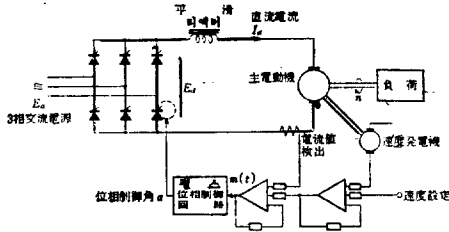
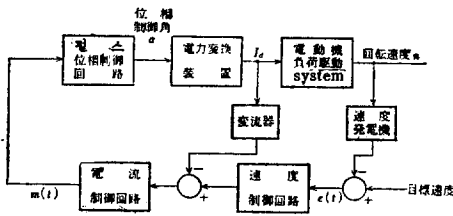




는 이 System를 표시하였다.



(a) 靜止 Leonard System



(b) 制御 System Block Diagram

그림 2. 靜止 Leonard方式에 의한 속도制御 System  
 (3) 속도制御面에서 電動機自體만을 생각할 때 여러 가지 種類의 電動機가 있으나 直流電動機特性에 비할 만큼 좋은 電動機는 없다. 그러나 이 電動機의 취약점인 整流子片은 機械的 構造가 弱하고 또 整流子片間의 絕緣技術상(25V 이하)에서 6000rpm, 使用電壓 1KV 이하로 制約을 받고 있다. 이 整流子를 없애면 이러한 制限이 없어지고 容量을 크게 할 수 있다. 그래서 直流電動機에서 整流子를 除去하는 所謂 “Commutatorless Motor” 혹은 “Thyristor Motor”의 研究가 이루어 적고 小容量은 사용단계에 이르렀다. 그림 3은 System化된 “Thyristor Motor” 혹은 “Commutatorless Motor”의 回路例이다.

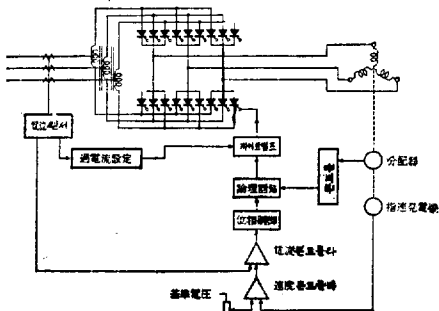


그림 3. Thyristor Motor回路例

이상과 같이 몇 가지 例를 列舉하였으나, 항상 새로운 技術이 臺頭되려는 이것이 電力分野에 利用可能하느냐 하는 것을 Powerelectronics는 注視하고 解決하

고 있다. 이는 사이리스터의 使用容易성과 信賴性이 있기 때문이라고 생각된다. 한편 사이리스터自體의 能力을 充分히 活用하기 위해서는 각종의 動特性을 배려하는 回路構成이 필요하다. 또 特定用途에 대해서는 이것에 對應하는 制御回路의 構成이 요구된다. 따라서 今후 사이리스터 혹은 Power Semiconductor의 보급에 대해서는 이와 같은 附隨回路要素를 一體로 하여 機能素子化한 System이 필요하다.

### 3. Powerelectronics의 構成

전장에서서의 實例는 그 動作의 理解에 重點을 둔 것도 아니고 또한 代表的인 System을 提示하려고한 것도 아니다. 다만 Powerelectronics가 社會的 要請에 의해 많은 쉬운 싸움에서 이겼고, 또한 거치른 싸움에서 계속적으로 이겨나가고 있다는 것을 강조하기 위해서다.

그러면 이러한 所産이 될 構成은 무엇이 되는가를 생각해 본다.

#### 3.1 Thyristor回路의 解析

Thyristor는 非對稱導電要素이고, 따라서 사이리스터 回路의 解析에는 반드시 非線形問題가 포함된다. Thyristor를 理想的인 素子(順方向時 電壓降下零, 非導通時 및 逆方向時 電流零)라고 하면 그렇게 힘든 非線形特性은 얹이나, 이 程度의 것에 대해서도 現在 統一의으로 取扱하는 解析方法이 確立되어 있지 않다.

물론 사이리스터를 簡單한 理論에 의해 統一의으로 취급하는 解析法은 期待하기 어려우나, 最近, 여러 가지 면에서 사이리스터에 대해 새로운 試圖를 하고 있다. 現在 사용되고 있는 手法를 열거하여 보면 (1) Fourier展開法에 의한 取扱, (2) 개개의 微分方程式에 의한 取扱, (3) 狀態空間法에 의한 解析<sup>7),8)</sup> (4) Simulation에 의한 解析 등등 자자의 특징을 가지고 있다. Thyristor回路의 解析으로서 가장 發展한 것은 狀態空間法에 의한 時間離散值系로서의 解析이고, 이 手法는 線形的 負荷回路에 대해서는 大體 完成을 보았으나 時變數 Parameter를 가진 負荷 및 非線形負荷를 가진 系의 適用은 今후의 問題로 남아 있다.

#### 3.2 Powerelectronics制御 System

Powerelectronics는 그림 1~그림 3에서 보는 바와 같이 사이리스터裝置를 통과한 電氣에너지를 이용하는 負荷(機械 및 工學的 Process)까지 포함한 全體로서의 System을 하나의 制御 System로 본다. 사이리스터裝置는 操作部이고, 制御要素의 중요한 부분이므로 이것을 포함한 制御 System를 Thyristor制御 System라고 부르고, 이 일례로서 그림 2(a)에 Leonard System

를 표시하였다. 壓延機, 抄紙機 등의 경우 電動機가 구동하는 Roller의 回轉速度의 制御에서 速度發電機의 速度檢出에 의해 目標速度간의 差가 있으면 이것이 位相制御回路의 入力信號를 作成하도록 制御裝置에 의해 Feed-Back制御 System을 構成하며는 目標速度에 追從되는 速度制御가 可能하다. 이와 같이 電力變換의 機能과는 別개로 System全體의 制御特性이 指定된 條件을 만족하도록 動作하는 性能이 要求된다. 좀 더 速度를 精密하게 制御하려면 Cascade制御方式이 채용되고, 이 경우에는 電流와 速度의 두 개의 feed-back가 이루어지고, System全體의 制御 Block Diagram는 그림 2 (b) 와 같다.

보통의 制御 System와 對比하여 보면 이 경우에는 電力變換裝置는 制御要素의 중요한 부분의 하나이고, 對象 Process의 操作量을 발생한다. 따라서 일반制御 System와 같이 Thyristor制御 System解析 및 設計에 있어서 安定性, 過度應答 등의 解析이 필요하고, 動的

인 特性의 數學的 取扱이 요구되기 때문에 특히 여기서 고려하여야 할 것은 變換制御裝置의 數學的 表示法이 문제가 된다. 이 目的을 위해, Thyristor變換器의 連續 Model 혹은 離散值 Model에 의한 여러 가지 表現法이 提案되어 있고, 이 分野에 있어서의 금후의 研究가 期待된다.

3.3 Power Semiconductor<sup>9)</sup>

여기서 言及할 Power Semiconductor라 함은 Thyristor, Rectifier 그리고 Power Transistor의 최근의 경향이고, 이것의 構造, 動作 등은 이미 文獻<sup>10)</sup>에서 설명된 것으로 본다.

종전의 Power Semiconductor보다 오늘의 要求는 새로운 종류, 高速 스위칭, 高電壓, 큰 電流容量, 큰 信賴度 그리고 低價格인 것이다.

(1) 새로운 素子. 여기서 새로운 素子라는 定義를 “과거에 있었는지 혹은 새로 開發하여서 사용가치가 있는 素子”라고 내려본다면 그림 4에 표시하는 것들을 열

Device	Symbol	V-I characteristics	Comment
Silicon-controlled rectifier (SCR)			Unidirectional switching Requires commutating circuits Fast devices—4–10 μs switching Average devices—20–35 μs switching Phase control devices—100–200 μs switching
Asymmetrical silicon-controlled rectifier (ASCR)			Unidirectional switching Low reverse blocking Typical turn-off time—2–6 μs Typical turn-on time—200 ns Useful for 20 kHz–50 kHz switching
Integrated thyristor rectifier (ITR)			Unidirectional switching Reverse current conduction Typically faster than conventional SCRs Typical Turn-off time—2–6 μs High-volume usage in TV deflection
Gate-turnoff silicon-controlled rectifier (GTO SCR)			Unidirectional switching Controlled turn-off from the gate with negative gate pulse Ideal for high-voltage transistor-type circuits Inrush-to-steady-state ratios of 10 typical
Triac			Bidirectional switching Ideal for 60-Hz ac controls Selection suitable for 400-Hz operation Surge-to-average current ratios of 10 typical
Diac			Bidirectional switching

그림 4. 새로운 Thyristor

거할 수 있다. 이러한 새로운 Power Semiconductor가 종전의 종류와 합쳐하여 그 수를 늘리기 때문에設計者는 Device의 넓은 選擇을 허용할 수 있는 동시에設計에 있어 큰 融通性을 얻을 수 있다. 그림에 표시한 TRIAC, SCR 등은 종전에도 많이 사용하였고 새로운 것은 많이나 다른 素子와 비교하는 의미에서 제시한다.

(2) 크고 좋은 Thyristor. 현재 큰 單位生産工場에의 應用을 위해 大容量의 Thyristor의 直徑(wafer)은 77mm(3in.)까지 製造가능하다. 이와 같은 Thyristor는 그림 5에 표시한 바와 같이 수천 Ampere, 수천 Volt에서 취급할 수 있다. 현재까지 技術의 制限에서 출수 있는 電壓은 약 5000V(PRV: Peak Reverse Volt), 그리고 順方 rms電流가 2000 Amp. 정도이다. 그림의 點線은 推定值이고 1970년에는 實線으로 표시한 바와 같이 Wafer Diameter가 45mm 정도로 되었는데 1975년에는 70mm로 增大하였고 電流容量도 1970년의 推定

傾向에 있다.

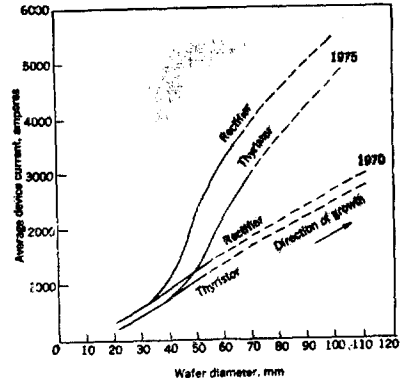


그림 5. Thyristor 및 다이오드의 크기와 電流容量

#### 4. Powerelectronics의 思想

최근 3,4年내에 外國文獻에 Powerelectronics란 말이 흔히 쓰이고 있다. 이러한 文獻의 내용은 모두 Powerelectronics의 技術의 發展에 대해 記述되어 있

Table.1. State of the art Power-device performance and applications

Device	Voltage (volts)	Current (amperes rms)	Speed ( $\mu$ s)	Application
SCR	5000	3000	1	Electric-power generation and distribution, transportation, induction heating, welding, electric vehicles, power supplies, fork-lifts, motor controls
Triac	1000	2000	1	Automotive electronics, TV sets, home appliances, light dimmers
Rectifier	5000	4000	10	Induction heating, fork lifts, motor control, power supplies
Transistor (single-stage)	3000	500	0.2	Power supplies, TV sets, automotive electronics, home appliances
Transistor (Darlington)	1000	20	1	Automotive ignitions, TV sets, solenoid and relay drivers, audio amplifiers
Zener diodes	500	(60 kW peak)	100	Voltage regulation, ac and dc surge suppression

에 비해 1500Amp.가 4000Amp.로 現實化되었다. 이는 5년간의 Power Semiconductor에 대한 開發研究結果의 소산이라고 생각된다. 즉 Power Semiconductor種類로 줄 수 있는 現在로서의 特性은 표 1과 같다. 또 스위칭速度로서는 低壓, 小電流의 것이 일반적으로 크고 보통 600V, 500A에 대해서는 10kHz 정도이고, 1200V, 500A의 것은 5kHz 정도이다. 이것은 素子의  $dv/dt$ ,  $di/dt$ 를 증가시키는 問題에 기인하고, 이것에 대한 研究는 활발하며 재료의 特性에 비해 훨씬 그 값이 上廻되며 동시에 堅固하고 低價格인 것이 속속 出現되므로 電力用半導體素子의 應用分野는 점점 擴大되어가는

다. 즉, 그 중 하나인 IEC國際規格의 TC 22<sup>11)</sup>에서는 종래의 Static Power Converter라는 名稱을 Power electronics로 바꾸고 있다. 그 理由는 Silicon Diode는 過去의 Slenum, 亞酸化銅素子로 代置되었고, 또 Thyristor는 Mercury Arc Device 대신 사용되어 Thyristor를 이용한 Converter, Control, Switch 등에 대한 技術이 發展하여 가기 때문에, 이것에 관한 國際規格의 作業이 취해진 것이다. 또 많은 文獻이 Solid-State Powerelectronics 등의 題目으로 Thyristor應用技術과 각종 機器에의 具體的 應用例 및 그 將來性에 대해 기술하고 있다.<sup>12)</sup> 이러한 것을 보건데 Powerelectronics

라는 말이 사용되기까지의 背景은 거기에 새로운 技術革新의 畵이 있고, 그 市場의 將來性이 있다는 一致된 見解 때문이라고 본다.

Electronics의 근년의 革新의 基礎는 Transistor, Computer이나, 이것이 Power分野에 發展되어 온 것을 Electronics에서의 Spin Off 혹은 Fall Out(波級效果)라고 보고 있다. 또 電力技術側에서 보려는 그 自身을 發展시키기 위해 모든 다른 技術의 手法를 사용하려고 하는데 있어서 Powerelectronics의 경우도 그러한 例의 하나라고 보고 있다. 그 어느 쪽의 見解가 더 確실하나 하는 것은 둘째로 치고, Electronics가 電力分野에 發展하여 성장한데에 Powerelectronics라는 名稱이 붙여진 것이다.

사실 위에서 기술한 바와 같이 Powerelectronics의 誕生이나 分野의 歸屬이 힘들다. 원래 電氣工學을 크게 區分하여 Electronics, Power 그리고 Control로 나눌 수 있다고 할 때 과연 이에 종사하는 專門家들이 그림 1~그림 3을 관찰한다면 電力系統에서는 Energy Flow, Conversion效率 등에, 電子系統에서는 Semiconductor Device 또는 게이트의 電子回路, 그리고 制御系統에서는 System化, Computer Analogy 등 각자 나름의 觀點에서 考察하고, 아예 각 部分을 開拓하여 온 探索의 혹은 規範의 研究開發의 노력에서 이루어진 것이 Powerelectronics分野라는 생각조차 하지않게 된다. 그렇다고 해서 Powerelectronics分野에서 활발히 活動하고 있는 專門家가 이러한 無關心에 도전할 만큼 재치 있는 結合力도 없다. 이에 대해 Newell<sup>13)</sup>는 "Powerelectronics-Emerging from Limbo"라는 題目으로 Powerelectronics의 處地를 發表한 바 있고 "Limbo"(지옥의 邊方-지옥과 천국 사이에 있으며 基督敎를 믿을 기회를 얻지 못했던 착한 사람 또는 세례를 받지 못한 어린이 등의 영혼이 머무는 곳)에 대해 強調하였다. 과연 Powerelectronics가 이러한 처지에 있다는 것을 筆者도 同感하는 바이다. 이 理由를 자기나름대로 분석하면 다음과 같다.

Power mode에서의 電力技術者는 效率에 대해 한상 세심한 주의를 하나 거의 모든 電子技術者는 이것을 度外視하는 경향이 있다. 스위칭반복 現象에서 사용하는 制御 Device는 Digital Electronics技術者에게는 낯 익은 現象이나 電力系統에서는 無關心하다. Solid-State Power Device의 수위칭速度, 가속한 過渡熱의 문제 등에 당면하여 電力技術者에게는 목을 졸라낼 정도로 답답하나, 電子技術者는 이러한 것을 이해하는데 별 不便을 느끼지 않는다. 한편 Stability, Response의

速度, 精度는 制御技術者에게는 適切한 手法로 쉽게 解를 얻어내나 電力用스위칭써져지 回路의 Dynamic特性은 그의 중전의 解析的인 手法를 포기하지 않을 수 없다.

이와 같은 사항에서 Powerelectronics가 "Emerging from Limbo"를 脫出하려면 이미 이 分野가 産業에 革新을 가져온데 대해 대비할 만한 理論의 혹은 數學的인 바탕을 마련하여야 한다. 특히 이것이 내포하고 있는 세 分野 즉, Electronics, Power 그리고 Control의 有機的 結合이 絶對 필요하다. 그러기 위해서는 다음 몇가지 條件이 具備되어야 한다고 본다.

(1) 斷片的이 아니고 위의 세 分野를 통할 할수 있는 Powerelectronics의 專門家가 있어야 한다.

(2) 이 系統을 組織的으로 工夫할 수 있는 技術內容이 구상되어야 한다. 筆者는 다음과 같은 內容이 좋다고 생각되어 표 2에 具體的으로 표시하여 보았다.

표 2. Powerelectronics의 內容

- | 1. Systems and Control       |  |
|------------------------------|--|
| 1.00                         | General Systems and Applications Topics            |
| 1.10                         | Control Theory and Stability Analysis              |
| 1.20                         | Sensing and Gating Signal Generation               |
| 1.30                         | Motor Drives and Machines                          |
| 1.31                         | DC Drives, Motors, and Exciters                    |
| 1.32                         | AC Drives and Machines                             |
| 1.33                         | Brushless Machines                                 |
| 1.40                         | Heating and Welding Equipment                      |
| 1.50                         | HVDC and Other Electric Utility Equipment          |
| 1.60                         | Large Power Supplies                               |
| 1.70                         | Low-Power and/or High-Frequency Equipment          |
| 1.80                         | Miscellaneous Applications                         |
| 2. Solid-State Power Devices |  |
| 2.00                         | General Device Topics                              |
| 2.01                         | Materials and Fabrication Processes                |
| 2.02                         | Power Diodes                                       |
| 2.03                         | Power Transistors                                  |
| 2.04                         | Turn-On Devices                                    |
| 2.05                         | Turn-Off Devices                                   |
| 2.10                         | Special Topics in Device Design and Protection     |
| 2.11                         | High-Voltage Design and Overvoltage Protection     |
| 2.12                         | High-Current Design, On-State Voltage, and Cooling |
| 2.13                         | Surge and Pulse Current, Transient                 |

Thermal Analysis, and Fuse-Coordination

- 2. 14  $dv/dt$  Considerations, Cathode Shunts, and Snubber Design
- 2. 15 Turn-On and  $di/dt$  Considerations
- 2. 16 Turn-Off and Recovery Considerations
- 2. 17 Series/Parallel Array Equalization
- 2. 18 Second Breakdown
- 3. Power Circuits and Components
  - 3. 00 General Circuit Topics
  - 3. 10 Power Components
  - 3. 20 Harmonics and Filters
  - 3. 30 Naturally Commutated Circuits
    - 3. 31 AC/DC Converters
    - 3. 32 AC Switches and Regulators
    - 3. 33 Cycloconverters
    - 3. 34 Veregulators
    - 3. 35 Pulse Circuits
  - 3. 40 Self-Commutated Circuits and Techniques for Forced Commutation
    - 3. 41 DC Switches and Regulators
    - 3. 42 Inverters
    - 3. 43 Frequency and Power Factor Changers; Active Filters.

(3) 이 내용을 뒷받침할 만한 專門書籍이 있어야 한다. 물론 이 때까지 記述한 文獻도 이에 속하겠지만 Rectifier<sup>14)</sup>, 인버터<sup>15)</sup>, Cycloconverter<sup>16)17)</sup>, Power Supply<sup>18)</sup>, DC Motor Control<sup>19)</sup> 그리고 高壓-AC/DC 콘버터<sup>20), 21)</sup>가 있다. 그러나 文獻<sup>22)</sup>를 제외한 모든 文獻은 部分的인 專門分野이고 各 分野를 ครอบคลุม할 만한 좋은 教材는 못된다. 다시 말하여 Powerelectronics 전반에 걸친 教材의 數가 많아야 하겠다.

(4) 大學 및 學會에서의 계몽이 필요하며 講座設定, 教材作成, 研究가 있어야 하겠다.

(5) 다른 技術分野 즉 Device, Circuit, Application 등의 專門分野사람들과의 더 많은 Communication과 Cooperation이 절대 필요하다.

5. 結 論

Powelectronics가 가지고 있는 背景을 分析하여 보면 Electronics, Power, 그리고 Control 등의 技術이 結合되어 있다는 것을 알 수가 있고, 이미 應用技術에서 그의 眞價를 遺憾없이 發揮하여 새로운 分野의 테두리를 마련하고 있다.

그러나 하나의 學問이 體系化되는 段階에서는 同

일된 理論的, 數學的 뒷받침이 있어야 한다는 것을 Powerelectronics分野에서 強調하여 하루바삐 Emerging from Limbo에서 脫出하여야 하겠다.

參 考 文 獻

- 1) H.F. Storm, "Solid-state Power Electronics in U.S.A.," IEEE Spectrum, Vol.6, pp.49-59, Oct. 1969.
- 2) 朴旻鎬 "Thyristor와 電動機制御" 大韓電氣學會誌, Vol.23, No.5, pp.9-15, 1974
- 3) 朴旻鎬 "System화된 電動機 Thyristor Motor" 大韓電氣學會誌 Vol.24, No.6 pp.24-27, 1975.
- 4) L.S. Loeb: "The M.I.T. Electric Car" SAE Paper 690118 Detroit, 1, 1969.
- 5) R.W. Johnson: "Modulating Inverter System for Variable-Speed Induction Motor Drive(G.M. Electrovaire II)" IEEE Trans, PAS-88, 2 pp.81-85, Feb. 1969.
- 6) J. Inagaki: "Commutators get the Brushoff-Thyristor Motor-" IEEE Spectrum, June 1973.
- 7) Achans, et al: "Systems, Networks & Computation," McGraw-Hill, 1974.
- 8) J.T. Tou: "Modern Control Theory" McGraw-Hill 1962.
- 9) R. Allan; "Power Semiconductors", IEEE Spectrum. November. 1975, pp.37~44.
- 10) F.E. Gentry, et al: "Semiconductor Controlled Rectifiers, Principles and Applications of PNP Devices." Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1964.
- 11) I.E.C "Nomenclature and Definition for Semiconductor Device" TC 47, Aug, 1964.
- 12) J.D. Harnde and F.B. Golden "Power Semiconductor Applications", Vol. 1, IEEE Press, 1972.
- 13) W.E. NEWELL "Power Electronics-Emerging from Limbo" IEEE Trans. on Industry Application, Vol. IA-10, No.1 Jan./Feb. 1974
- 14) J. Schaefer: "Rectifier Circuits; Theory and Design," New York Wiley 1965.
- 15) B.D. Bedford and R.G. Hoft "Principle of Inverter Circuits," New York, Wiley, 1964.
- 16) B.R.Pelly: "Thyristor Phase-Controlled Converters and Cycloconverters," New York, Wiley-Interscience, 1971.
- 17) W. McMurray: "The Theory and Design of

- Cycloconverters," Cambridge, Mass, M.I.T. Press, 1972.
- 18) E. R. Hnatek: "Design of Solid-State Power Supplies", Princeton, N.J. Van Nostrand Reinhold, 1971.
- 19) A. Kusko "Solid-State DC Motor Drives", Cambridge, Mass. M.I.T. Press, 1969.
- 20) E. W-Kimbark: "Direct Current Transmission" Vol.1", New York, Wiley-Interscience, 1971.
- 21) B.J. Cory, Ed.: "High Voltage Direct Current Converters and Systems", London, Macdonald, 1965.
- 22) R.M. Davis: "Power Diode and Thyristor Circuits" New York, Cambridge, 1971.

<p.84에서 계속>

## 會員 및 任員 現況

### 1. 會員現況

年月日	名譽會員	終身會員	正會員	准會員	學生會員	特別會員	合計
75. 12. 31	2	88	1,315	6	355	74	1,838

### 2. 任員數現況

會長	副會長	會務理事	當然職理事	理事	監事	計
1	2	12	11	31	2	59

■ 1935年 12月 末發行한 當學會 會員名簿에 아래 會員이 漏落되었기 이에 掲載합니다.

正金瑞昊 全北 裡里工高 韓光電機工業株式會社 常務理事 TEL 56-5020

## 技術誌 編輯責任者 招聘

1. 資格 : 電氣工學을 專攻한 者로서 大學講師級

(現職 時間講師 特히 歡迎)

1. 報酬 : 決定後 協議하여 厚待

1. 期日 : 1976年 4月 20日限

1. 連絡處 : 서울 中央郵遞局私書函 6936으로 履歷書 1枚나 居處를 送付하여  
주시면 別途通知面談.