

〈解 說〉

最近의 새로운 變換器에 對해서

For the New Type Transducers

韓 應 教*

Eung-Kyo Han

1. 머 리 말

最近의 새로운 變換器(Transducers)에 對해서 보면 다른 分野와 함께 電氣電子材料의 迅速한 開發 및 發展으로 날로 變遷하고 있다. 變換器의 종류도 大端히 많고 또 그 應用도 多様하다. 特히 機械工業과 注目할만한 分野에 대한 몇 가지의 새로운 變換器에 對해서 紹介코저 한다.

여기 變換器(트랜스듀서)라 함은 좁은 뜻으로는 모든 機械量(物理量)을 電氣量으로 變換하는 것을 말하며 特히 原子力, 航空機, 醫療電子機器, 海洋開發 등 새로운 技術開發의 部門에 있어서 各種實驗 및 自動制御를 위해서는 예를 들면 壓力計, 加速度計, 荷重計 등과 같이 없어서는 안 되는 것이다. 特히 特殊環境에 적합한 새로운 것으로는 模型實驗, 船舶模型등에는 小形低容量인 特殊型 變換器가 使用되며 機械, 自動車 등 一般工業用에 널리 適用되고 있는 一般用 새로운 變換器 등으로 大體的으로 나누어서 使用하고 있는 實情이다.

變換器의 方式에는 一般的으로 靜電容量型, 誘導型 등 여러가지가 있으나 그 중에서도 主流가 되고 있는 것은 스트레인 게이지 方法이라 하겠다. 그리고 特殊한 高溫 또는 低溫게이지 및 IC 技術로서 말크러넨 스트레인 게이지(piezo Resistive gage)⁽¹⁾ 등의 새로운 受感體가 역시 電氣電子部品材料 및 加工技術의 急速한 發展과 더불어 새로운 變換器(變換器)를 提供하고 있다. 이와 같은 觀點에서 變換器 開發研究에 대한 要望은 近來에 와서 날로 심해져 가고 있다.

2. 스트레인 게이지형트랜스듀서(Transducers)

이 種의 變換器에 대한 特성을 보면 ① 精度가 높다. ② 小形輕量이고 ③ 動的 應答性이 높다. ④ 靜的 校正이 可能하다. ⑤ 測定系가 單純하며 一般的이다.

*正會員, 漢陽大學校 工科大学

(6) 信賴性이 높다. 등, 以上과 같이 列挙할 수가 있다. 한편 와이어스트레인 게이지는 金屬抵抗박을 使用한 호일(Foil) 스트레인 게이지로 代表되고 있으나 材料와 IC 製造技術의 發展에 따라 從來의 스트레인 게이지의 改良과 그리고 變換器 專用的 새로운 스트레인 게이지가 생겼다. 예를 들자면 擴散型半導體스트레인 게이지이다. 이와 같은 새로운 變換器의 傾向은 다음과 같다.

(i) 綜合정도의 追求에다 重點을 두게 되었다.

從來에는 特別히 變換器의 精度로서는 靜的인 面만을 問題視하고 있었다. 예를 들자면 「짧은 直線 범위」(校正曲線)의 直線性과 히스테리시스(Hysteresis)만 가지고는 何等의 意味가 없다. 機器에 부착할 때의 動的 應答性은 工業計器를 包含한 모든 앞으로의 計劃의 重要한 問題點이라 하겠다.

그리고 또 부착 및 姿勢의 영향, 振動에 대한 應答疲勞, 過負荷의 初期精度에 미치는 영향 등의 改良等 所謂 實驗用 變換器와 工業用變換器와의 結合化가 進展되고 있다. 한 예를 들자면 美國의 statham 會社의 薄膜스트레인 게이지를 使用한 「Zero maintenance Transmitters」를 들을 수가 있다. 即 工業計測用 變換器의 電子式化를 말할 수가 있다. 다시 말해서 檢出端에 해당되는 變換器와 함께 IC 增幅器가 包含된 것을 말한다.

(ii) 「環境下」에 突入化가 進行되고 있다. (i) 項의 動的 應答特性에 대한 要求는 必然的으로 變換器의 計裝系統으로 直結되는 必須條件으로 한다. 이것은 變換器의 小形化는 勿論, 耐水, 耐圧化, 使用溫度範圍의 擴大 등을 말한다.

(iii) 價格低下

마이크로電子計算機의 發展에 따라 價格이 싸지고 있다는 點이 特징이며, 이는 「計劃」의 革命을 가져 온다고 볼 수가 있다. 이에 따르는 넓은 意味에서 入

力用抵抗體의 一般化가 卽 價格低下化의 要求로 具體化되고 있다는 것이다. 代表的인 한 예로서는 「Car Electronics」를 들을 수가 있다. 트랜스듀서의 가격 저렴화, 高信賴性化로 移行되고 있는 점이며, 特別히 美國에서 두텁하다.

擴散型의 스트레인 게이지를 사용한 壓力素子는 IC 메이커에서 市販되어 매우 興味있는 것이다. 이와 같은 새로운 變換器의 開發에는 長期間에 걸친 技術의 蓄積이 必要하며 國際的인 動向을 보면 美國, 歐州, 日本 등의 順位로 볼 수가 있다. 美國은 NASA 技術로부터 派生된 것이 發達의 源泉이 되었으며 우리나라도 언제까지 輸入에만 依存할 것이 아니라 高等成長을 위해서도 果敢한 國產化를 促進해야만 된다고 생각한다.

(1) 증폭내장형 압력계

一般用 壓力計는 從來에는 「Air Borne」型이라 불리는 航空機用으로 開發된 것이며, 從來의 버어던(Bourdon) 管에 代身한 一般用途로부터 各種 세어보(servomotor) 系統까지 널리 使用된 것이다.

定格容量은 1~100kg/cm², 外形은 25φ×50~100 정도의 小形輕量이 特色이다. 그리고 工業計器로서는 使用할 수가 있다. 基本的인 構造로서는 다이어후렛과 그것에 連結된 荷重變換部로 構成되고 있으며 다이어후렛 背面即 리퍼런스側(reference side)의 處理에 따라 다음과 같은 모델로 分類할 수 있다.

- ① 게이지 壓型; 리퍼런스(Reference) 側을 眞空狀態로 한 것
- ② 絶對 壓型; 리퍼런스 側을 眞空狀態로 한 것
- ③ 差 壓型; 리퍼런스 側도 壓力을 加할 수 있도록 한 것

리퍼런스 側에 導入할 수 있는 壓力媒체를 乾燥空氣만으로 된 것(wet/dry)과 測定側 反對되는 리퍼런스 側, 兩쪽 모두 물등으로 導體導入이 可能한 것(wet/wet)으로 区分되고 있으나 普通 使用되고 있는 壓力計는 前者에 屬한다. 사진 1은 增幅器內藏型 壓力計이며, 그림 1은 外觀치수이다.

吸入 負壓의 計測을 네가티브·프렛슈어(Negative pressure)의 計測은 리퍼런스 側을 眞空側으로 接統하고 測空側은 大氣로 開放된 것이다.

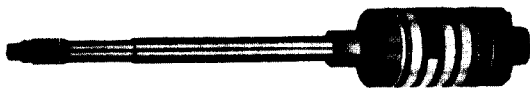


사진 1. 增幅器 內藏型 壓力計

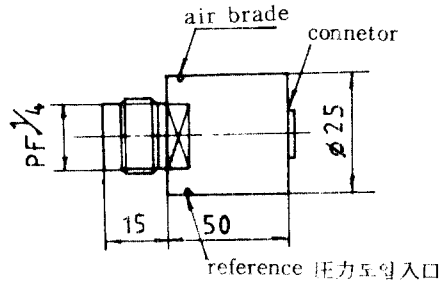


그림 1. 增幅器 內藏型 壓力計 치수

와이어 스트레인 게이지형 트랜스듀서는 모두 彈性體의 變形에 따른 抵抗變化를 電壓으로 變換하는 回路로서 휘스톤 브리지(Wheat stone Bridge)를 使用하고 있음은 周知의 事實이다. 이 回路에 溫度補償 등의 補償 回路를 附加하여 트랜스듀서는 完成되나, 最近의 새로운 트랜스듀서는 트랜스듀서 內部에 IC⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾化된 增幅 回路, 電源 回路(定電壓: 電流 回路)을 꾸며서 內藏해서 完全互換型으로 된 것이 一般化되고 있다. 사진 1은 플라스틱 押出射出器用 壓力變換器이며, IC化된 增幅器가 內藏된 것이다.

(2) 후렛슈어 다이어후렛형 압력계

油壓機器, 플라스틱 押出機 등의 制御에는 極部的이고 動的인 壓力計測이 要求되고 있으며 이와 같은 目的에는 후렛슈어 다이어후렛형 壓力計⁽⁵⁾가 使用된다. (사진 2) 壓力計는 直接 計測部에 부착됨으로 特別히 小

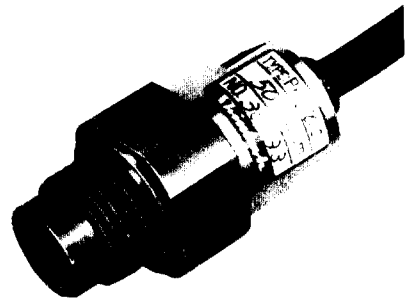


사진 2. 후렛슈어 다이어후렛형 壓力計

利하다.

主로 半導體 스트레인 게이지를 使用한 것이 여러 種類가 있다.

形인 것이 要求되며, 또 壓力計 本體는 코드引出部 등을 包含하여 물 또는 부식성 가스 분위기로부터 完全히 保護해야만 된다. 以上과 같은 條件에서 콘더셔너(Conditioner) (增幅器+定電源 回路)部는 別置(Block Amp 등)이 되므로 雜音 등의 影響을 고려하면 高出力型의 有

(3) 차압계⁽⁶⁾

差圧計는 많은 變換器中에서도 가장 種類가 많고 機種의 選擇에는 定格容量과 크기 뿐만 아니라 라인(line) 壓, 負荷등을 고려해야만 된다. 크게 나누면 다음 두 가지 종류가 있다.

(i) 微差圧計 : 風壓, 流速의 多點同時計測 또는 動的計測에 液柱마노미터(mano-meter) 代身으로 使用하는 超高感度の 差圧計가 있으며, 電氣마노미터라 불리는 정도로 10^m Aq. F.S (Full Scale)의 定格容量을 가진 것이 開發되고 있으나 라인壓과 過負荷에는 注意해야 된다. 이와 같은 型의 差圧計는 主로 [wet/dry]이고 絶對壓型인 것은 高度計 또는 氣壓計(特히 船舶用)等 새로운 應用이 되고 있다.

(ii) 높은 라인壓, 低差壓, 高応答型差圧計

大形플랜트, 탱크 등의 流量 또는 液位의 動的計測을 主使用目的으로 하고 있으며 그 應用範圍는 넓다.

從來 높은 라인壓下의 低差壓의 計測은 工業計器中에서도 가장 一般의인 「型」이나, 応答性 뿐만 아니라 크기, 振動영향 使用溫度範圍 등을 改良한 새로운 差圧計의 要求가 나오고 있다. 表1은 이와 같은 型의 差圧計의 代表的인 示方이다. 그림 2는 差圧計의 寸수도를 表示한 것이다.

(4) 디지털 마노미터 (Digital manometer)

스트레인 게이지型트랜스듀서와 結合하여 잘 使用되는 새로운 型의 디지털 마노미터는 計測의 自動化, 高度化에 따라, 電氣마노미터와 디지털 指示計를 모은 것이며 正確度 ±0.1% F.S의 標準器(校正器)⁽⁷⁾⁽⁸⁾用것부터, 自動車엔진의 吸入負壓測定用的 ±1kg/cm²의 것, 空調關係의 모니터, 리이크(leake) 試驗用的 微壓측정에 이르기 까지 많은 種類의 것이 發表되고 있다.

그리고 多點壓力切換器를 使用한 多點(24點)의 壓力計測을 自動切換으로 測定하는 것 과 비드管等に 接續하여 風速을 直接 읽어 나가는 開平器⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾(open Root operationer)가 附加된 디지털·마노미터(디지털

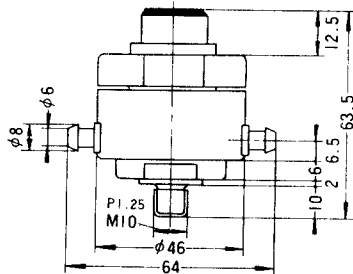


그림 2. 差圧計의 寸수

표 1

Maker & Model	SETRA M-225
Features	Very low line pre. effects
Construction	Capacitance-type sensor + elec. circuit
Pressure Ranges	0~1, 2, 5, 10, 50 psid
Max. Line Pre.	3000 psig
Max. Over Load (either side)	20000 psig
Pre. Media (both side)	Gases or Liquids
Excitation	16~28 VDC. 35mA
Full Range Output	±2.5 VFS (+5VFS)
Zero Output	Adjustable
Output Imp.	<100 Ω
Combined N. L & Hys.	<±0.35% FS (best S.L.)
Line Pre. Effect (Zero)	0.001% FS/psig
Ambient Temp. Limits	0~175°F
Thermal Zeroshift	<±2% FR/100°F (0~50°C)
Thermal Coef. of Sens.	<±1% FR/107°F (0~15°C)
Static Response	2% FS/g
Natural Frequency	>100 Hz
Output Noise	<10 mVRMS
Pressure Fittings	1/8" NPT Internal
Weight	1 lb.
Electrical Conn.	2 ft.
Line Pre. Effect (Sense)	—
Warm up time	(1~3 h)
Long time stability	(1% FS/24 h)

탈風速計), 氣壓 등의 記錄을 할 수 있는 記錄計付着 디지털마노미터(사진 3) 등이 있다.

(5) 유속계와 유량계

流速의 計測에는 비드管各種의 方法이 있으나 動壓板에 發生하는 힘을 高感度로 檢出하는 動壓板型流速計는 10 cm/sec 以下の 定格容量을 가진 것을 製作할 수가 있다. 防水型으로는 라인壓영향이 없는 動的應答이 좋고 高溫型이 있는 등 여러 특징을 지니고 있다. 그림 3에서 受板壓(面積 A)이 流速 v 로서 받은 힘 F는

$$F = C_a \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 / 2g$$

C_a : Target Coefficient

ρ : 流體의 比重

g : 重力의 加速度

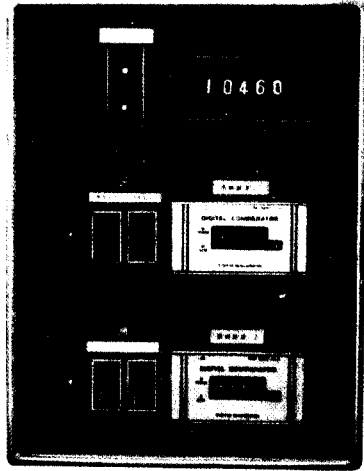


사진 3 디지털 마모미터

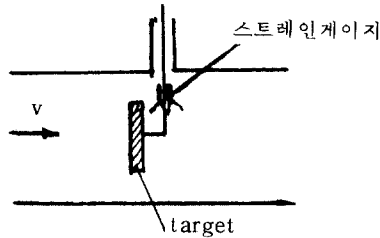


그림 3 Target 型 流量計

로 表示된다.

上記式에서 出力電壓은 流速의 自乘에 比例함으로 콘디셔너(conditioner) 또는 指示計에는 開平器가 附加된 것을 使用하며, 指示·記錄이 直線化되고 있어 便利하다. 그리고 또, 이 流速計를 導入管($\frac{1}{2}B \sim 3B$)에 삽입 모든한 流量計는 流速換算 $0.1 \sim 10^m/sec$ 의 流量計測이 손쉽고, 값싸게 측정할 수가 있다는 특징이 있다. 한편 $\frac{1}{2}B$ 以下の 가느다란 導入管의 流量計測 특히 空氣流量의 計測에는 層流型의 流量計를 使用하고 있다.

層流型流量計는 가느다란 파이프등의 층류소자에 따른 流体의 흐름을 層流로 한 Hagen-poiseuille의 法則에 따른 壓力降下를 超小型, 差圧計로서, 檢出하여 平均流速 即 流量을 求하는 것으로 壓力降下를 平均流速에 比例시킨 것이 커다란 특징이라 하겠다.

그러나 層流素子の 製作에서 지름이 큰 大管用의 경우는 高價이다.

層流型인것 뿐만 아니라 流量計의 動特性은 트랜스듀서와 파이프라인과의 거리로서 左右된다고 해도 過言이 아니므로 모든型의 流量計의 応用은 넓고도 가치 가 있다.



그림 4 層流素子

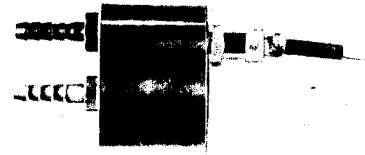
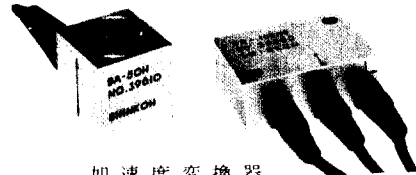


그림 5 流量計

(6) 가속도계 (초소형 가속도계) (12)(13)(14)

小型輕量高応答特性을 가진 加速度計는 美国製의 경향을 보면 피에조(piezo)型에서 靜的校正이 可能한 IC 型으로 移向되고 있으며, 日本의 경우는 아직 필터(filter)가 付差된 스트레인 게이지型을 使用하고 있으며, 그것이 3方向, 超小型으로 移行되고 있는 實情이다. 사진은 3方向小型 加速度計이다.



加速度變換器
(左: 單軸, 右: 3軸)

그림 6. 加速度變換器

(7) 수위계 및 수분계

土木建設部門에서 보링구멍속의 地下水位의 長期計測과 各種渾(weir)과 모듬한 廢水流量計에 使用하는 小型(30φ)으로 低容量(20cm H₂O F.S~) 高出力(100mv F.S)등의 것이 있으며, 隴속의 水分壓으로부터 土中水分을 計測하는 土中水分計는 農業土木關係의 自動水制御 및 土質工學에 있어서 防災用모니터(moniter)에 가장 適合하다.



사진 a 超小型壓力計
(水位計)

사진 b 콘디셔너가 부가된
것(水位計)

사진 4



구조는 汚物 또는 물이 새지 않도록 되어 있다.

진동 및 충격의 방어를 위해서 완전히 容器에 잠겨 있다.

接着型 호일게이지로서 糊부릿지로 되어 있다.

사진 5 受感素子の 구조 内部

(8) 수중장력계측시스템

海洋開發 등에 關連해서 海中構造物의 各種計測이 必要하게 되었으나 이와 같은 計測에 있어서는 從來의 技術範圍를 훨씬 超越한 여러가지의 難點이 있다. 한 예로서 水中에서의 張力計測시스템에서 1000m以上의 水壓에 견딜 수 있는 水中張力計 등이 나왔다. 이는 計測 데이터를 記錄하는 超小型메이타레코더(Date Recorder)를 內包한 壓力保護函 등으로 構成되고 있다. 그러나 長期測定에 대한 耐壓에 대해서는 格別한 注意가 傾注된 特別한 設計와 製作加工을 해야 되며 또한 長時間의 耐久性의 資料가 重要한 研究對象의 하나가 된다.

(9) 로우드셀 (Load Cell : 荷重計)⁽¹⁵⁾

스트레인 게이지의 應用變換器로서 가장 많이 使用普及되고 있는 것이 로우드셀이라 하겠다. 스트레인 게이지가 世上에 나오지가 거의 30수년이 되었으며 트랜스듀서로서는 로우드셀이 가장 빨리 普及된 셈이다. 그러나 其間 耐久性과 精度 問題에 있어 長期資料가 없어 計量, 安全管理面에는 使用하기를 주저해 왔다. 그러나 近來에 와서는 gr 무게에서 kg까지의 荷重 또는 힘을 높은 精度로 電氣 信號로 變換하는 로우드셀로서 指定된 指示計와 組合해서 現在 5000 分の 1 級以上의 저울을 構成하게 되었다. 美國의 BLH, 西獨의 Hoffinger-BLH, 荷蘭의 PHILIPS 등의 로우드셀은 가장 有名하다. 特別히 PHILIP社 PR 6228 은 2重링形⁽¹⁶⁾의 꾸브립하중에 대한 受感이 形으로 된 데 특징이 있으며, 直線性은 히스테리시스 오차를 包含하여 0.015% (約 $\frac{1}{7000}$) 以內이다. 荷重을 加하는 機構는 나이프에지(knife edge)를 使用하지 않고, 使用하기 쉬운 實用的인 하중印加機構를 利用하고 있다. 사진 6은 링형로우드셀이다. 그리고 또 하나의 특징은 10kg~100kg까지는 過負荷保護 機構가 부착된 링(Ring)附帶장치가 부착되어 있고 200kg, 500kg, 1000kg의 것은 過負荷保護機構가 없고, 特別한 로드 끝에 베어링을 利用해서 確實하게 하중이

로우드빔 (Load Beam)에 加해지도록 設計된 點이다. 그리고 가장 問題가 되고 있는 溫度補償은 15°C/時間 以內의 周圍溫度變化에 대한 安定性을 改善하기 위해서 零點과 感度의 2개 溫度補償回路를 로우드빔 속에 內藏하고 있는 點이 특징이라 하겠다. 또한 로우드受感部를 배로우스(Bellous)로 이 部分을 그림 7과 같이 保護하고 全使用環境에 대해서 로우드빔이 견딜 수 있도록 特殊한 프라스머溶接으로 하멧트 시이링이 되어 있다. 이와 같은 高精度의 로우드셀의 附着에 있어서는 特別한 注意가 必要하다. 한 예로서, 荷重의 印加는 許容範圍의 $\pm 4^\circ$ 이나, 로우드빔 自体는 되도록 正確하게 附着해야 된다. 만일 로우드빔을 α° 水準 이상 경사지고 있다면 實際로 걸리는 힘 F'는 $F = \cos \alpha$ 가 된다. 이는 0.01%의 精度에서 $\cos \alpha = 0.81$, 0.02%에서 1.15°가 되는 셈이 된다. 따라서 高精度를 要求할 경우에는 特別한 注意가 要望된다.

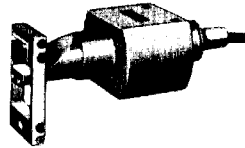


사진 6 로우드빔형 로우드셀

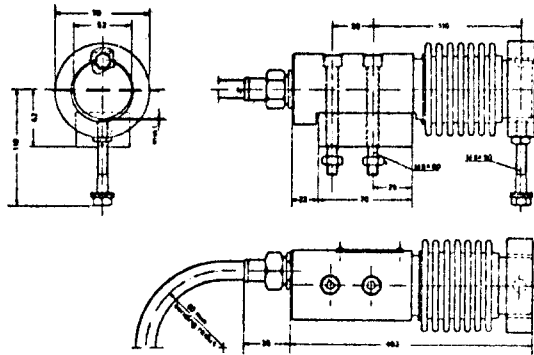


그림 7 로우드빔형 로우드셀 外形 치수도

(10) ME 변환기 (Medical Electronics Transducers)

ME (醫療電子) 部門에 있어서 最近에 와서는 特別히 注目을 끌만한 것이 出現되고 있다. 이 方面에 使用되는 트랜스듀서로서는 감도 및 信賴性이 크고, 그리고 도 超小形이라는 것이 특징이라 하겠다. 그러나 아직 여러가지 難點이 많아 絶對的인 것은 아직 없다. 그러나 IC 技術의 進歩發展에 따라 小型低容量의 것이 製造技術의 確立下에 使用目的達成에 이르고 있는 實情에 있다. 요즘은 醫師도 기계에 대해 強해지고 있어, 소프트웨어面도 또한 하드技術面도 점차적으로 水準이

높아져 가고 있어 이 方面에도 새로운 트랜스듀서가 속속 出現될 것을 期待할만 하다. 그림 8은 産婦人科用 陳痛圧計⁽¹⁷⁾이고 그림 9는 体内圧計⁽¹⁸⁾를 表示한 것이다.

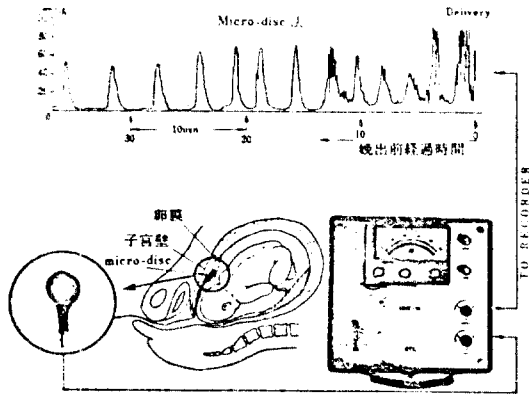


그림 8 陳痛圧計

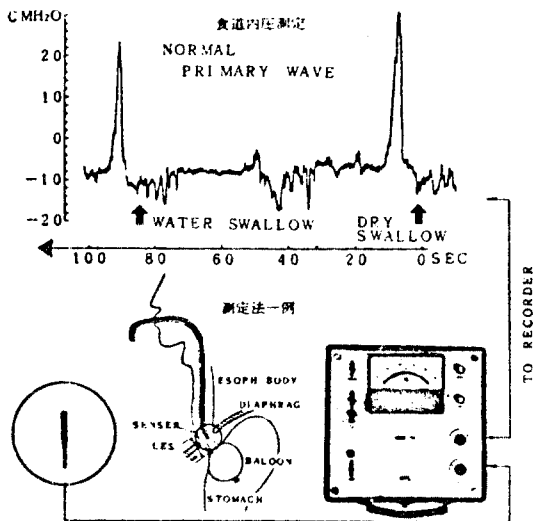


그림 9 体内圧計

上記以外에도 여러가지의 새로운 트랜스듀서가 開發되고 있다. 特히 脈波計⁽¹⁹⁾는 生體의 拍動部에 트랜스듀서 受圧面을 놓여서 動脈의 壓波形에 相當하는 波形을 손쉽게 測定해 낼 수 있는 特長이 있다.

ME 關係의 트랜스듀서는 要件에 絶對的으로 安全해야만 된다는 것이며 臨床用 트랜스듀서는 新技術의 導入에 特히 慎重性을 띠고 있어야만 된다.

3. 맺는 말

스트레인 게이지는 이미 널리 알려져 있는 바와 같

이 第2次大戰時부터 始作되어 今일에 이르기까지 發展과 開發을 거듭하여 応力測定 및 工業 計測, 制御 部門의 一大革新을 일으켜 応力解析 뿐만 아니라 오히려 応用面에서는 變換器部門의 比重이 더욱 크게 되고 있다.

變換器의 展望은 高精度에 小形化로 耐久度가 強하면서도 特殊環境下에서도 安定性을 維持해야 되는 트랜스듀서 開發이 활발하게 進展되고 있는 實情에 있다. 스트레인 게이지 自体도 高分子材料의 開發로서 많은 進展을 보이고 있으나 아직 高温用, 低温用게이지에 대해서는 研究課題로 봐야 되겠다.

끝으로 우리나라 기계공업의 高等化와 國際競爭力強化를 위해서도 새로운 트랜스듀서의 活用은 勿論, 國産化 및 開發研究도 아울러 서둘러야 될 것으로 안다.

참 고 문 헌

- (1) O'hara: "Piezo electric gauge for measurement of pin and socket connector contact forces" IEEE, Trans. on Instrumentation and Measurement, vol. IM-18, No. 2, P. 70 ~ 72, June 1969.
- (2) ISA Electrical Transducer Nomenclature and Terminology 1969.
- (3)オートメーション 19卷 12号
- (4) IC 化演算増幅器を用いたプロセス制御システム: 大手田向 「計測と制御」 Vol.15, No. 10.
- (5) 四宮・賀羽: 計測技術 Vol. 5, No. 13, 1977.
- (6) 塩田: 計測技術 Vol. 6, No. 6, 1978.
- (7) 黒部: 計量管理 船来ダイジェスト
- (8) 山口: 計量管理 Vol. 22, No. 3.
- (9) W. Hartel: Anwendungen Von Hallgeneratoren, Siemens-Zeischrift 28, 376.
- (10) L. E. Fay III: The Hall Effect Applications in Electrical Measurements, Semiconductor Products May 1960.
- (11) 大野: ホール電算器を用いた開平演算器. アナログ技術研究会資料
- (12) Shock and Vibration Handbook, Edited by C. M. Harris and C. E. Crede, New York: Mc Graw-Hill, 3 Vols.
- (13) Bouche, R. R and Ensor, L. C Use of Reciprocity Calibrated Accelerometer Standards for Performing Routine Laboratory Comparison Calibrations Tech paper No. 226. Endeavor

- Corp. pasadena, Calif.
- (14) 共和技報 No. 127, 1968.
- (15) BLH. Electronics. 401 Load cell: Catalog. 1978.
- (16) 川端: Performance of Beam Type Load Cell: TMI Review Vol. 1. 1978.
- (17) 松田, 石川:「半導体圧力計による子宮内圧測定法とをの臨床的有用性につて」産婦人科治療 Vol, 29 No, 4. (1974. 10)
- (18) 秋山 etc:「全身性硬化症における上部消化管内視鏡像および食道内圧について」progress of digestive endos copy Vol. 8, 1976. 6
- (19) 竹内 etc:「圧カトランスデューサによる血圧測定」第14回日本 ME学会大会論文集.