

전자노이즈 발생과 방지기술

역/대한전기기사협회

일렉트로닉스 시대의 도래와 함께 각종 전자장치를 동작시키는 경우 전기적 외란(노이즈)에 대한 안전도가 엄격하게 요구되고 있다. 특히 프로세스용 컨트롤러 등의 디지털용 제어기에 있어서는 극히 중대한 오동작을 야기시키는 경우가 있다.

이것은 디지털형 기기의 동작은 논리기호의 "0"과 "1"을 사용하고 있는데, 이것이 노이즈에 의해 반전하는 것은 데이터가 소용없게 되는 것을 의미하기 때문이다.

한편, 아나로그형 기기의 경우는 예를들어 노이즈가 침입하더라도 파형이 손상되는 일은 있지만 그것은 일부이고, 파형 전체가 전혀 의미가 없어지는 일은 드물다. 또한 최근에는 디지털 시스템을 구성하는 논리회로의 동작속도가 빨라지고 또 저소비 전력 추세에 따라 필연적으로 노이즈를 받는 약자의 입장에 놓이게 된 것도 큰 원인의 한가지이다.

1. 노이즈의 종류와 발생

노이즈 장애를 방지하려면 노이즈 발생원, 침입경로, 노이즈를 받는 기기 등을 전체적으로 조망한 대책이 필요하며, 장애원인이 되기 쉬운 노이즈 발생원의 종류와 발생에 대해서 잘 파악해 두어야 한다.

노이즈는 외부로부터의 노이즈, 즉 외래 노이즈와 내부로부터 발생하는 내부발생 노이즈로 대별된다.

(1) 외래 노이즈

(a) 정전기 방전

음단, 비닐, 타일 등의 위를 걸으면 인체에 정전기(수 천~수 만[V])가 발생하는데, 이 상태인 사람이 장치, 기기 등과 같은 다른 금속에 접촉되면 상당한 고속·대전류의 펄스가 발생한다. 이 펄스는 디지털 IC, 특히 CMOS IC등에 오동작을 야기시키며, 저내압 소자에서는 파괴에 이르는 경우가 있다.

(b) 점접 개폐

유점접회로 개폐에 의한 것으로 개폐시에 발생하는 아크의 전자파 및 개리시에 발생하는 서지 전압에 의해 다른 기기에 장애를 미친다. 교류, 직류회로 공히 발생하며, 전원전압의 수 배~수 10배의 서지 전압이 된다.

(c) 반도체 스위칭

다이리스터 등의 반도체 스위칭 소자의 개폐에 의해 생기며, 전력계에 있어서의 파워 일렉트로닉스 기술의 대두에 따라 전원선을 전반하는 고조파 및 고조파 노이즈가 증가, 계전기, 계측기 등의 오동작을 초래하고 있다.

(d) 전력계통의 개폐

전력계통의 하나의 회로상태에서 다음 회로상태로 이행하는 과도상태에 발생하는 과도이상전압을 내뢰(內雷) 서지라고 하며, 지락사고 등과 같은 고장시의 서지와 단로기 조작 등의 계통개폐시 서지로 분류된다. 이중간헐 아크지락(지락고장점의 재점화에 의해 생긴다)의 경우는 상전압의 4~5배 정도의 이상전압이 발생한다. 개폐서지는 진류재단, 양점호, 불일치 개폐, 부하차단 등으로 발생하며, 교류진동수가 수 백Hz~수 MHz에 이르는 진동성의 전압으로 상전압

의 3배 정도를 최대치로 보고 있다.

(e) 뇌방전

뇌운의 방전로가 직접 전력시설, 즉 배전선 등의 도체 또는 기기 등에 달하는 직격뢰와 직격뢰 이외의 유도뢰로 분류된다. 직격되는 15~20[kA] 이하의 것이 거의 1/2을 차지하고 과두장은 2~10[μs]가 대부분이다. 노이즈 중에서 전압, 에너지 공이 가장 크다.

(f) 고주파 방사 전자계

트랜시버 등의 통신기기 또는 유도로, 유전로에서 방사되는 전자계, 즉 전파가 노이즈 원이 되는 것이다.

(2) 내부 발생 노이즈

물성적인 것과 회로적인 것이 있는데, 전자에는 열 잡음, 쇼트 잡음, 접촉 잡음 등을, 후자에는 전원 햄, 반사 크로스토크 등을 생각할 수 있다.

2 결합 노이즈의 형태와 그 방지책

상용주파에 있어서는 정전계 또는 정자계가 문제가 되는 일이 많다. 이 경우 공간에 있어서의 유도결합형태에는 정전유도(정전계) 결합과 자기유도(정자계) 결합이 있다.

(1) 정전 결합 노이즈

용량성 또는 전계적 결합에 입각해서 회로간의 전계적 상호작용에 의하는 것으로서, 그 단순한 예를 <그림 1>에 든다. 그림에서 용량 C가 도체 1, 2간의 부유용량(이 정전용량은 도체 1로부터의 전속(電束)이 도체 2에 들어가는 것으로 생각할 수가 있다)을 나타낸다. 등가회로에서 노이즈 전압 V_N은 다음과 같이 된다.

$$V_N = \frac{j\omega C_d (c_c + c_2)}{j\omega + 1/R(c_c + c_2)} [V] \dots\dots\dots (1)$$

통상적으로는 $R \ll 1/j\omega(c_c + c_2)$ 이므로 (1) 식은 다음과 같이 간략화된다.

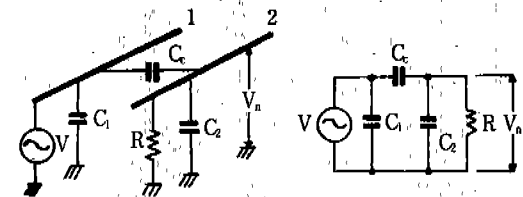
$$V_N = j\omega RC [V] \dots\dots\dots (2)$$

(2) 식은 노이즈 전압 V_N이 주파수(2πf) 영향을 받는 회로와 접지간의 저항 R, 부유용량 C_c, 전원전압치 V에 직접 비례하는 것을 표시한다. f와 R는 변화시킬 수 없는 것으로 하면 결합의 감소를 위해서는 낮은 저항 레벨로 동작시키거나 용량 C_c를 저감하여야 한다. 또한 (1), (2)식에서 알 수 있듯이 전압 V_N은 전압 V에 관계하지만 전원으로부터의 전류에는 관계가 없다(이것은 정전결합의 간파하기 쉬운 성질이다).

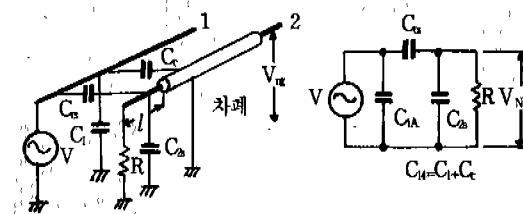
정전결합 저감은 용량 C_c를 작게하면 된다. 이를 위해서는 차폐가 유효하다. 차폐란 도체 2를 다른 도체 3으로 싸서 이것을 접지하는 것이다. 이것에 의해 도체 1에서 2에 들어가는 전속을 막아 결합용량 C_c를 작게 할 수가 있다.<그림 1>의 도체 2에 차폐를 한 경우를 <그림 2>에 든다. 그림에서 전압 V_{NG}는 (1), (2)식을 참조해서 다음과 같이 된다.

$$V_{NG} = j\omega RC_{cs} [V] \dots\dots\dots (3)$$

(3) 식중 용량 C_{cs}는 도체 1과 도체 2의 무차폐부분



<그림 1> 두 도체간의 정전적 결합과 등가회로



<그림 2> 정전적 결합에 있어서의 차폐효과

(그림의 1/4부분이며, 도체 1로부터의 전속이 이 부분에 도달한다)간의 용량으로서, ℓ 의 길이를 짧게 하면할수록 작아지므로 전압 V_N 를 저감할 수 있다.

통상 차폐(실드)선을 사용하는 것으로 정전적 결합의 정도를 적극적으로 낮게한다. 이 경우는 차폐의 밖까지 연장되어 있는 도체의 길이 ℓ 을 극력 짧게 하고 차폐선의 접지를 완전하게 하는 것이 가장 중요하다.

<그림 3>에 정전차폐에 있어서의 전속의 상황을 표시한다. (a)는 전하 Q 를 준고립도체이며, 이때 전속은 평등하게 공간에 확산되어 무한원점(∞)에 도달한다. 이때 공간에 다른 도체를 두면 정전유도를 발생한다. 도체 A를 다른 도체 B로 싸면 도체 B 내측에는 $-Q$ 가, 외측에는 $+Q$ 가 각각 유도되고 전속은 (a)의 경우와 같이 무한원점에 이른다. 이때 외측의 도체 B를 접지하면(접지하는 대신 일정전위의 것에 접속해도 된다) 전속은 A와 B간에서 닫힌 형태가 되며 도체 B 외측에 다른 도체를 두더라도 정전유도가 생기지 않는다. <그림 2>의 경우는 선 1의 도체 A에 차폐 케이블이 도체 B에 상당한다.

(2) 자기 결합 노이즈

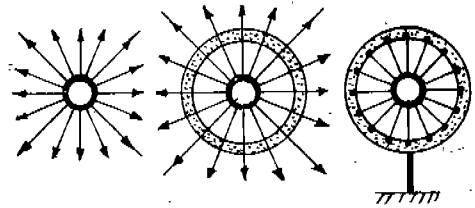
자기결합은 두 회로간의 상호 인덕턴스 M 에 의한 유도이다. <그림 4>에 표시하듯이 회로 1에 의해 발생하는 자속이 회로 2에 쇄교하면 전압 V_N 이 유도된다. 이 전압 V_N 은 다음과 같이 된다.

$$V_N = j\omega M I_1 \dots\dots\dots (4)$$

만일 I_1 이 정현파상으로 변화한다고 가정하면 V_N 은 다음과 같이 된다.

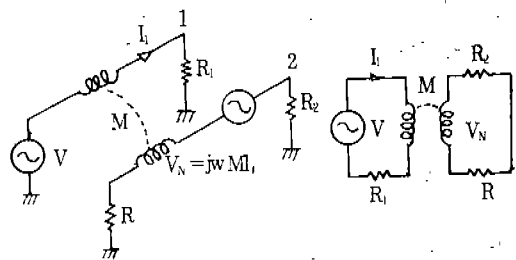
$$V_N = j\omega B S \cos\theta \dots\dots\dots (5)$$

S 는 폐 루프의 면적, B 는 자속밀도의 실효치, $\cos\theta$ 는 두 회로의 상대적 위치관계를 표시한다. 노이즈 전압 V_N 을 감소시키는 폐는 B (즉 전류 I_1), S 또는 $\cos\theta$ 를 감소시켜야 한다. B 는 회로를 물리적으로 이격하는 것으로 작게할 수 있지만 B 의 상살(相殺)을 겨냥한 연선의 채용도 유효하다. S 는 도체길이를 짧게 한다, 접지면에 근접시킨다 등의 대책이 있다. V_N 의



(a) 도립도체A (b) 도체 B로 싸인 경우 (c) B를 접지한 경우

<그림 3> 정전차폐에 있어서의 전기력선

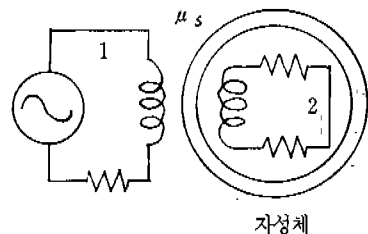


<그림 4> 두 회로간의 자기적 결합

식을 보고 알 수 있듯이 결합 노이즈는 전류 I_1 에 관계하고 전압 V 에는 직접적으로는 관계하지 않는다. 즉, 유도의 크기는 전압 V 의 대소에는 관계가 없다.

자속밀도 B 를 감소시키기 위한 대책이 자기차폐이다.

지금, <그림 4>의 회로 1에 의해 생기는 자계의 세기를 H 로 하고, <그림 5>와 같이 회로 2를 비투자율 μ_s 의 자성체(내경 r_1 외경 r_2 의 중공구)로 싸면 구내의 자계 H_N 은 다음과 같이 된다(설명의 번잡성을 피하기 위해 H 는 평등자계, $\mu_s \gg 1$ 로 하였다).



<그림 5> 자기차폐

$$H_N = H / \left(1 + \frac{2}{9} (\mu S - 2) \times 1 - \frac{r_1^2}{r_2^2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

(6)식에 의해 명확해지듯이 자성체로서 μS 가 큰 물질을 선택함으로써 내부의 자계를 상당히 작게(수 10~수 100분의 1)할 수가 있다. 자속밀도 B 는 자계의 세기 H 에 투자율 μ 를 곱한 것이므로 H_N 의 저감은 B 의 저감이 된다.

(3) 전자적 결합과 그 대책

정전적 결합 및 자기적 결합은 비교적 노이즈 원가 사이에서 문제가 되는 일이 많은데(근접 전자계) 이에 대해 노이즈 원으로부터 먼 점에서 문제가 되는 것은 방사 전자계(전파)이다. 전파는 공간을 전계와 자계가 직각으로 교차하면서 전반한다. 즉, 전자파의 형태로 공간을 진행하므로 이 공간내에 도체를 두면 노이즈가 유도된다(안테나는 이것을 적극적으로 이용한 것이다). 이 전파의 장애를 방지하기 위해서는 전자차폐를 사용한다.

이것은 전기저항이 작은 금속(동, 알루미늄 등)을 사용하여 노이즈 원(장애를 받는 측도 좋다)을 차폐하는 것으로 전자유도작용에 의해 차폐도체에 생기는 와전류를 이용한다. 차폐도체를 접지할 필요가 없지만 접지되지 않는 도체는 전위가 불안정해지고 주위 도체의 정전결합을 증가시키므로 반드시 접지를 하고 결과적으로 정전차폐도 동시에 하고있다. 전자차폐에서는 와전류가 흐르는 것이 필요조건이 되므로 그 흐르는 통로에 끊김이 있으면 안된다.

3. 노이즈 장애 방지책

발생하는 노이즈의 형태는 가지가지로써 이들 전부에 유효한 노이즈 방지법이라는 것은 없고 전술한 차폐 등의 노이즈 대책기술에 부가해서 접지방법 등을 연구하여 전자환경성을 향상시키지 않으면 안되는데, 이는 케이스 바이 케이스로 상당히 상이한 형태가 된다.

(1) 전력계통에 있어서의 유도장애대책

전력계통에 있어서 유도장애대책으로서 구체적으로 고려되고 있는 사항을 들면 다음과 같다.

(i) 기유도원 각상 전류의 평형화: 삼상교류를 평형화하여 유도장애를 방지한다. 부하의 평형, 송전선의 연가 등이 효과적이다. 이 경우 특히 1선지락 고장시의 대전류에 의한 전자유도가 문제인데, 이의 대책으로 고속도 차단, 소호 리액터 또는 고임피던스 접지방식 등이 채용되고 있다.

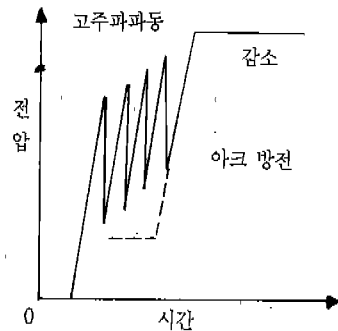
(ii) 이격거리의 증대: 유도측(예를 들면 송전선)과 피유도측(예를 들면 통신선)의 거리를 크게 한다. 송전선의 철탑 높이를 높게 하면 그 부근의 물체나 인체에 대해서 유도를 적게 하는 효과가 있다.

(iii) 차폐선의 설치: 강약선간에 차폐선을 설치하여 유도 또는 간섭을 적게한다.

이들 유도에 대해서 장애를 받는 측, 예를 들면 통신선 등에서의 대책은 통신선의 교차, 나선의 연피케이블화, 피뢰기 설치, 배류 코일의 사용 등을 들 수 있다.

(2) 기기제어회로

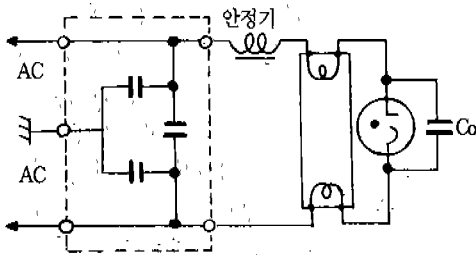
전기, 전자의 양회로가 혼재하는 기기제어회로에서는 릴레이 개폐로 인한 노이즈가 발생, IC등의 오동



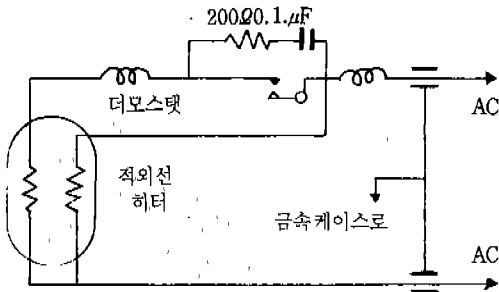
<그림 6> 접점 개리시의 전압

작을 초래하는 일이 많다. 이 노이즈는 점점 개리시에 발생하며, <그림 6>과 같이 회로조건에 따라 고주파 진동 또는 아크 방전의 어느 형태를 취하는 일이 많다. 이것을 흡수하려면 접점에 병렬로 콘덴서를 삽입하거나 CR 직렬회로 등의 스파크 킬러를 설치한다.

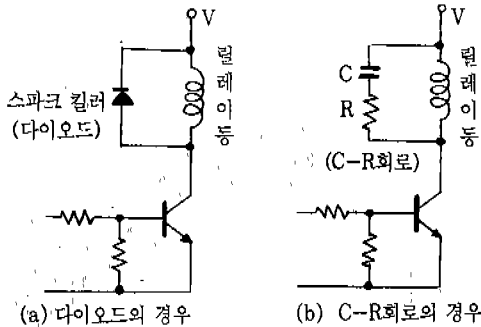
<그림 7>에 형광등의 잠음방지 대책을, <그림 8>에 전기각로의 잠음방지대책을 각각 표시한다. 형광등의 경우는 안정기가 직렬로 들어가 있으므로 점등관의 회로를 끊은 순간 서지 흡수용 콘덴서 C_0 가



<그림 7> 형광등의 잠음방지회로



<그림 8> 전기각로의 잠음방지 대책



<그림 9> 릴레이 등의 흡수서지를 하는 회로

없으면 수 천V의 서지가 발생한다. 이때문에 가까이 있는 디지털 회로가 오동작하는 일도 드물지 않다.

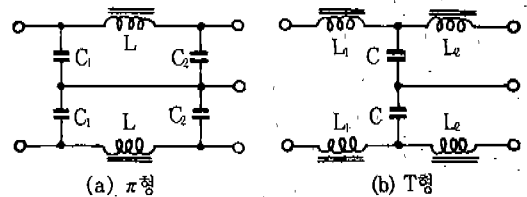
<그림 9>는 직류회로에 있어서의 대책의 일례를 표시한 것으로서, 직류 릴레이를 트랜지스터로 구동할때 그 차단시 코액터에 발생하는 서지를 C-R회로 또는 다이오드 등으로 흡수하는 것이다.

4. 전원선을 전파하는 노이즈 방지책

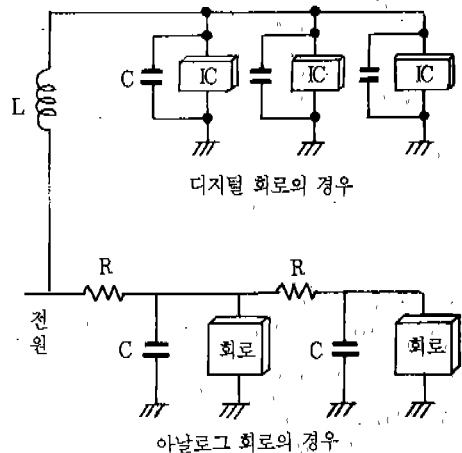
전원선에 침입하는 노이즈(전도 노이즈)에 대해서는 다음과 같은 필터, 차폐(절연)트랜스, 서지 흡수기 등이 사용된다.

(1) 필터

방해원측에 설치되는 경우도 많지만 주로 전원회



<그림 10> 전원필터의 기본회로



<그림 11> 회로의 디커플링

로, 제어회로에 사용된다. <그림 10>에 대표적 전원 필터의 기본회로를 든다. 요구되는 감쇠량이 커지는 경우는 입출력간의 표유결합에는 특히 주의할 필요가 있으며, 차폐와 조합해서 사용한다.

한편, IC가 탑재되어 있는 직류의 전자회로에 침입하는 노이즈를 흡수하는데는 <그림 11>의 RC 또는 LC소자를 사용한 필터(디커플링 회로라고도 호칭한다)가 많이 사용된다. 이 수법은 간단하고 효과가 크다.

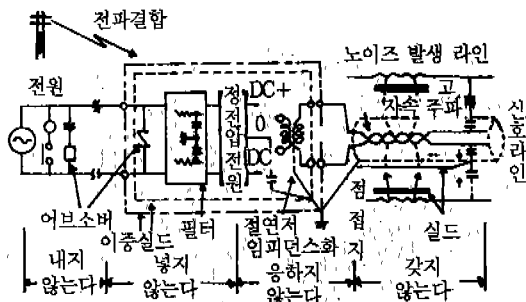
(2) 차폐 트랜스

전원 트랜스의 1차 코일과 2차 코일을 정전 차폐하는 것이다. 배전간섭으로부터 전자방해의 침입, 특히 손상모드(접시 레벨을 기준으로 해서 침입해오는 노이즈도 커먼 모드라고도 호칭한다)의 방해에 효과적이다.

(3) 서지 흡수기(어브소버)

서지 전압은 기기의 절연과피나 전자회로의 오동작 등을 발생한다. 이것을 방지하기 위한 서지 흡수기에는 캡식, 반도체식, 필터식 등이 있다.

이상 기술한 대책사항을 총괄적으로 종합한 것이 <그림 12>이며, 어느 대책사항을 채용하는가는 케이스 바이 케이스로 상당히 상이하다.



<그림 12> 전기·전자회로의 재계에 있어서의 노이즈대책의 개념

**몸이 마음을 따르는 것이지만
마음이 몸을 따를 때도**



언제나 컨디션이 좋을 수많은 없다. 회사에 출근해서 자리에 앉아 있더라도 머리가 멍해서 아무 일도 할 수 없는 때가 있다.

몸이 아픈 것은 아닌데도 마치 기스가 떨어진 라이더의 불처럼 의욕이 없어질 때가 있다. 주위의 동료들은 팔을 걷어 붙이고 열심히 일하는데 자기만이 멍하니 앉아 있다. 가벼운 슬럼프인 것이다.

이러한 가벼운 슬럼프에 저서 아무것도 하지 않으면 슬럼프는 점점 크고 깊어가는 것이다. 기분을 전환시키고, 싫더라도 일을 시작한다.

몸을 궤도에 올려 놓으면 마음까지 궤도에 오르는 법이다.

「슬퍼서 우는 것이 아니라 울기때문에 슬픈 것」이라는 말은 미묘한 인간 심리를 정확히 표현하고 있다.

「아, 일할 기분이 되지 않는다」고 마음속에서 되뇌이고 있으면 좀체로 일할 의욕이 생기지 않는다. 「더웁다. 더워!」하고 중얼대고 있으면 더 더워지고 몸에서는 땀이 흐른다. 일할 기분이 되지 않을지라도 몸으로 일하는 자세를 나타내면 일할 마음이 생긴다.

가벼운 슬럼프는 이렇게 해서 극복하라. 하루 하루 흑자결산(黒字決算)을 내는 것이 슬럼프에 빠지지 않는 첫째의 요령이다.

그러나 정도가 보다 심해지면 만사가 귀찮고 싫어질 때가 있다.

영업사원이라면 아무리 여러 곳을 방문하더라도 주문을 받지 못한다. 모처럼 받은 주문에도 시끄러운 클레임이 걸린다. 이렇게 기분이 엉망이 될 때가 있는 것이다.

이런 경우에는 지금까지와는 전혀 다른 방식으로 대담하게 바꾸어 보라.

퇴근길에 한번도 기분 적이 없던 낯선 대표집에라도 들러 한잔 한다든지, 오랫동안 만나지 못했던 동창에게 전화를 걸어 모처럼 흥금을 털어 놓고 대화하는 기회를 마련한다든지, 일요일이면 언제나 집에 틀어박혀 있는 사람이라면 큰 마음 먹고 일찍 일어나서 사랑하는 자녀들을 데리고 교외에라도 나가 보라.

그리고 이럴 때는 완전히 일은 잊어버려야 한다. 잊어버리고 있더라도 어느 순간 일에 관한 아이디어가 번개처럼 스칠 때가 있다. 바로 이것이 전기가 된다.

보통 마음을 잘 컨트롤하면 몸은 자연히 따라 오게 마련이다. 마음이 제대로 컨트롤되지 않을 때는 몸을 컨트롤하여 무슨 일을 해 본다. 그러면 마음이 이를 따라 온다. 생각해 보면 인간의 몸과 마음과는 참으로 미묘한 관계를 갖는 것이다. 몸이 마음을 따르는 것이지만 마음이 몸을 따르는 경우도 있는 것이다.