에 따라서 독일의 Siemens 사, 미국의 Centry 사 등의 종래의 극장용 조명 기기 Maker는 Multi_preset 반을 사용하던 현장 Operator의 반발이나 신기술에 의한 Trouble을 특별히 떠맡게 되는 위험을 피하게 되었다.

마침내 영국의 Strand 사가 Multi_preset Level을 기억시키는 DDM, IDM 등의 Type에서 [Q-File] 의 구상을 발전시킨, Mini Computer에 의한 Module 형의 [MMS]를 개발하였으며, 영국 국립 극장 (1976) 에 Video에 의한 제어 Data 표시 기능등을 갖춘 [Light Board] 를 설치하였다.

이후에도 Color TV, Stage 등 새로운 조광 수요 및 전자 제어 기술의 급속한 발달에 따라 조명 제어용 Control Console 은 현저히 발달하였으며, 더욱이 Laser 및 특수 효과를 위한

특수 조명용 Console 및 음악이 연계된 AV Console에 이르기까지 종합 조광 제어 장치는 눈부시게 발달하고 있다.

3. 조광기의 종류

(1) 전류 조절형 조광기

전도성 용액 (주로 염수) 나 금속 피막 저항을 사용하여 Lamp에 흐르는 전류값을 제한함으로써 지시된 조광 Level을 얻는 전기를 사용한 조광기로서는 최초의 Type 으로, 비교적 싼 값으로 용이하게 구성할 수 있으나 용량에 비하여 크기가 매우 커지고 전력 손실이 심하며 조작이 불편한 단점 이외에도, 그 구조상 지하실에 설치해야 했으므로 무대와 조광 장치가 별도로 시설되는 불합리한 점이 있었다. 또한 목표한 조광 Level을 정확히 얻기 곤란하였으며, 지시된 조광 Level과 실현된 조광 Level의 편차가 심하고, 수동 기계식으로 조작이 불편하여 전압 조절형 조광기로 대체되었으며 현재에는 사용되지 않고 있다.

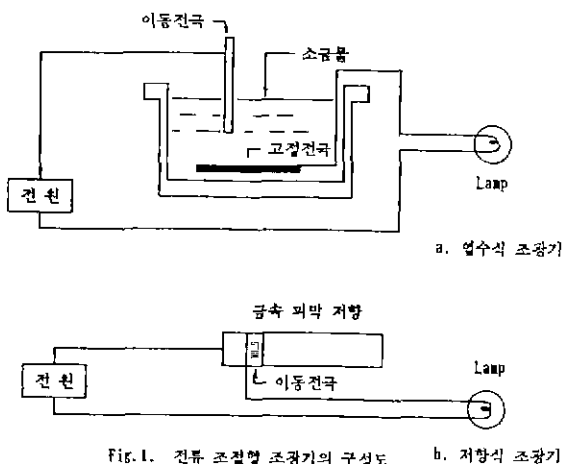


Fig. 1. 전류 조절형 조광기의 구성도

b. 저항식 조광기

(2) 전압 조절형 조광기

교류의 실용화 및 광범위한 보급에 따라 독일의 Siemens 사에서 1931년 Bordoni System 이란 이름으로 개발된 Auto Transformer를 사용한 조광기로서, 여기에 사용되는 Transformer는 2차측에 많은 Terminal을 갖도록 구성되어 있으며, 조광기 회로의 조광용 Tap 을 원하는 조광 Level의 전압이 출력되도록 된 Transformer의 2차측 Terminal에 접속하는 방식으로 조광이 이루어지도록 한 것으로, 이 경우에 Auto Transformer의 숫자가 조광기 회로의 수만큼 필요한 것은 아니다.

즉 Fig. 2의 구성도에서 보는 바와 같이 조광기 A 회로 100%, B 회로 70%, C 회로 20%의 조광을 원할 경우에는 조광기 A, B, C 회로의 조광용 Tap a, b, c를 각각 100%, 70%, 20%의 조광이 가능하도록 하는 전압이 되어있는 Auto Transformer의 2차측 Terminal a', b', c'에 연결하면 되므로, 이러한 연결 부위를 전선으로 무대가 보이는 곳으로 연장함으로써 Lighting Control Gear로부터 Auto Transformer의 분리가 가능하며 무대를 보며 조광을 실시할 수 있게 됨과 동시에 복수 Level의 조광 부하를 Auto Transformer의 용량이 Cover하는 한 한개의 Auto Transformer만을 사용하면 됨으로 소형화가 가능해졌고, 저항 성분에서의 전류 제한 형이 아니므로 전력의 손실을 줄일 수 있게 되었다.

또한 2 kW 나 10 W의 부하에 대하여 동일한

조광 지시로 동일한 조광이 이루어 지게되는, 즉 Dimming Pattern 이 부하에 영향을 받지 않게 되었는데 이것이 이러한 실제에 있어서 는 전류 제한형 조광기를 전압 제한형 조광기로 대체시키는 가장 큰장점이 되었다.

그러나 이러한 전압 제한형 조광기에 있어서도 Auto Transformer의 특성상 기본적으로 대 부하를 구동하기 위하여는 크기가 커져야 하며, 기계 부분에 의하여 동작되므로 정도가 떨어지고, 조도가 비직선적으로 증감하며, 기계적 접점에 의한 통전이 이루어져 수명이 한정되는 등 현대의 조광 장치로는 만족하기 어려운 점이 많았다.

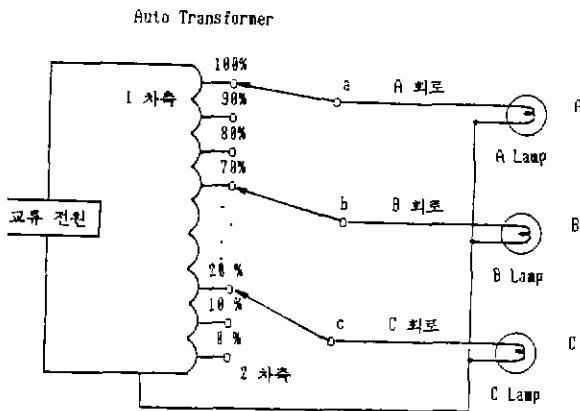


Fig. 2. 전압 조절형 조광기의 구성도

(3) 위상각 제어형 조광기

교류에 대한 Thyristor의 Gate Trigger 에 의한 Switching 특성을 이용한 조광기로 1960년 대 이후 조광기의 주류가 된 것이며, 그 동작 원리는 Thyristor 가 Gate 단자에 Gate Pulse Signal이 입력되면 도통되어 전원의 극성이 반대가 될때까지 유지되는 특성을 이용

하여 교류 전원의 위상각을 제어하는 것으로, Gate Trigger 시기를 Gate Control 회로를 이용하여 소망하는 수준의 Level을 조광할 수 있도록 조절하게 한 것이다. Fig. 3은 이러한 Thyristor 조광기의 그 구성도, Fig. 4는 그 동작에 따른 파형을 보인 것으로, Fig. 4의 a와 같은 교류전원에 b의 Gate Pulse g_1, g_2 가 입력 되었을 경우 부하에 흐르는 전압, 전류의 파형은 c, d 와 같이 되므로 g_1 의 Gate Pulse 가 g_2 의 경우보다 많은 전력을 부하에 공급되게 되어 더 밝은 조광 조건을 얻게 되며, 이와 같

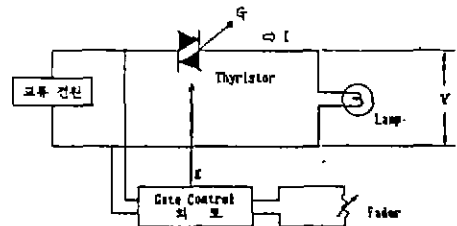


Fig. 3. Thyristor 조광기의 구성도

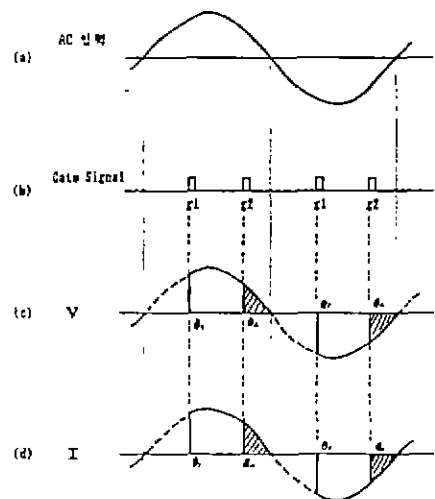


Fig. 4. Thyristor 조광기의 원리

이 Gate Trigger Pulse를 전자 회로를 사용하여 임의의 각도에서 출력 시킴으로서 조광 제어가 가능하게 됨을 보인 것이다.

이렇게 함으로서 조광기의 기계적 동작 부분이 전혀 없어지게 되었으며 소형, 경량화가 이루어 지고, 반복 사용에 따른 오차가 없어지는 등 종래의 전류 및 전압조정형 조광기의 많은 단점이 개선되었다. 물론 Thyristor 조광기에 있어서도 대응량의 경우 Power 소자의 문제나 위상각 제어에 따르는 고조파의 문제 등이 없는 것은 아니나, Power 소자의 발전과 더불어 현재에 이르기 까지 조광기의 주역을 맡아 왔으며, Inverter 방식등 개선된 Power Drive 방식이 조광기에 적용 가능하다고는 하여도, 가격 및 기대 효과상 앞으로도 장기간 가장 일반적인 조광기의 역할을 담당하리라고 예상된다.

4. 조광 곡선 (Dimming Pattern)

조광기에 있어 가장 중요한 기능적 요소는 조광 제어 입력에 대한 조광 출력 특성이다. 이러한 조광 출력 특성을 자료화 하기 위한 출력 Format 으로는 전압, 전류, 위상각, 시감도등 여러가지가 있을 수 있겠으나, 조광 출력의 특성상 광속을 측정하여 그 최대값에 대한 비, 즉 광속비로서 나타내는 것이 가장 일반적인 방법이라고 할 수 있을 것이다.

빛의 자극이 감지되어 빛으로 느껴지기 위해서는 일정량 이상의 광량을 필요로 하며, 이

최소한의 값이 임계치이지만 이것은 눈의 순응 상태에 따라 다르며, 사람마다 개인차도 심하다.

따라서 자극에 대한 감각의 일반적인 법칙인

$$\Delta S = k \Delta R / R$$

$$S = k \log R$$

$\left\{ \begin{array}{l} S : \text{감각의 변화} \\ \Delta S : \text{감각의 변화} \\ R : \text{자극의 변화} \\ \Delta R : \text{자극의 변화} \\ k : \text{상수} \end{array} \right.$

로 표시되는 웨버 페크너의 법칙 (Weber - Fechner's Law) 을 조광기에 Ideal 하게 적용하기는 무리가 많다.

따라서 여기에서는 조광 제어 입력에 대한 조광 출력 광속비의 특성을 보이고 이것을 시감도등 조광 효과의 측면에서 기술하고자 한다.

(1) S 자형 특성

조광 제어 입력에 대하여 조광 제어용 위상각을 1차적으로 제어하는 경우에 나타나는 조광 곡선으로, 시감도등 그 조광 효과와는 관계없이 정현파 교류 전원을 사용하여 가장 간단한 회로를 꾸밀 경우 얻어지는 것이어서, 초기의 Thyristor 조광기나 또는 현재의 가장 값이싼 형태의 조광기에 채용되는 것이다.

(2) 1 승 특성

조광 제어 입력에 대하여 광량이 직선적으로 변화하도록 한 것으로, TV 등의 Cyclorama Lighting 등에 사용되고, 광속이나 조도의 합성시 그 조작이 간단하게 되어, 색 Filter를 사용하여 Cross 동작을 시킬 경우 색의 변화가 자연스럽게 보인다. 또한 Camera 등 기계로 빛이 입력될 경우에는 광량의 변화가 직선

적으로 감지되지만 눈에 대한 시감도는 비직선적으로 변화한다.

(3) 2 승 또는 2.3 승 특성

2.3 승 특성은 TV 특성, Munsell Curve, 또는 시감도 직선 특성이라고도 불리며 조광 제어 입력의 변화와 눈에 의한 감각, 즉 시감도의 변화를 일치시킨 것으로, Munsell의 명도와 반사율의 관계에서 추출한 것이다.

이 곡선은 2.3 승 곡선에 근사함으로 2.3 승 특성이라고 불리며, 이것을 단순화한 것이 2 승 특성으로, 조광 제어 입력을 조절하면 그 Scale로 광량이 변화한 것으로 눈에 감지됨으로 연극등 일반적인 조광기에 기준으로 적용되는 특성이다.

(4) 2.7 승, 3 승, 또는 3.4 승 특성

조광 제어 입력과 조광 전압을 비례하도록 조광 특성을 만들면 조광 제어 입력과 광속의 관계는 백열 전구를 사용했을 경우 3.4 승 곡선으로 되며, 무대에서 종래에 사용하던 Auto Transformer를 이용한 전압 조절형 조광기의 경우 이러한 출력 특성이 나타난다.

2 승 혹은 2.3 승 특성과 같이 조광 제어 입력에 대한 광량의 변화가 시감도를 기준하여 직선적으로 변화하지만 약간의 상승 지연이 있으며, 비교적 어두운 장면을 천천히 변화시키는 경우에는 이 특성이 유효하다.

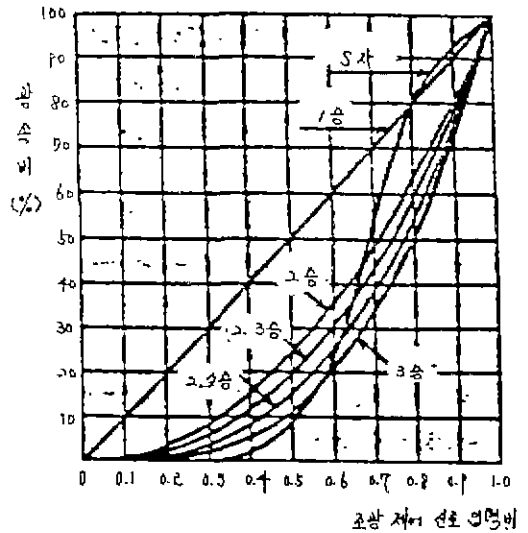


Fig. 5 각종 조광 특성 곡선

5. 조광기의 장래

앞에서 알아본 바와 같이 현재 주류를 이루고 있는 조광기는 Computer Console에 의해 제어되는 위상각 제어 방식, 즉 Thyristor를 사용한 조광기이며, 출력 특성에 있어서는 특별한 경우를 제외하고는 2.3 승, 또는 2 승 조광 특성 곡선을 목표로 하고 있다.

그러나 조광 제어만이 Micro_processor를 사용한 Computer Console로 완전히 Digital화하는 등 전자 산업의 발달에 따른 발전이 이루어진 데 비하여, 조광기 자체에 있어서는 그 제어 회로의 구성이 아직도 수동 소자를 주로 사용하고 있으며, 조광제어 입력도 단순한 양적인 값으로 하는 등, 고전적인 범주에서 크게 벗어나지 못하고 있다. 따라서 온도 등 환경의 변화에 따른 특성의 변화가 심하고, 경시

변화가 따르며, 기초적인 소자 자체의 편차가 있는등 Analog 소자자체가지고 있는 단점뿐 아니라, 그 조합에 의한 제어 회로에 있어서도 출력 특성에 완벽을 기하기는 매우 어렵울 뿐 아니라, 특성의 변경이나 개선을 위하여는 많은비용과 노력이 소요되며, 특히 Computer Console 의 조광 제어 지시가 조광기의 사용을 위하여 다시 Analog 신호로 변조되어야 하는등의 기본적 단점을 가지고 있어, 현대의 조광 장치에 적합한 조광기라고는 하기 힘든 점이 있었다.

이제 Power Electronics 및 Micro_processor 기술을 포함한 전자 기술의 혁신적인 발전에 따라, Digital 소자의 사용이 일반화되고, 고 조파 및 전원 Noise 등에대한 대책이 가능해진 현대에 있어서, Computer Console 또는 일반 Computer에서의 Digital한 조광 제어 신호 입력이 직접 이루어지고, 또 그 수준에 맞는 정도높은 조광 Pattern 의 연출이 가능하며, 조광기에 필요한 각종 기능을 한데 구비한 Micro_processor를 사용한 Digital 조광기가 개발 되어야 하는 것은 필연적이라 하겠다.

*. 参 考 文 献

1. 池 哲 根 : 最新 照明 工学, 文運堂, 1986
2. 日本規格協會 : JIS Hand Book . 電気設備 , 工事編, 日本規格協會, 1982
3. 照明学会編 : 最新照明 Data Book, Ohm 社, 1979
4. 角取猛司 : 照明設計 實際 考 方, 1978
5. 築山敏澄 : 照光装置 , 照明学会誌, vol. 69, 7 号, 1985
6. 渡辺良三 : Thyristor 照光器, 日本照明家協會, 1976
7. 立木定彦 : 照光論, 日本照明家協會雜誌, vol. 145, 146, 171, 日本 照明家協會, 1979 ~ 1980
8. Ohm 社編 : Hand Book 電気, Ohm 社, 1969
9. Fredrick Bentham : The Art of Stage Lighting, 3rd ed, Pitman, 1980
10. 日本照明家協會編 : 照明理論 Technology - 舞台, TV 照明, 日本照明家協會
11. 日本照明家協會編 : 照明設備 機器 - 舞台 . TV 照明, 日本照明家協會
12. edited by Phyllis Hartnoll : Oxford Companion to the Theatre, 4th Edition, Oxford University Press, Oxford, 1983

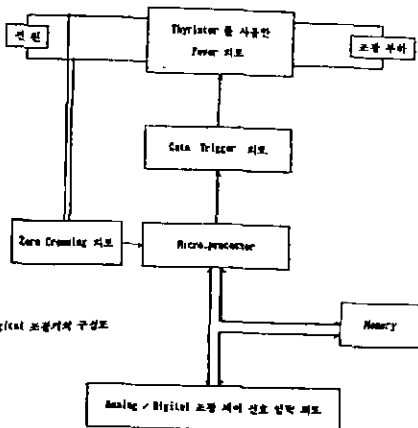


Fig. 6. 광에의 Digital 조광기의 구성도