

工場電氣의 最新技術

센서技術의 動向(1)

計測制御시스템을 人間에 比喩한다면 센서는 五感에 相當한다. 컴퓨터(頭腦)나 機械, 액체에터(手足)를 完全히 活用하기 위해서는 優秀한 센서(五感)이 必要하다. 이번號부터 非接觸式 센서를 中心으로 한 센서技術의 動向에 대해 記述한다.

1. 센서의 概要

(1) 센서란

센서에 對한 學術的인 定義는 現在로서는 없으나 文獻等에 의하면 「센서란 人間の 五感(視覺, 聽覺, 嗅覺, 味覺, 觸覺)을 代身하여 그 役割을 수행하는 機器이며, 또 人間の 五感으로도 느낄 수 없는 現象(例로 赤外線等の 電磁波, 에너지의 작은 超音波 등)을 檢出할 수 있는 機器이며, 또한 人間の 五感を 훨씬 넘는 에너지를 갖고 있는 現象조차도 檢出할 수 있는 機器이다」고 定義하고 있다.

한편 센서와 비슷한 機器로 트랜스듀서라고 하는 것이 있다. 트랜스듀서라고 하는 것은 入力 에너지 例로 光과 音의 에너지信號를, 電氣에너지 信號로 變換하여 引出하는 機器를 말한다.

센서와 트랜스듀서는 중복되는 部分이 많으며 區別하지 않고 사용되는 경우도 있다.

(2) 센서의 位置

社會가 進歩함에 따라, 社會의 니이즈는 더욱더 사치스럽고 高度한 것이 되고 있다.

例로 工場에서는 自動化, 省에너지, 品質向上, 家電機器에서는 便利性, 自動車는 安全性, 오피스에

서는 快適性等 從前보다 더욱 레벨이 높은 것을 要求하게 되었다.

이러한 것들을 實現하는 하나의 手段이 制御시스템이다. 制御시스템의 機能을 人間에 比喩하면, 頭腦에 相當하는 컴퓨터, 手足에 相當하는 機械나 액체에터, 五感에 相當하는 센서의 세가지의 要素로 이루어진다.

現在の 技術의 進歩狀況으로 본다면 手足이다. 頭腦는 대단히 앞서고 있으나 五感은 뒤처지고 있다는 것이 現狀인 것 같다.

따라서 手足과 頭腦를 完全하게 活用하기 위해서는 뛰어난 센서가 必要하며 그것이 또 社會의 여러 니이즈에 應하게 되는 것이 된다.

(3) 計測對象

센서에 의해 計測할 計測量에는 어떠한 것이 있는지 그것을 表示한 것이 표1이다. 一見하여 그 膨大함을 알 수 있다.

(4) 센서의 分類

센서의 分類方法으로서는 檢出의 原理·現象에 基因하는 分類, 센서用 材料에 基因하는 分類, 檢出對象에 基因하는 分類, 利用分野別 分類 등이 있으나 檢出對象別 分類가 一般的이다.

(1) 檢出의 原理·現象에 基因하는 分類

표 1과 같은 膨大한 物理量을 計測制御 하기 위해서는 이러한 것들의 對象의 物理量을 될 수 있는 限 簡單한 出力으로서 引出하는 것이 必要하다. 出力 信號로서 最適한 것은 電氣信號로서 信號의 增幅, 歸還, 濾波, 微分, 蓄積, 遠隔操作등을 簡單하게 할 수 있다. 표 1의 物理量을 電氣信號로서 檢出하는 方法을 原理의으로 分類하면 표 2와 같다. 에너지制御形과 에너지變換形으로 分類할 수 있다.

〈표-1〉 計測量의 分類

分 類	測 定 量
機 械	길이, 두께, 變位, 液面, 速度, 加速度, 回轉角, 回轉數, 質量, 重量, 力, 壓力, 眞空度, 모멘트, 回轉力, 風速, 流速, 流量, 振動
音 響	音壓, 騒音
周 波 數	周波數, 時間
電 氣	電流, 電壓, 電位, 電力, 電荷, 인피어던스, 抵抗, 容량, 인덕탄스, 電磁波
磁 氣	磁束, 磁界
溫 度	溫度, 熱量, 比熱
光	照度, 光度, 色, 紫外線, 赤外線, 光變位
放 射 線	照射線量, 線量率
濕 度	濕度, 水分
化 學	純度, 濃度, 成分, pH, 粘度, 粒度, 密度, 比重, 氣, 液, 固體分析
生 體	心音, 血壓, 血流, 脈波, 血流衝擊, 血液酸素飽和度, 血液가스分壓, 氣流量, 速度, 体温, 心電圖, 腦波, 筋電圖, 網膜電圖, 心磁圖
情 報	아날로그·디지털量, 演算, 傳送, 相關

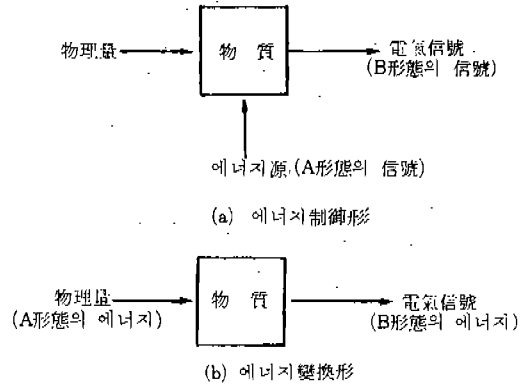
〈표-2〉 센서에 사용되는 代表的物理效果

에너지制御形	에너지變換形
抵 抗	壓電效果
인덕탄스 } 幾何學的制御	磁氣歪曲效果
	熱電效果
容 量	光起電力效果
歪曲抵抗效果	光電子放出效果
磁氣抵抗效果	괴러電氣效果
熱抵抗效果	포터드럭效果
光導電效果	熱磁氣效果
磁氣歪曲效果	熱電磁氣效果
홀 效果	
이온化效果	
조셉선效果	

에너지制御形은 에너지의 大小와 信號의 形을 바꾸는 타입으로서 에너지源은 그림 1 (a) 같이 別途로 준비되고 있다.

예로 半導體의 低抗値는 壓力과 磁界라는 物理量에 의해 變化하나 壓力과 磁界라는 에너지가 電氣에너지로 바뀌어지는 것이 아니라 壓力과 磁界는 電氣에너지를 制御하고 있는 것이다.

에너지變換形은 예로 壓力과 熱이라는 에너지가 電氣에너지로 變化하는 것으로서 壓電效果나 熱電效果가 그 예이다.



〈그림-1〉 센서의 形態

(2) 센서用 材料에 基因하는 分類

표 2와 같은 原理, 現象을 可能케하는 센서用 材料로서는 金屬, 半導體, 絶緣體, 磁性體, 强誘電體, 超傳導體等 여러가지의 것이 있으나, 特히 半導體 材料는 많이 사용되고 있다.

표 3은 반도체 센서의 예이다.

(3) 檢出對象에 의한 分類

基本的으로 표 1의 分類와 같으며, 첫머리에 檢出할 物理量을 붙이고 길이센서, 두께센서, 變位센서 등이다.

(4) 利用分野別 分類

分類方法으로서는 一義의으로는 定해져 있지 않으나 예로 情報處理, 通信, 計測制御, 民生, 交通, 環境資源, 醫用, 衛生, 防犯, 防災等の 分類方法이다.

(5) 其他

其他의 分類方法으로서는 다음과 같은 것이 있다

- ① 接觸式, 非接觸式
- ② 利用技術分野別: 例로 레이저光利用센서, 마이

〈표-3〉 半導체 센서의 例

信號形態의 變換	半導체變換素子	半導体材料例	物理現象
光→電氣	光電池	Se, CdS	光起電力
	太陽電池	Si, GaAs	同上
	光導電셀	CdS	光에 의한 캐리어數의 增加
	포트랜지스터	Si, Ge	同上
	發光다이오드	GaP, GaAs	注入 캐리어의 再結合
變位→電氣	半導체 레이저	GaAs	同上 및 誘導放出
	엘렉트로닉스	ZnS	電界發光
	스트레인게이지	Ge, Si	歪曲을 媒介로 한다
	感壓다이오드	Si	壓力을 "
壓カ→電氣	홀素子	InSb, InAs	磁界를 "
	磁氣抵抗素子	InSb, InAs	同上
	磁氣다이오드	Ge, Si	同上
	光導電셀	CdS	光을 媒介로 한다
	光電池	Si	同上
	壓電素子	CdS, ZnO	壓電效果
	스트레인게이지	Ge, Si, InSb	피에저效果
熱→電氣	感壓다이오드	Si	結晶構造의 變化
	熱電對	SbTe, Bi ₂ Te ₃	저어배그效果
熱→電氣	서미스터	NiO, CoO	溫度에 의한 캐리어數의 變化

크로보利用 센서 超音波利用 센서, 이미지 센서 등이다.

③ 리모우트 센싱 : 리모우트 센싱이라 함은 對象物에 직접 접촉되지 않고, 멀리 떨어진 곳에서 그 對象物 및 對象物을 아는 情報로서 利用되는. 센서技術로서는 마이크로波, 赤外線, 可視光線, 紫外線 超音波 등이 있다.

2. 길이·距離測定 센서

길이, 距離도 廣義의 치수로서 여기서는 數cm 以下の 오더의 두께나 變位로 區別하여 數10cm 以上の 치수를 測定하는 센서에 대해 記述한다. 길이·距離測定用 센서로서는 표 4에 表示하는 것이 있다.

(1) 直線스케일

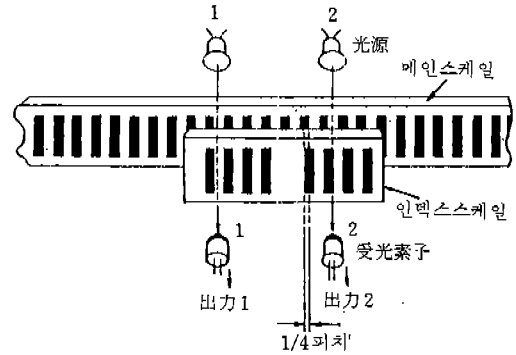
移動하는 機械의 슬라이더部의 센서를 부착하고, 그 移動距離에서 길이를 測定하는 것이다.

(1) 光電式리니어엔코우더

光源, 메인스케일, 인덱스스케일, 受光素子로 이루어진다. 基本構成을 그림 2에 表示한다. 스케일

〈표-4〉 길이·距離測定 센서의 例

直線스케일	光電式리니어엔코더, 磁氣式리니어엔코더 電磁式리니어엔코더, 모아레스케일
電磁波利用	可視光, 레이저光, 마이크로波
其他	超音波利用, 이미지 센서, 팔스카운트式, 空間 필터



〈그림-2〉 光電式리니어 엔코더의 基本構成

은 精密유리에 等間隔으로 不透明部分을 印刷한 것이다.

메인스케일과 인덱스스케일은 一定距離를 두고 平行으로 設置되어 前者는 移動하는 機械에 後者는 固定하여 부착된다.

메인스케일이 移動하는 경우 두개의 스케일의 透明部分이 겹치면, 光이 透過하여 受光素子가 On한다. 透明部分과 不透明部分이 겹치면 光은 透過하지 않고 受光素子는 Off한다.

이 On, Off回數×스케일의 눈금피치가 移動距離가 된다.

인덱스스케일에는 2組의 눈금이 있으며, 피치間隔은 같으나, 1/4피치 (90°)만 겹치지 않도록 비켜서 印刷되고 있다.

이에 따라 90°位相의 다른 2相의 디지털 信號가 얻어지며 分解度도 높다.

測長範圍는 數 μ m~10數m, 測定單位는 1~10 μ m, 應答速度는 0.4m/s~1m/s 程度이다.

(2) 磁氣式리니어엔코더

原理는 光電式과 같다. 磁性体에 精密한 피치로 磁化패턴을 記錄 基準스케일로 하며, 스케일檢出에 磁氣變調形체드를 사용한다. 磁化패턴은 NS, SN, NS와 一定波長으로 記錄되고 있으며, 이것이 磁氣헤드下를 通過할 때에 그 出力은 팔스狀에 變化하

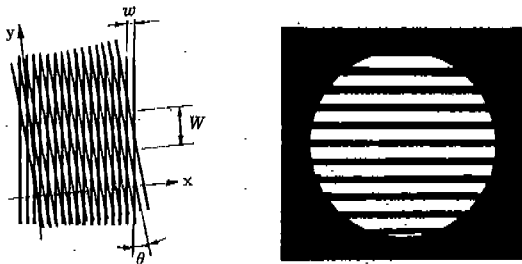
므로, 그 變化數× 磁化패턴의 피치에 의해 移動量을 알 수 있다. 測定單位는 $1 \sim 10 \mu m$, 測長範圍는 300mm 이상의 것이 많다.

(3) 電磁式리니어엔코더

얇은 金屬을 늘여 입힌 箔을 一定한 間隔을 두고 지그자그로 나란히한 메인스케일과 移動子로서의 코일이 있다. 一種의 變壓器이다. 메인스케일에 並行으로 移動子를 移動시키면, 코일의 凹凸에 의해 電磁結合度가 變化하기 때문에 移動子의 出力電壓은 移動에 따라 正弦波狀으로 變化한다. 이 變化數를 팔스處理하여 메인스케일의 지그자그코일의 피치의 積이 移動量이 된다.

(4) 모아레 스케일

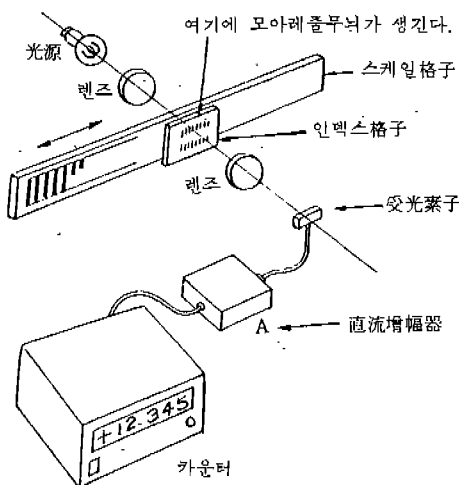
같은 格子定數(單位 길이當의 눈금線의 數 卽 피치)를 갖는 2個의 回折格子(유리板上에 대단히 가느른 피치로 平行으로 눈금線을 박은 것)를 그림 3(a)와 같이 相互 약간 기울여 겹치면 그림 3(b)와



(a) 모아레 줄무늬의 原理

(b) 모아레 줄무늬

〈그림-3〉 모아레 줄무늬



〈그림-4〉 모아레 줄무늬에 의한 디지털測定

같은 눈금線의 交點에 발과 같은 모양이 보인다. 이를 모아레 줄무늬라고 한다.

그림 4와 같이 한쪽의 格子를 固定하고(인덱스 格子), 다른쪽(스케일 格子)을 左右로 移動시키면, 모아레 줄무늬는 上下方向으로 移動한다. 모아레 줄무늬의 移動數를 明音變化의 回數로서 읽게 되면 길이 디지털測定을 할 수 있다.

(2) 마이크로波 利用

마이크로波라는 周波數帶의 呼稱에는 明確한 定義는 없으나 電磁波의 波長이 30cm (1GHz)에서 1mm (300GHz) 程度의 周波數帶를 總稱하여 마이크로波라고 부르는 일이 많다.

마이크로波의 距離의 測定에 限하지 않고, 다른 니이즈에도 利用되고 있어 여기에서 整理하여 그 應用例를 표 5에 表示한다. 마이크로波에 의한 距離測定方法으로서는

- (1) 連續波(CW) 레이더
- (2) 周波數 變調 連續波(FM-CW)레이더
- (3) 팔스레이더

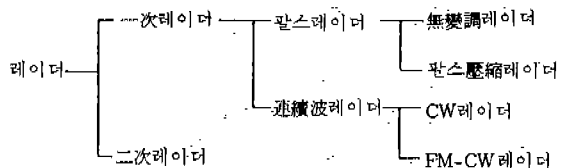
가 있다.

(1) 原理

마이크로波에 의한 距離測定은 레이더의 原理에 의한 것이다. 레이더(Radar, Radio Detection and Ranging)는 그 語句가 나타내는 것과 같이 電波를 目標에 照射하여, 그 目標로부터의 反射波, 또는 目標에서 再發射된 電波를 받아 그 往復時間, 안테나의 指向特性의 關係에서 目標의 位置를 決定하는 것으로서 레이더를 分類하면 그림 5와 같다.

① 팔스레이더 : 팔스를 送信하고난 후 反射에 코우를 受信할 때까지의 時間 t에 의해 距離를 測定한다. 팔스레이더로 送信팔스幅 內에서 周波數變調나 位相變調를 加하는 것을 팔스壓縮레이더라고 말한다.

② 連續波레이더 : 팔스變調되지 않는 正弦波를 送



〈그림-5〉 레이더의 種類

〈표-5〉 마이크로波的 센서에의 應用例

技術方式	原 理	用 途	特 徵
連續波(CW)레이더	干涉과 드프리效果	變位計, 두께計, 速度計, 距離計	簡易, 對象의 速度檢出, 速度와 距離檢出
周波數變調 連續波(FM-CW) 레이더	드프리效果와 占有周波數帶幅의 擴大	速度計, 距離計, 레벨計	三角波, 正弦波로 變調
受信電力測定	反射形	散亂等에 의한 電力量變化	異物檢出, 位置檢出
	透過形	對象의 吸收變化	水分計, 두께計, 異物檢出
共振周波數測定形	共振周波數變化	變位計, 두께計	高精度
誘導形	인피던스變化	두께計, 近接센서	대단히 가까운 物体의 計測
랄스레이더	電波의 往復時間	距離計, 高度計	速度檢出能力떨어지다
	드프리效果 占有周波數帶幅의 擴大	距離高分解能計測	表面形狀, 波浪, 風向
散亂測定	熱放射 電波의 反射係數測定 物体로부터의 放射輝度溫度	레이더散亂計 마이크로波放射計, 溫度計	랄스, CW, FM-CW 方式 含水率, 鹽分濃度, 大氣分析

受信하는 레이더를 連續波(Continuous Wave) 레이더라고 한다. 여기에 周波數變調을 加한 것을 周波數 變調連續波(FM-CW) 레이더라고 한다.

③ 2次레이더 : 反射波의 代身에 物標로 부터의 再送信波를 利用하는 것이다.

(1) 連續波(CW) 레이더方式

純粹한 正弦波를 送信하여 對象으로 부터의 反射波와 基準波와의 干涉 또는 드프리周波數偏移를 利用한다.

2個의 波 e_t , e_r 을 생각한다.

$$e_t = E_t \cos(\omega t - \phi_1) \quad e_r = E_r \cos(\omega t - \phi_2) \quad (1)$$

이 두가지의 波를 干涉시켜, 2乘 檢出한다.

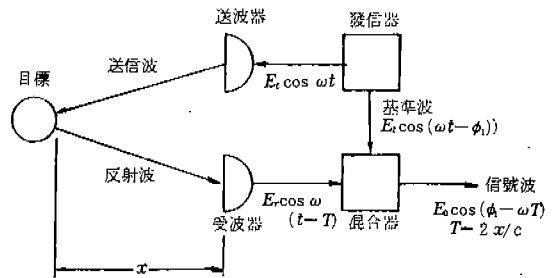
$$\begin{aligned} (e_t + e_r)^2 &= [E_t \cos(\omega t - \phi_1) + E_r \cos(\omega t - \phi_2)]^2 \\ &= E_t^2 \cos^2(\omega t - \phi_1) + E_r^2 \cos^2(\omega t - \phi_2) \\ &\quad + 2E_t E_r \cos(\omega t - \phi_1) \cos(\omega t - \phi_2) \\ &= \frac{E_t^2}{2} \{1 + \cos(2\omega t - 2\phi_1)\} \\ &\quad + \frac{E_r^2}{2} \{1 + \cos(2\omega t - 2\phi_2)\} \\ &\quad + E_t E_r \{ \cos(2\omega t - \phi_1 - \phi_2) + \cos(\phi_1 - \phi_2) \} \end{aligned} \quad (2)$$

2ω 의 高周波成分과 定常項을 除去하도록 操作하면,

$$e_0 = E_0 \cos(\phi_1 - \phi_2), \text{ 但 } E_0 = E_t E_r \quad (3)$$

의 信號를 얻을 수 있다. 그림 6에 距離測定의 原理를 表示한다.

e_t 를 基準波로 한다. $E_t \cos \omega t$ 의 電波를 안테나



〈그림-6〉 距離測定의 原理

에서 送信, 距離 x 인 距離의 目標로 反射하여 再次 안테나에 돌아온 電波는 $T = 2x/c$ (c 는 光速)의 時間遲延이 있기 때문에

$$e_r = E_r \cos(\omega_t - \omega T) \quad (4)$$

가 된다 (E_r 은 反射率에 의해 變하므로 $E_r < E_t$ 이다)

이는 (1)式에 있어서 $\phi_2 = \omega T$ 로 했을 경우에 相當하니, 檢波된 波는,

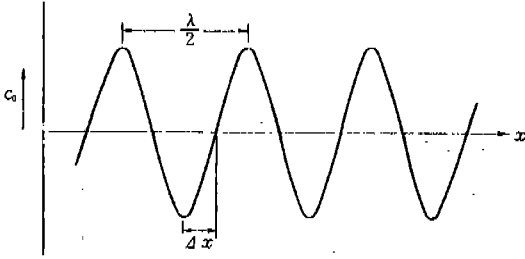
$$e_0 = E_0 \cos(\phi_1 - \omega T) \quad (5)$$

$\omega = 2\pi f$, $f\lambda = c$ (λ 는 波長)의 關係에서

$$e_0 = E_0 \cos(\phi_1 - \frac{4\pi}{\lambda} x) \quad (6)$$

의 信號를 얻는다. 이 信號는 x 의 關係로 하여 그림 7과 같이 正弦波狀으로 變化한다. 이러한 關係에서

① x 가 $\lambda/4$ 이하의 微小變位 Δx 의 경우는 $\Delta x \ll \lambda$



(그림-7) 振幅 e_0 과 距離 x 과의 關係

e_0 로서 Δx 을 求할 수가 있다.

② 對象의 變位를 波長 λ 보다 클 경우는 e_0 의 山의 數를 計算함으로써 $\lambda/2$ 의 單位로 變位를 알 수가 있다.

③ 다시 移相器를 사용하여 基準波의 位相 ϕ_1 을 $\phi_1 = \omega m t$ 로 低周波變調를 걸면

$$e_0 = E_0 \left(\cos \omega m t - \frac{4\pi}{\lambda} x \right) \quad (7)$$

가 되어 距離 x 는 位相의 變位로서 잡을 수가 있다.

但, $0 \leq \frac{4\pi}{\lambda} x \leq 2\pi$ 이며, $x < \frac{\lambda}{2}$ 가 限度이다.

④ 目標가 速度 v 로 移動하고 있을 경우에는 $x = vt$ 이기 때문에

$$e_0 = E_0 \left(2\pi \frac{2v}{\lambda} t - \phi_1 \right)$$

가 되어 周波數 $f_a = \frac{2v}{\lambda}$ 를 갖는 交流信號을 얻을 수 있다. f_a 를 도플러 偏移라고 한다. f_a 를 測定함으로써 v 를 알 수가 있다.

(2) 周波數變調連續波(FM-CW) 레이더方式

CW 레이더는 特別의 경우를 除外하고는 對象까지의 距離의 情報을 얻을 수 없으나 FM 레이더는 送信周波數를 時間적으로 變化시킴으로써 距離情報을 얻을 수 있다. $f\lambda = c$ 이므로 (6) 식은

$$e_0 = E_0 \cos \left(\frac{4\pi f}{c} x - \phi_1 \right) \quad (9)$$

가 된다. 送信周波數 f 를 時間變化率 d 로 變化시킨다. 即

$f = f_0 + dt$ 로 하면,

$$\begin{aligned} e_0 &= E_0 \cos \left(\frac{4\pi}{c} (f_0 + dt) x - \phi_1 \right) \\ &= E_0 \cos \left(\frac{4\pi}{c} dx t + \frac{4\pi}{c} f_0 x - \phi_1 \right) \end{aligned} \quad (10)$$

가 되어, e_0 의 周波數는

$$f_b = (2d/c)x \quad (11)$$

가 된다. 따라서 이 비드(振動하는 聲音)周波數 f_b 를 測定하게 되므로 對象까지의 距離 x 를 알 수가 있다.

實用的으로는 周波數를 0에서 ∞ 로 變化시킬 수가 없기 때문에 三角波가 利用된다.

三角波를 사용했을 때의 變調波形과 비드 周波數는 그림 8 과 같이 되어 兩端이 誤差로 나타나므로 어떠한 誤差輕減等이 필요하다.

對象이 v 가 되는 速度로 移動하고 있을 경우는 $x = vt$ 가 되니 (10) 식은

$$e_0 = E_0 \cos \left(\frac{4\pi}{c} dx t + \frac{4\pi}{c} f_0 vt - \phi_1 \right) \quad (12)$$

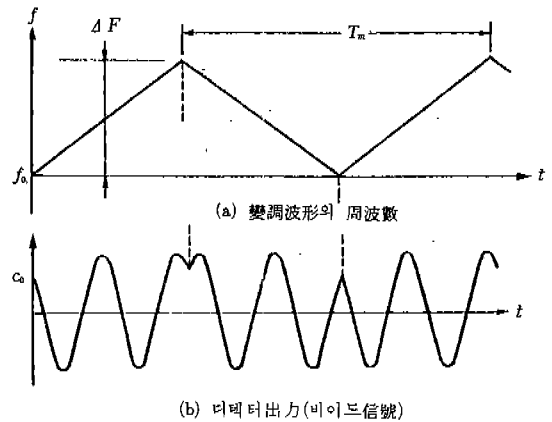
가 된다. 따라서 비드 周波數는

$$f_b = \frac{2}{c} f_0 v + \frac{2}{c} dx$$

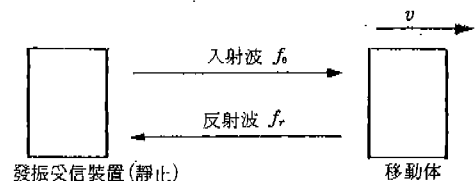
가 된다. 여기서, $2f_0 v/c$ 는 도플러 效果에 基因하는 도플러 周波數이며, 이를 f_a 로 하면, 速度 v 는, $v = f_a c / 2 f_0$

로 求해진다. 距離 x 는 비드 周波數 f_b 와 도플러 周波數 f_a 를 測定함으로써 (13) 식으로 求할 수 있다.

여기서 도플러 效果와 비드 周波數에 對해서 다시 說明해 둔다.



(그림-8) 三角波變調 FM 레이더의 波形



(그림-9) 도플러 效果

(85페이지로 계속)

러리의 概要에 對해 記述했다.

이러한 것을 實用化하는 경우에 있어서 唯一 絶對的인 것은 없으며, 發電플랜트의 形式, 對象으로 하는 石炭, 立地上的의 制約, 經濟性등을 相互比較檢討해야 한다.

또 諸外國에서 脚光을 받고있는 流体化 技術이반드시 어느나라에도 適用하는 것이 妥當하리라고는 볼 수 없으며, 石炭의 輸入에 依存하지 않을 수 없는 나라로서는 에너지 세큐리티의 면에서 檢討할 課題는 많다.

아름은 石炭의 流体化技術은 石炭利用技術의 要素이며, 앞으로도 經濟性·信賴性이 함께 보다 훌륭한 技術을 確立하기 위해 強力한 研究開發의 推進이 期待될 것이다.

4. 國際協力과의 關係

IEA(國際에너지機關)에서는 高濃度슬러리를 重

油代替에너지의 主要한 對象으로 굳히고, IEA加盟各國에서 定例的으로 技術情報 交換을 實施하여 國際協力을 함으로써 技術의 確立을 圖謀하도록 하고 있다. 現在 이 技術에 관한 IEA協定の 加盟國은 美國, 캐나다, 스웨덴, 스페인, 네델란드, 日本이다.



石炭流体化는 石炭을 粉碎하여 다시 流送 媒体와 混合함으로써 얻어지는 것이며, 原料가 되는 石炭과의 比較에 있어서 코스트의으로 上昇하는 것은 否認할 수 없다. 이 上昇分을 무엇으로 커버할 것인가를 언제나 생각해둘 必要가 있다.

流体化함으로써 얻어지는 利便성과 流体化하는데에 必要한 코스트와의 相關關係를 언제나 생각할 必要가 있을 것이다.

또 이 關係는 時代의 니이즈에 따라 技術 進步는 항상 流動的이며 石炭流体化의 基本仕樣을 決定하는데는 멀지 않는 將來가 될것으로 생각된다.

*

< 77페이지에서 계속 >

① 드프리 효과 : 그림 9와 같이 速度 v 로 移動하고 있는 物体에 電波를 쏘이면 그 反射해오는 電波의 周波數 f_r 는 f_0 와 같지 않으며 작아진다. 卽

$$f_r = f_0 \frac{1 - (v/c)}{1 + (v/c)} \quad (15)$$

가 된다. 이를 드프리 효과라고 한다.

逆으로 移動체가 入射波에 對해서 接近해오는 경우는

$$f_r = f_0 \frac{1 + (v/c)}{1 - (v/c)}$$

가 되어 反射波의 周波數는 크게 된다. 이를 드프리 효과라고 한다. 普通 $v \ll c$ 이므로

$$|\Delta f| = |f_0 - f_r| = 2 \left| \frac{v}{c} \right| \cdot f_0$$

但 $| |$ 의 記號는 絶對值를 意味한다. $|\Delta f|$ 를 드프리周波라고 한다. $|\Delta f|$ 를 求함으로써 移動체의 速度 v 를 알 수 있다.

② 비드周波數 : 비드라함은 진동하는 騒音을 말한다. 매우 接近한 周波數를 갖는 2개의 電波 혹은 音波가 있을 때, 그 周波數의 差를 周波數(이를 비드周波數라고 한다)로 하는 索음波(비드波)가 생긴

다. 이는 音의 경우 자주 경험하는 바다.

(3) 팔스레이더方式

팔스레이더는 팔스를 送信하고 나서 反射波를 受信할 때까지의 時間 t 에 의해 對象까지의 距離 x 를 測定한다. 卽

$$x = tc/2(m)$$

여기에 t 은 電波의 往復時間[s], c 는 光速 $= 3 \times 10^8(m/s)$ 이다. $t = 10^{-9}(s) = 1(n\text{ns})$ 로,

$$x = \frac{10^{-9} \times 3 \times 10^8}{2} = 0.15(m) = 15(cm)$$

이며, cm오더의 精度를 얻기 위해서는 ns오더의 카운터가 必要하며, 또 極히 急峻한 팔스波를 必要로 하기 때문에 너무 精度가 좋은 測定에는 사용되지 않는다.

팔스壓縮레이더는 送信팔스幅內에서 周波數變調나 位相變調를 加하는 것으로서 레이더信號의 占有周波數帶域幅이 넓혀져 情報量이 增加하기 때문에 時間, 分解能이 改善된다.

다음 號는 길이, 距離測定用 其他의 센서와 마이크로波 센서를 포함한 應用例에 對해서 記述하겠다.

*