

日本生体医工学専門研究会
医療電磁環境研究会

NIHON KOHDEN

医療機関における 電源・接地に関する トラブル事例

2017年02月11日(土)
14:00-16:30
株式会社 セントラルユニ
マッシュアップスタジオ

日本光電工業株式会社
村井 義浩

2017/02/11

MEシステムの組み合わせ例 (イメージ)

NIHON KOHDEN

【対策(考え方)】

診療用の部屋

患者環境内 患者環境外

パターン 1

パターン 2

パターン 3

診療室以外の部屋

- 診療室内(患者環境内、患者環境外)、診療室外の3つに区分
- ME機器、非ME機器の組み合わせ
- 機器はICやISOなどの技術基準を満たす
- 対策: 電位差をつくらない追加保護接地、分離装置、分離変圧器

2017/02/11

NIHON KOHDEN

1. 医用電気システムの安全 基準について (旧JIS T0601-1-1)

2017/02/11

接地端子間の接続状況の
確認方法

NIHON KOHDEN

接地端子間が接地分支線で直接接続されている場合
(正しい接続状態)

両極性測る

接地センタへ

シールド内外のコンセントの接地極間又は、コンセントの接地極とシールド壁面間を計測する。

直流電圧計
数mV程度で極性を反転しても電圧はほとんど変わらない

抵抗計
数Q程度で極性を反転しても抵抗はほとんど変わらない

2017/02/11

医用電気システムの安全基準

NIHON KOHDEN

【JIS3版移行での改正点】
JIS T0601-1-1(第2版)の内容は、JIS T0601-1(第3版)の箇条16“MEシステム”に取り込まれました。

【要求事項(抜粋)】
設置後又はその後の組合せ変更を行った後、MEシステムは、受容できないリスクを生じてはならない。

注記 責任部門は、実際に使用する期間において、MEシステムの組合せ及びその変更を行った場合は、この規格の要求事項に対する評価を必要とすることに留意する。

接触電流、マルチタップの接地漏れ電流、患者漏れ電流は許容値を超えないこと。

【考え方】
例、別の部屋に機器が設置されている。

電源系統や、接地の配線系統が異なること、電位差が生じてしまう。

電位差があると、電気の流れ(ループ)が生じてしまう

2017/02/11

接地端子間の接続状況の
確認方法

NIHON KOHDEN

各接地端子が別々に接地されている場合
(誤った接続状態)

両極性測る

シールド内外のコンセントの接地極間又は、コンセントの接地極とシールド壁面間を計測する。

直流電圧計
数10mV以上で極性を反転すると異なった電圧を表示する

抵抗計
異常な抵抗値を示し極性を反転すると大きく異なった電圧を表示する

独立した接地の場合、地中の水分によって各々の接地極間に分極電圧が発生する。
一方、デジタルテスタは抵抗計測時にバイアス電流を流す事によって抵抗計測を行っている。
故に抵抗モードでは計測用のバイアス電流が地中の分極電圧によって妨害を受けるので極性によって抵抗値が変化してしまう。

2017/02/11

2. 接地漏れ電流、接触電流の (正常状態での) 主要因について

2017/02/11

3. 接地配線に関するトラブル事例

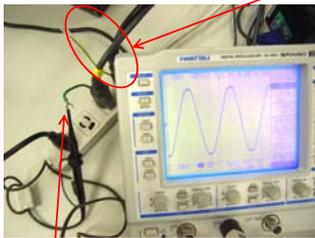
2017/02/11

接地漏れ電圧?

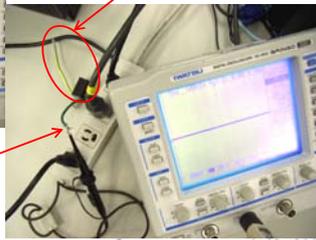
注意：造語です。規格にはありません

LCDディスプレイの電源を
3Pアダプタ経由で挿した場合

LCDディスプレイの電源を
3Pアダプタ無しで直接挿した場合



オシロスコープのプローブで
PCの接地線を触った状態



2017/02/11

(一社) 日本医療福祉設備協会発行 病院関係者のための電気設備ガイドブックより

出版物購読のご案内

ガイドライン・出版物 購読のご案内

協会では医療福祉設備に関するガイドライン・出版物を発行しています。
冊子の表紙は巻(号)と発行日となっております。
ガイドライン・出版物の詳細やお問い合わせは購入申込はこちらから。

書名	本体価格	消費税 別添付	内容詳細
病院設備設計ガイドライン(空調設備編)HEAS-02-2013	3,000円	3,240円	詳しくはこちら
病院設備設計ガイドライン(衛生設備編)HEAS-03-2011	2,800円	3,024円	詳しくはこちら
病院設備設計ガイドライン(電気設備編)HEAS-04-2011	2,800円	3,024円	詳しくはこちら
病院設備設計ガイドライン(BCP編)HEAS-05-2012	3,800円	4,104円	詳しくはこちら
シリーズ13(2009) 「施設検査の設備計画に実例」	2,400円	2,592円	詳しくはこちら
シリーズ11(2008) 「医療施設と建築-設備のインターフェース」	2,000円	2,160円	詳しくはこちら
病院関係者のための電気設備ガイドブック	1,400円	1,512円	詳しくはこちら
会誌「病院設備」	1,200円	1,296円	
会誌「病院設備」(学会予稿集)	1,900円	2,052円	

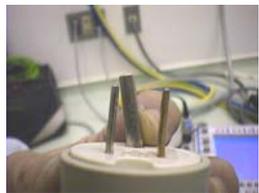
申込フォームはこちら

2017/02/11

<http://heaq.org/book/book.html>

11

もしもこんな接地端子だったら。。。



接地工事そのものが不適切な場合もありますので注意して下さい。

2017/02/11

コンセントの電圧チェック例

接地配線方式



対接地(E)の電圧を各相(N,L)共に計測する事が一番重要です。

非接地配線方式



接地配線方式のN-E誤配線を検出する機器



2017/02/11

http://www.kew-ltd.co.jp/jp/download/pdf/catalog/4500_2J.pdf

112

事例2：電源コードプラグの誤配線による地絡モニタの警報発生

NIHON KOHDEN

現象：

- 地絡モニタのデジタル表示が、勤務時間帯は12～15Vで、それ以外の時間帯は1Vの表示であった。
- プレーカー部で2.8Aの地絡電流が流れている事が判明した。

究明法：

- 聞き込み調査の結果、病棟で使用している清掃車に起因する事が判明した。
- しかしながら、この清掃車の接地漏れ電流を計測したところ22μAであり、清掃車の絶縁不良で無い事が判明した。

結果：

- 電源プラグ部でE（アース）とN（ニュートラル）が逆に接続されていた。

備考：

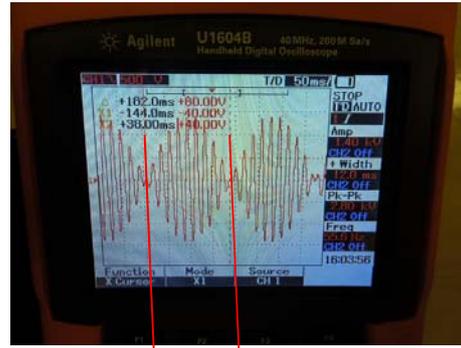
- この例では機器側の誤配線であったが、壁のコンセントの逆配線の事例もあり、その場合には何らかの負荷（機器）が接続された場合のみ、同様の現象が現れる。

2017/02/11

113

実測波形（約5Hzのうなり波形）

NIHON KOHDEN



182ms=5.5Hz

LINEとGND間の電圧をバッテリー型オシロで計測

※注意：
感電の危険がある為、AC動作オシロを用いての計測は絶対に行わないこと。

2017/02/11

116

4. 絶縁監視装置の誤警報について

NIHON KOHDEN

2017/02/11

114

公開特許等から推察した絶縁監視装置の動作原理

NIHON KOHDEN

- 絶縁監視装置は、機器に供給されるAC電源から直接漏れ出す接地漏れ電流を直接計測している訳では無い。

（正しい接地漏れ電流計測は接地線を切らないと測れないので、安全性上問題があり実質不可能）

- 各々の絶縁監視装置自身が持つ、専用の発振器からの電圧を、供給されるAC電源に重畳し、その信号の漏れから、機器の接地漏れ電流を推測している。

- 検出回路や監視周波数の選択、監視電圧（電流）の設定等に各社毎のノウハウがある。

→ 例：55Hz/50V、166Hz/12.5V、21Hz、110Hz、300Hz

- 従って、同一モデルのME機器が、あるメーカーの絶縁監視装置では誤警報を発するが、別のメーカーの絶縁監視装置では発生しないといった「相性問題」が生じる。

2017/02/11

117

絶縁監視装置の誤警報に関する考察

NIHON KOHDEN

- 近年ICUなどの非接地配線方式（アイソレーション電源系）でスイッチング電源を内蔵した医用電気機器を使用したとき、機器の接地漏れ電流は規格値以下で充分低いにもかかわらず、絶縁監視装置が誤動作し警報を発する事例がある。この原因を推定した。

2017/02/11

115

近年になり絶縁監視装置の誤動作が増えてきた原因

NIHON KOHDEN

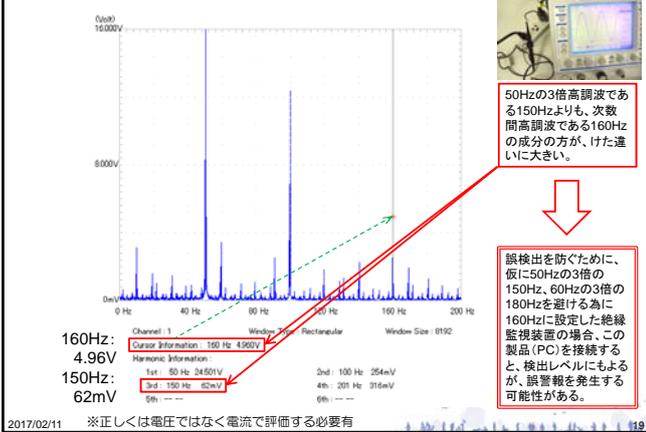
- （特に）旧式の絶縁監視装置は、近年の次数間高調波の増加に対応できないため。
→ その当時の技術では、整数倍高調波の発生は既知の事項であったが、次数間高調波の発生は未知の内容であったため。
- 医用電気機器側は、軽量化、省エネ、規格の要求等のために、電源回路の方式が高調波（特に次数間高調波）を発生しやすい方式に代わってきているため。
- さらに上記のような高調波を発生する機器が主流となり、高調波ノイズが累積的に加算するため。

「次数間高調波」とは：
電源回路がAC電圧をDC電圧に整流する際には、必ず電源周波数の整数倍の高調波を発生する。このような電源周波数の整数倍の高調波に対して、回路方式によっては、電源周波数の整数倍とは全く関係無い周波数で発生する高調波がある。これを次数間高調波と呼ぶ。

2017/02/11

118

次数間高調波の例 (イメージ)



5. まとめ

2017/02/11 22

誤警報発生時の対処法

- コンセントに接続されている医用電気機器を全て外し、警報の原因が医用電気機器にあるのか、配電設備にあるのか、原因を切り分ける。
→配電設備が原因の場合、非常に危険な状態なので、即配電設備業者に調査を依頼する。
- 誤警報なのか、それとも本当に医用電気機器に不具合が発生しているのかは、**JIS T 0601-1の計測法で測定すれば、即判断できる。** (絶縁監視装置の計測値はあくまでも推定法です)
→医用電気機器の不具合であれば、即使用を中止し、メーカーに修理を依頼する。
もし、誤警報なのであれば、絶縁監視装置メーカーに相談する。(監視周波数を微妙にずらす等)
但し、監視装置が旧式の為、製品を入れ替えない限り対処不可能な場合も想定される。

2017/02/11 20

まとめ

- <医用電気システムの安全基準について>
 - 複数の医療機器を接続する場合には、必ずJIS T0601-1の箇条16“MEシステム”及び附属書表1.1に述べられている接続方法を守ること。
 - 接地端子間の接続状況の確認時には、必ず抵抗計と電圧計の両方のモードで測定し、且つテストリード線の赤黒を交互に入れ替えて測定を行うこと。
 - 極性を入れ替えた場合に、互いの指示値が異なる場合には、その接地間が正しく等電位化されていない可能性が高い。
- <接地漏れ電流、接触電流の主要因について>
 - EMC対策用のフィルタ回路が漏れ電流の主要因である場合が多い。
 - クラス I 機器の接地を外した場合、筐体に電源電圧の約1/2の電圧が現れる事がある。
 - 接地を取らないと安全性の問題の他にハム等が乗りやすくなるので、必ず接地を取る。
- <接地配線に関するトラブル事例>
 - 医用電気機器の不具合原因が、実は全く違う製品が関与している場合がある。
 - 特に接地配線に関する問題は、最悪院内全体に波及するので、良く注意を払うこと。

2017/02/11 23

誤警報発生時の対処法

- 一般に医用電気機器そのものが故障している場合は少なく、電源ケーブルの被覆の損傷や、挿しっぱなしの電源プラグへの埃の蓄積によるトラッキング現象、マルチタップ内への薬液浸入による腐食、漏電等の場合が多いので、調査の際には該当ケーブルも含めて調査を行い、その後原因を切り分ける。
- MEシステム製品の場合、相互接続ケーブル(例えばVGAケーブル、USBケーブル等)を介してアースが互いに接続するため、発生源の機器を取り違える恐れがある。
従って各々の製品を単体動作させる事により原因を切り分ける。
- 誤警報であるが、どうしても一時的に回避したい場合には、市販のアイソレーショントランスを、電源ラインに追加すると改善する場合がある。
- 一時的に2P変換プラグや、アース端子を折ったケーブルで接続する等の対処は、安全性上問題であるので絶対に行わない事。

2017/02/11 21

まとめ

- <絶縁監視装置の誤警報について>
 - 絶縁監視装置は、動作方式によっては生体計測波形へノイズ混入する場合がある。
 - 絶縁監視装置は、動作原理的に誤警報が発生する可能性がある。
 - 誤警報は機器の相性により発生する為、事前の推測は困難である。
 - **◎誤警報か否かの切り分けの鍵は、JIS T 0601-1の漏れ電流計測法への正しい理解。**
 - 警報の原因を、設備、機器、マルチタップ等の備品と切り分けて判断する事が重要。
 - 誤警報への一時的な対策には、アイソレーショントランスが有効な場合がある。
 - 誤警報への恒久的な対策は、絶縁監視装置メーカーに相談する。
 - **接地線を外すことにより警報を止めるのは、安全性上問題となるので絶対に行わないこと。**

2017/02/11 24