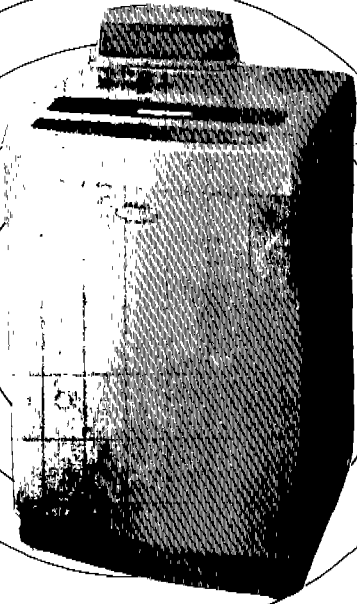


# 全自動洗濯機의 低騒音化



## 1. 머리말

1989년에 史上最高의 販賣規模, 474만대를 기록한 洗濯機는 금년도에도 好調를 보이고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 全自動洗濯機가 크게 신장하고 있으며, 洗濯機 전체에 대한 全自動洗濯機의 구성비도 60%에 육박하고 있다.

이렇게 된 배경으로는 主婦들의 有職化 등, 라이프 스타일의 변화에 따라 家事勞働의 輕減에 대한 要望이 높아진 점을 들 수 있다. 또한 이에 수반하여 洗濯하는 時間帶도 早朝(오전 8시까지) 또는 밤(오후 9시 이후)型으로 移動하고 있고 특히 직장여성의 경우에는 이른 아침이나 밤에 洗濯을 하는 경우가 65%에 달하고 있다.

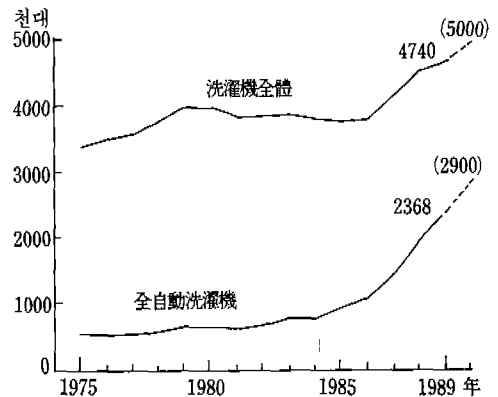
이와 같은 狀況의 변화와 生活時間帶의 延長, 集合住宅의 增加, 住居環境에 대한 關心의 高調 등으로 인하여 이른 아침이나 밤에도 소음에 구애받지 않고 洗濯할 수 있는 조용한 全自動洗濯機에 대한 需要가 급격히 增加하였다. 當社에서는 1988년에 靜音化 全自動洗濯機의 第1彈으로 벨브開閉音, 브레이크오프 등을 감소시킨 大容

량 6kg 全自動洗濯機 AW-K605를 발매하여 호평을 받았다.

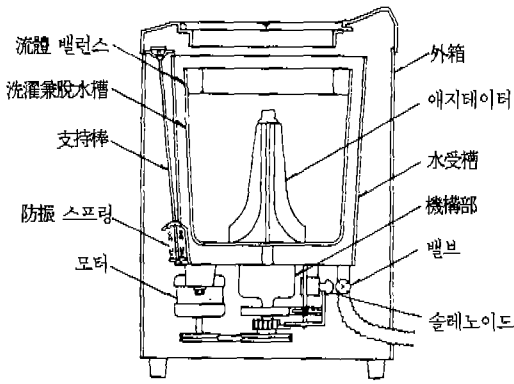
이번에 보고하는 全自動洗濯機 AW-A60F1은 이와 같은 國부적인 騒音低減뿐만 아니라 洗濯에서 脫水까지의 全行程에 걸친 低騒音化를 實現하여 1990년 10월에 발매하였다.

## 2. 全自動洗濯機의 구조

全自動洗濯機의 기본구조를 그림 2에 표시한



<그림 1> 洗濯機의 市場動向



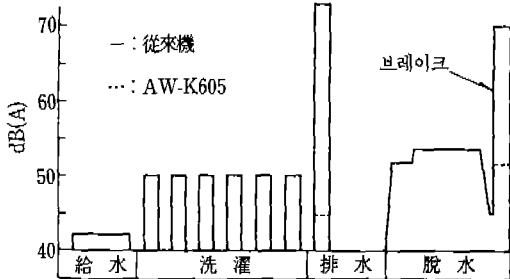
<그림 2> 全自動洗濯機의 基本構造

다.洗濯물이 들어 가는洗濯겸 脱水槽의 外側に 水受槽가 있고, 이 水受槽의 下部에 驅動源으로서의 모터, 밸브의 開閉에 의하여 排水를 制御하는 솔레노이드와 洗濯·脱水回轉의 교체, 減速, 브레이크 등의 역할을 하는 機構部가 설치되어 있다. 또 이 水受槽는 外函 上端으로부터 支持棒, 防振스프링에 의하여 지지되고 洗濯겸 脱水槽에 부착된 流體밸런서는 衣類의 언밸런스에 의하여 생기는 振動을 吸收한다.

### 3. 층래의 騒音레벨

층래 構造의 全自動洗濯機에 있어서 洗濯에서 脱水까지의 全過程에 걸친 騒音레벨을 그림 3에 표시한다.

전 과정에서, 특히 두드러진 騒音은 排水開始時



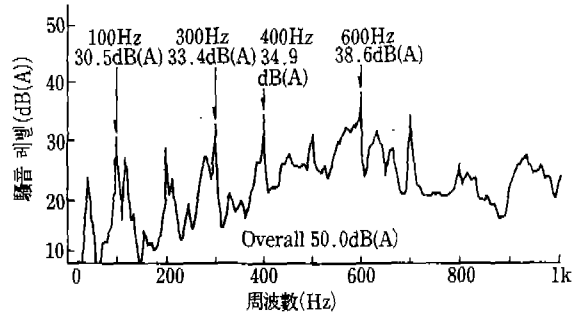
<그림 3> 從來機의 行程別騒音

73dB(A), 브레이크時 70dB(A)의 衝擊音이다. 1988년 발매된 AW-K605에서는 밸브, 브레이크 制御를 솔레노이드方式에서 小型 모터에 의한 모터 制御方式으로 바꿈으로써 이 衝擊音을 排水時 45dB(A), 브레이크시 53dB(A)로 줄일 수 있게 되었다.

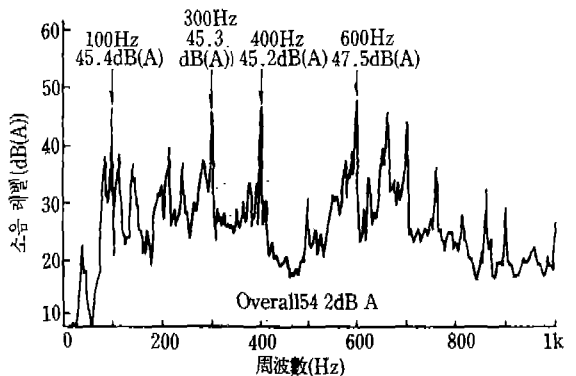
이렇게 하여 衝擊音은 어느 정도 해결되었으나 洗濯時, 脱水時에 발생하는 불쾌한 울림소리는 남아 있어서 레벨로는 洗濯時 50dB(A), 脱水時 54dB(A)로 만족할만한 값은 못되었다.

### 4. 音源探查

AW-K605의 洗濯時, 脱水時의 파워 스펙트럼을 그림 4, 그림 5에 표시한다(조건:洗濯機 全 面 1m, 100V, 50Hz, 無響室). 이 그림에서 洗濯, 脱水 공히 600Hz의 音壓레벨이 가장 높고,



<그림 4> 從來機의 洗濯時騒音



<그림 5> 從來機의 脱水時騒音

다음으로 100, 300, 400, 500Hz 등 100Hz의 정수배 주파수에서 각각 날카로운 피크를 갖고 있음을 알 수 있다.

이 100Hz의 정수배가 되는 주파수 성분은 전원 주파수  $f$ (50Hz)의  $2n$ 배( $n=1, 2, 3, \dots$ )에 해당한다.全自动洗濯機의 驅動用 모터로는 單相誘導모터를 채용하고 있으며 콘덴서를 사용함으로써 2對極인 경우에, 回轉磁界는 타원으로 되어 토크變動周波數  $f_c$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$f_c = \text{回轉磁界周波數(電源周波數 } f) \times 2$$

이것은 앞서 말한 騒音周波數의 一次成分(100Hz)과 일치한다. 이것으로부터 100, 300, 400, 500, 600Hz 등의 騒音은  $2f$ 를 基本波로 하는 모터의 토크變動에 기인한다는 것을 알 수 있다. 기타洗濯 騒音測定中 Agitator의 反轉에 同期된 不連續音과 脫水騒音測定中 脫水回轉에 비례한 不連續音의 발생을 확인하였다.

이 不連續音은 파워 스펙트럼의 Overall值(全體的인 騒音值)에 그리 영향을 주지 않으나 인간에게는 불쾌한 음이다. 그 때문에 이 不連續

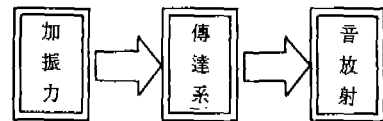
音의 音源探査도 동시에 행하였다. 그 결과洗濯時의 不連續音은 브레이크周邊에서, 脫水時의 不連續音은 슬립 링,洗濯軸(그림6) 및 防振스프링周邊에서 발생하고 있음을 알았다.

상술한 內容 이외에도 騒音源을 확인하였지만 이번엔 보고하는 機種은 종말의 機種을 베이스로 하여 改良한 低騒音化의 實現을 테마로 하였기 때문에 對策이 곤란하다고 생각되는 個所에 대하여는 今後 機種의 課題로 두고, 騒音의 目標值를 脫水時 50dB(A)以下로 설정하였다.

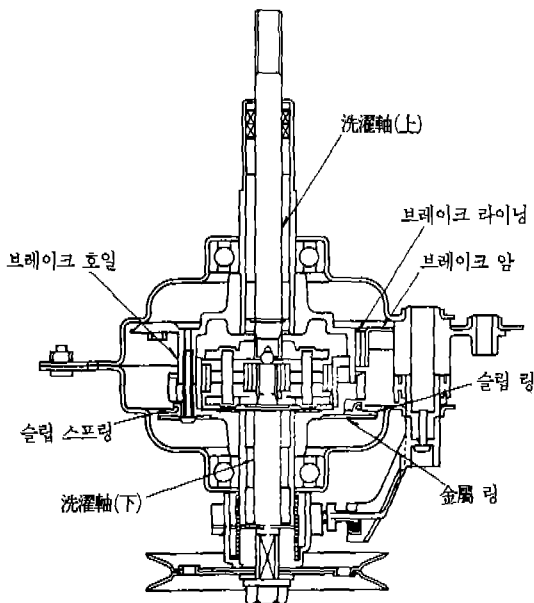
### 5. 現象解明

振動騒音의 메커니즘을 그림 7에 표시한다. 4章에서는 騒音의 種類, 位置, 大小關係를 밝혔지만 다음에 各 騒音周波數의 音發生 메커니즘을 解明한다. 이의 解析方法으로서 여러 個所에 대하여 2chFFT에 의해 모델을 解析하여 各周波數마다 各部의 振動모드를 구하였다. 그 一例를 그림 8에 표시한다.

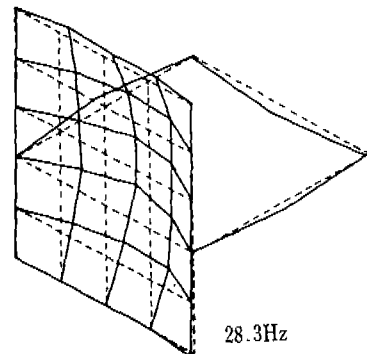
이와 같은 解析結果 다음과 같은 것이 判明되



<그림 7> 振動騒音의 메커니즘



<그림 6> 機構部의 構造



<그림 8> 胴體의 振動 모드 例

었다.

(1) 100Hz의 加振源은 모터이고, 水受槽 底部를 통하여 水受槽 側面의 圓筒部에서 音を 放射하고 있다.

(2) 300Hz의 加振源은 모터 및 로터부의 스프링 방향 振動이고 水受槽 底部에서 音を 放射하고 있다.

(3) 600Hz는 모터 및 로터軸部の 벤딩모드이며, 풀리, 모터 브레이크 등에서 音を 放射한다.

다음에는 不連續音의 發生現象에 대하여 解明을 한다. 우선 洗濯機의 브레이크周邊 不連續音은 브레이크 라이닝(코르크)과 브레이크 호일(알루미늄 다이 캐스트)이 비벼질 때마다 일어난다.

이 現象을 解明하기 위하여 브레이크 라이닝을 지지하고 있는 部分(브레이크 암)에 디스토션 게이지를 붙이고 코르크내에 蓄積되어 있는 디스토션 에너지의 상태를 보았다.

이 결과 不連續音이 발생하는 메커니즘은 브레이크 라이닝내에 蓄積된 디스토션 에너지가 브레이크 호일 停止 直後에 急激히 放出됨으로써 그 振動이 호일면 및 브레이크 암 등에 전달되어 音으로 放出되는 것이 解明되었다.

또한 脫水時의 不連續音인 슬립 링周邊으로부터의 衝擊音도 전자와 비슷한 現象으로, 슬립 스프링에 蓄積된 디스토션 에너지가 슬립 링의 變形, 溫度變化 등에 의한 摩擦力의 變化 때문에 스틱 슬립(附着슬립)이 발생하고 그 振動이 브레이크 호일 등에 傳達되어 表面에서 音を 放射하고 있음이 분명해졌다.

이 測定에서는 슬립 스프링 또는 슬립 링이 可動部分이라는 점과 測定精度를 고려하여 레저變位計를 사용하여 非接觸計測을 하였다.

## 6. 對策과 效果

모터를 加振源으로 하는 2mf振動 對策으로서 振動騒音의 메커니즘으로부터 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

(1) 모터(加振源)의 振動을 低減한다.

(2) 모터로부터의 振動을 絶緣한다.

(3) 振動이 전달되더라도 音を 放射시키지 않는 構造로 한다.

(1)의 方法은 騒音對策의 本質로서 모터의 精度向上, 콘덴서容量低減에 의한 回轉磁界의 眞圓化 등을 고려할 수 있다. 그러나 전자와 경우, 技術 및 코스트적인 問題, 후자의 경우에는 토크상의 問題가 얽히기 때문에 大폭적인 改良은 곤란하다.

또 (3)의 方法에서는 構造적으로 복잡해짐과 材料, 製造의인 불균일 등에 의하여 安定된 性能이 유지되지 못하는 등의 缺點이 있어서 (2)의 方法을 검토하기로 하였다.

그래서 考案된 것이 '制振 서스펜션構造'이다. 이것은 모터를 스테인리스의 板스프링으로 懸垂支持함으로써 모터에서 발생하는 振動이 水受槽底部에 전달되는 것을 極力 低減하는 효과와 모터 토크를 機構部에 전달하는 역할을 하는 V벨트의 텐션을 一定하게 유지하는 효과가 있다. 전자와 효과는 다음 식에 의하여 구해진다.

1自由度系에 있어서 振動傳達率  $\tau$ 는

$$\tau = F_1/F_0 = \sqrt{\frac{1 + \{2\zeta(f/f_0)\}^2}{\{1 - (f/f_0)^2\}^2 + 2\{\zeta(f/f_0)\}^2}}$$

여기서  $F_1$ : 傳達力

$F_0$ : 加振力

$\zeta$ : 減衰比

$f$ : 加振周波數

$f_0$ : 固有振動數

이 식에서  $f/f_0$ 가  $\sqrt{2}$  이상이면 防振效果가 발휘됨을 알 수 있다.

이번에 채용한 板스프링 모터를 懸垂시켰을 때의 固有振動數를 약 35Hz 정도로 하고 加振周波數가 100Hz인 경우  $f/f_0 = 100/35 > \sqrt{2}$ 로 되어 防振效果가 있음을 알 수 있다. 또 이 板스프링에 대하여는 有限要素法(FEMINI, NASTRAN)에 의한 強度解析, 피로시험 및 實機에 의한 波勞耐久試驗, 應力腐食試驗 등을 하여 耐久性을 확인하였다.

그러나 이 '制振 서스펜션構造'는 모터로부터

水受槽底部에 전달되는 振動은 低減할 수 있지만 모터 單體로부터 발생하는 騒音에 관하여는 기대할 수 없다.

그 때문에 모터 單體로부터 주로 발생하고 있는 600Hz의 騒音에 대하여는 別途의 對策을 취하지 않으면 안된다.

600Hz의 騒音은 5章에서 기술한 바와 같이 모터 및 로터 軸部の 벤딩 모드에 起因하고 있음이 解明됨으로써 모터 및 로터 軸部の 固有振動數를  $2nf$ 로부터 벗어나도록 아래와 같은 對策을 생각할 수 있다.

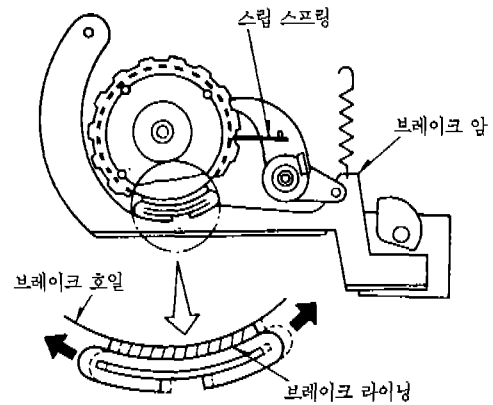
- (1) 로터軸의 材質을 바꾼다.
- (2) 로터軸徑을 바꾼다.
- (3) 플리의 重量을 바꾼다.
- (4) 플리의 설치位置를 바꾼다.

이 가운데 技術, 코스트면에서 (4)의 方法을 選定하였다. 지금까지의 모터의 軸長이는 54mm였으나, 이것을 45mm로 9mm 짧게 함으로써 플리 設置位置를 變更하고 固有振動數를 지금까지의 600Hz로부터 약 645Hz로 變更할 수가 있었다. 이 결과 電源周波數 50Hz의  $2n$ 배인 600Hz와 700Hz(電源周波數 60Hz의 경우는 600Hz와 720Hz)의 거의 中間에 固有振動數를 둠으로써 共振을 막을 수가 있었다.

다음에 不連續音對策과 그 효과에 대하여 기술한다. 洗濯中에 브레이크 라이닝과 브레이크 호일과의 마찰로 일어나는 不連續音의 對策으로 우선 생각할 수 있는 것이 브레이크 라이닝에 생기는 디스토션 에너지를 極力 抑制하는 것이다. 그러기 위하여 브레이크機構를 그림 9와 같이 改良하였다.

그림과 같이 브레이크 라이닝을 슬라이드可動式으로 함으로써 브레이크 호일이 多少 移動하여도 追從할 수가 있고 實驗에서도 브레이크 호일의 移動量에 대하여 약 90%의 追從性을 나타내어 良好한 효과를 얻었다.

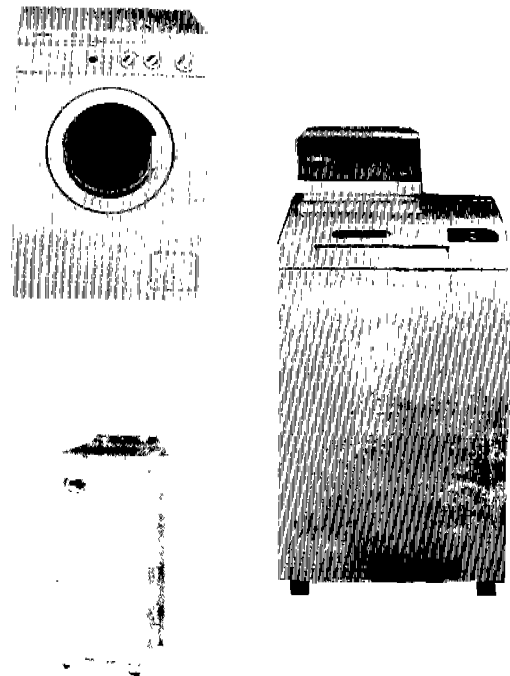
또 脫水中의 슬립 스프링의 스틱 슬립을 對策으로서 앞서도 말한 것과 같이 이 現象을 일으키는 要因과 슬립 링의 變形, 溫度變化 등을 없

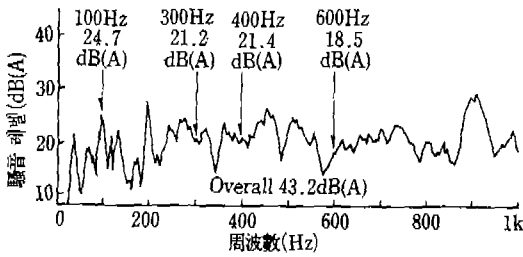


<그림 9> 브레이크의 構造

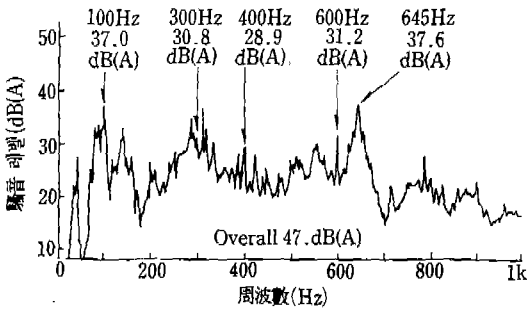
애는 것을 들 수 있다. 이 가운데 變形에 대하여는 슬립 링을 平面度가 있는 金屬링으로 누름으로서 矯正할 수가 있다.

以上の 對策結果 洗濯時, 脫水時의 騒音値는 각각 그림 10, 그림 11, 그림 12에 나타내는 것과 같은 레벨로 改善되었다.

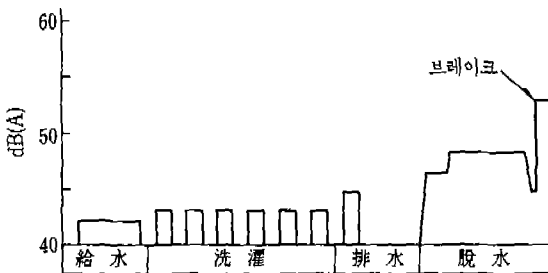




<그림 10> 對策後 洗濯時 騒音



<그림 11> 對策後 脫水時 騒音



<그림 12> 對策後 行程別 騒音

이와 같이 從來機種에 비하여 상당한 低騒音화를 實現할 수가 있어, 當初 目標인 脫水時 50dB(A) 以下를 달성할 수 있었다.

## 7. 今後的 課題

이번에 發表한 AW-A60F1에서는 從來機種의 改良이라고 하는 制約下에서 低騒音화를 實現하였으나 앞으로 構造系를 全面 改良할 때에는

다음 事項을 검토하면 더욱 低騒音화를 기대할 수 있다.

- (1) 電動機의 改良(加振源의 改良)
- (2) 매다는 構造, 防振系의 最適化
- (3) 水受槽 등, 音放射體의 構造強度最適化
- (4) 斷水音 등의 遮音

(1)에 관하여는 電磁振動, 回轉振動의 根元으로서 이것을 改良하는 것이 현 상태에 있어서는 低騒音化에 대한 가장 有效한 手段이다. 또 (2) 및 (3)은 理論解析에 의하여 最適化를 기함으로써 脫水時에 일어나는 洗濯物의 便向에 의한 振動을 억제하고 外函에의 振動傳達를 막고, 音放射面의 構造強度를 最適化함으로써 騒音이 되는 것을 極力抑制할 수 있다. 그리하여 최종적으로 騒音으로 남는 것은 (4)의 洗濯, 脫水時의 斷水音일 것이다. 이 原因으로는 洗濯時 攪拌에 의해 水中으로 空氣가 빨려 들어가는 소리, 脫水中에 水受槽에의 물부딪침소리 등을 생각할 수 있으나 이것 自體를 低減하는 일은 洗濯機性能에 관계되는 문제이기 때문에 遮音を 검토하는 것이 最適이라고 생각된다.

## 8. 맺음말

社會的으로 家電機器에 의한 騒音이 클로즈업되고 있는 가운데 當社는 業界 最高레벨의 低騒音化 全自動洗濯機를 발매할 수 있었다. 또 새로운 洗濯物의 양이나 질을 自動判定하는 負荷센서라든지 몹시 더러워진 것에 대응하기 위한 “確實코스”를 附加하는 등 使用의 便利를 추구함으로써 發表以來 好調를 보이고 있다.

앞으로 低騒音化 要求가 높아질 것은 필연적이며 各社마다 靜音化競争에 각고의 노력을 경주하고 있다. 당사도 目標値를 높이 둔 超低騒音洗濯機의 실현에 노력을 경주하고 있다.

本稿는 日本 三菱電機(株)의 諒解下에 번역한 것으로서, 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.