特輯 技術解說

의료용 전기기기의 전자장해 사례와 대책

明 賢 聖
(주)메디슨研究所

Ⅰ. 의료용 전기기기 사용 조건상의 특징

의료용 전기기기(medical electric equipment;이하 ME기기)는 사용조건상 다음과 같은 특징을 갖는다.

(1) 생체에의 전기적 연결 및 입출력의 플로팅화

피부와의 접촉 또는 체내로의 검출기 삽입 등에 의해서 생체에 직접 전기회로를 적용하는 경우가 많은데, 생체 자체의 임피던스가 크고 불안정하기 때문에 ME기기의 입력 임피던스를 높게 하므로(통상 1~5MΩ) 잡음이 혼입되기 쉽다. 또한 전기 감전을 막기 위하여 계측기의 입력을 플로팅화하는 경향이며, 치료기에 있어서도 접지에로의 분류에 대한 대책으로서 출력을 플로팅화하고 있다. 때문에 환자의 대지 잡음 전위가 올라가는 경향인데 이는 정전결합에 의한 잡음 침해에 약해짐을 의미한다.

(2) 대전력 기기와 고감도 기기의 병용

전기메스 등의 대전력 ME기기와 심전계 등의 정밀 고감도 계측기가 조합되어 병용되는 경우가 많은데 이 경우 통상 대전력 기기에서 발생되는 잡음이 정밀 고감도 계측기에 침투하여 전자장해를 일으키게 된다.

(3) 디지틀계가 아날로그계에 간섭

최근의 ME기기는 아날로그 신호를 취급하는 것일지라도 제어나 정보처리 또는 표시를 위하여 디지틀계가 장착되어 있는 것이 많고, 컴퓨터 등과 조합되어 사용되는 경우가 많으므로 디지틀계의 잡음이 아날로그계에 침입하여 문제를 일으키는 경우가 많다.

(4) 무선의 이용증가

최근에는 미약한 전파를 이용하여 진단 및 감시정보를 전송하는 텔리미터가 사용되는데, 다른 전파원에서 영향을 받아 수신 불능에 빠지기 쉽다.

(5) 오동작시의 위험이 크다.

Ⅱ. 의료용 전기기기에 전자장해를 일으키는 요인들

ME기기 중에서도 대전력을 이용하는 치료기기 또는 진단기기는 여타의 ME기기 또는 일반 전기기기에 전자장해를 일으키는 주원인이 된다. 또한 ME기기도 모든 전기기기들이 그러하듯이 전원라인으로 전도되는 장해요인과 공간을 통해서 직접 복사되는 전자파 장해요인 및 인체로부터 방전하는 정전기 등에 의해 전자장해를 일으키게 된다.

1. 대전력 ME기기에서 기인하는 장해요인

(1) 전기메스

ME기기 중 대표적인 잡음원은 전기메스로서, 500KHz~10MHz, 500W 정도의 강력한 고주파 발진을 행한다. 또한 펄스성 발진이기 때문에 광대역 주파수 대역을 갖는다. 거기에다 출력파형의 포락선이 전원회로의 리플로 변조되고 있기 때문에 고감도 증폭기에 침입하면 입력부에서 비선형으로 검파되어 전원회로의 리플과 같은 형태의 잡음을 발생한다. 철저한 실드와 별도의 급전라인을 필요로 한다.

(2) 방사선 기기

방사선 기기는 X선의 발생시 초고전압의 스위칭을 행하므로 전원라인으로 임펄스성 잡음을 방출한다. 따라서 충실한 전원라인 필터가 시공된 별도의 급전 라인을 사용하는 것이 좋다.

(3) MRI(NMR CT)

MRI는 강력한 정자계(최고 1.5테스라)를 이용하므로 CRT의 편향자계나 페이스메이커 등에 영향을 준다.

2. 전원라인으로 전도되는 장해요인

(1) 상용교류 유도장해(험)

일반적인 전기기기에서는 상용교류의 저주파 성분이 문제를 일으키는 경우는 매우 드문 일이다. 그러나 생체와 직접 연결하여 사용하는 ME기기는 상용교류의 주파수 성분이 생체에서 발생하는 전기신호에 중첩되어 교류장해(험)을 일으키기 쉽다.

(2) 전원라인의 임펄스 잡음

전원라인으로 침입하는 임펄스잡음은 디지틀기기의 오동작을 일으키고 또 영상진단기기 등의 화면상에 스포트성 노이즈상을 나타낸다. 이를 막기 위해서는 라인필터가 효과적이다.

3. 공간으로 복사되는 잡음

(1) 방송전파, 무선전파

생체현상 모니터, 텔레미터 모니터, 초음파 진단기 등의 고감도 계측기기에 수신되어 전자장해를 일으킨다.

(2) 텔레미터에서 사용하는 전파

무선 텔레미터에 사용하는 전파는 매우 미약하여 라디오, TV등에 영향을 주는 경우는 거의 없으나 타 텔레미터 기기에의 혼선을 일으키는 경우가 많다.

4. 정전기 장해

인체에 대전된 정전기는 방전시에 임펄스 잡음을 발생하여 기기의 오동작을 일으키거나 모니터류의 기전 동요의 원인이 된다. 특히, 최근의 ME기기에서는 입출력을 플로팅하는 추세이므로 정전기의 영향이 커지고 있다.

Ⅲ. 의료용 전기기기에서의 전자장해의 사례와 대책

전자장해를 일으키는 원인은 어떠하든지 전자장해의 증상은 대부분 고감도의 계측기 또는 페이스메이커와 같은 정밀 치료기에서 나타난다.

1. 생체현상 모니터류—심전계, 뇌파계, 근전계 등

생체에서 발생하는 전기신호는 수 μV~수 mV정도로 극히 미약하며, 주파수대역은 초저주파에서 저주파영역에 걸쳐있다(표1 참조).

표 1. 생체현상의 전기적 특성

모니터	생체현상	신호레벨	주파수
심전계	심전도	0.1~2 mV	0.05~100Hz
뇌파계	뇌 파	1~50 μV	0.5 ~ 70Hz
근전계	근전도	0.1~10mV	10~10,000Hz

따라서 이들 생체현상을 진단, 감시하기 위한 모니터류는 입력부에 고감도의 DC증폭기를 갖추고 있으며 생체에 도선으로 연결하여 사용하므로 생체에 중첩된 교류장해(험)나 전기메스 잡음의 영향을 받기 쉽다. 또 최근의 플로팅형 모니터는 정전기에 의한 기전 동요가 일어나기 쉽다. 따라서 이 경우는 정전실드의 강화와 환자의 기능접지가 효과를 발휘한다.

2. 페이스 메이커

페이스 메이커는 심박수가 비정상인 환자의 심장을 일정주기로 가격해서 정상 심박수로 복귀시키는 인공장기의 일종인데 강력 정자계나 심전도의 R파에 맑은 펄스상 잡음의 영향을 받아서 발진정지나 고정 레이트화할 수 있다. 따라서 MRI나 전기메스의 병용은 금물이다. 또한 다른 기기와 병용할 때에는 심박 리듬의 모니터가 필요하다.

3. 텔레미터 모니터

미약한 전파를 이용하는 텔레미터 모니터는 다른 강력한 전파원에서 영향을 받아 수신불량에 빠지거나 타 텔레미터 모니터와 상호간에 혼선을 일으키는 경우가 있다. 이때는 송수신용 주파수를 문제가 되는 전파원의 주파수와 다르게 해야 한다.

4. 초음파 진단기

초음파 진단기는 B모드상 또는 도플러상을 얻기 위하여 1~10MHz의 초음파를 사용하고 있어 그 주파수의 전기신호를 프로브상의 트랜스듀서에 송수신하고 있으므로 외래 전파의 영향으로 측정불능에 빠지는 수가 있다. 또한 전원라인의 임펄스 잡음으로 인하여 화상에 스포트 노이즈가 나타난다. 따라서 이 경우는 프로브의 실드와 전원라인 필터가 효과적이다. 단 전원라인 필터를 사용할 때는 Y-cap을 통하여 누설전류가 흐르게 되므로 규정치 이내로 제한해야 한다. 더러는 접지가 불안한 경우 파워라인으로 침입한 잡음성분이 프로브와 인체간의 정전결합을 통하여 누설잡음화하는 경우도 있으므로 확실한 접지가 필요하다.

Ⅳ. 기타 고려사항

ME기기의 전자장해 대책도 기본적으로는 타 전기기기(가전기기, 정보기기 등)와 같이 실드처리, 필터링, 그라운딩, 신호처리 등이 근간이 된다. 그러나 ME기기에는 다음과 같은 사항들이 추가로 고려되어야 한다.

(1) ME기기가 사용하는 전기에너지의 크기와 작동원리가 너무 광범위해서 여기에 어떤 일반적인 대책을 세우기가 어렵다. 따라서 ME기기를 몇개의 부류로 나누어 각각 별도의 기준에 따라 대책을 세워 나가야 할 것이다.

(2) 강력한 에너지를 사용하는 ME기기들이 사용되는 환경(차폐의 정도, 전원라인의 필터 정도, 접지의 충실성 정도 등)을 적절한 설비기준에 따라서 시공해 주어야 한다.

(3) 텔레미터 모니터를 밀집하여 사용하는 경우에는 각 기기간에 적절한 주파수를 할당하여 혼선을 막아야 한다.

(4) 페이스메이커 등의 고정밀치료기를 사용중인 환자에게 대전력기기를 동시 사용할 때에는 고정밀치료기의 정상 작동여부를 감시할 보조 모니터 장치를 사용해야 한다.

(5) 고감도 계측기와 대전력 기기를 병용할 때에는 고감도 계측기에의 장해혼입의 정도를 표시하는 기능이 있다면 계측정보의 신뢰성을 알 수 있어서 오진을 막을 수 있다.

(6) ME기기의 오퍼레이터는 이들 ME기기의 전자장해 양상에 대해서 충분히 숙지하고 있어야 한다.

筆 者 紹 介

明 賢 聖
1961年 4月 7日生
1982年 2月 서울대 전자공학과 졸업
1983年 7月～1989年 6月 금성사 중앙연구소, 정보기기연구소
1991年 5月 현재 (주)메디슨연구소 책임연구원