

電動ベッド用電装品の開発

安田 徹^{※1}
Toru Yasuda

Development of Electric Driving System for Electrically Operated Bed

1. まえがき

当社は1994年以来パラマウントベッド(株)殿向けの電動ベッド用駆動制御装置(以下、ベッド用電装品)を開発・製造してきた。開発当初から現在に至るまで種々の改良を加え、ベッド用電装品は当社の主力製品に成長してきた。本稿では電動ベッドの概要とベッド用電装品の開発などについて紹介する。

2. 電動ベッドの概要

2.1 電動ベッドの用途

パラマウントベッド(株)殿が販売している電動ベッドは大別して介護用と施設用の2種類があり、介護用は主に一般家庭で介護支援に用いられ、施設用は老人養護施設や病院での治療に用いられる。

2.2 電動ベッドの基本構成

電動ベッドの外観を図1に、電動ベッドの基本構成を図2に示す。電動ベッドは寝台、フレーム、リンク機構からなるベッド本体と可動機構を電動で駆動するベッド用電装品とで構成されている。更に電装品は駆動部と制御部と操作スイッチ部で構成されている。以下では電動ベッドを構成する主要要素について説明する。

① 本体

本体は寝台部とフレーム部とリンク部で構成されている。必要な強度や耐久性を得るため材料は主に鋼材で、溶接、またはねじ止めにより接合されてきたが、近年は姿勢を柔軟に調整するため、リンクを分割した構造とし、樹脂成形品の使用も多くなってきた。

② 駆動部

駆動部はリンク機構を駆動し、背角度、膝角度、高さを電動で動かすものであり、各リンク機構毎に各々設けられる。

③ 制御部

制御部は操作スイッチ部からの指令により複数の駆動部を一台で制御する働きを持つ部分である。

④ 操作スイッチ部

操作スイッチ部は、電動ベッドの背角度、膝角度、高さを操作するためのリモコンスイッチである。ここから制御部に動作指令が出る。

※1 機器事業部 設計1G



図1 電動ベッドの外観

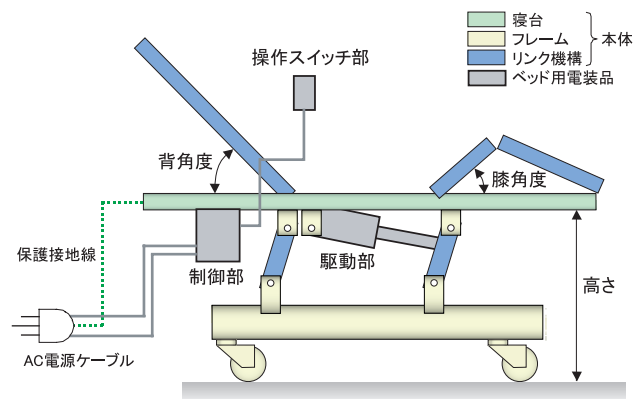


図2 電動ベッドの基本構成

⑤ 付属品(図2には未記載)

その他の付属品として看護者が電動ベッドを操作するためのナースパネルや患者の体重を測定するデジタルスケールなどがある。

2.3 電動ベッドの基本機能

電動ベッドの基本機能には、患者の姿勢を調節する機能(以下、姿勢調節機能)、患者を搬送する機能(以下、搬送機能)、ベッドの動作状態を通知する機能(以下、状態表示機能)がある。搬送機能については説明を省略し、姿勢調節機能と状態表示機能について紹介する。

① 姿勢調節機能

患者の姿勢、つまり背の角度、膝の角度や高さ(床高)を電動で変える機能で、患者および看護者の肉体的な負担を軽減する。また、施設用では、停電時に背角度、膝角度を平らにする機能がある。

② 状態表示機能

背角度、膝角度、高さ、各種設定情報、異常、故障内容の表示を行う。

3. ベッド用電装品

以下では、基本的な構成要素の概要と開発経緯について述べる。

3.1 駆動部

駆動部は直線状の力を発生して、ベッドの各リンク機構を動作させるものである。駆動部の外観図を図3に、構造図を図4に示す。

以下では駆動部の構成と主な仕様を説明する。

① 構成

モータで発生した回転トルクをウォームギヤで減速し、ベベルギヤで軸の方向を変え、ねじシャフトを回転させ、駆動ロッドに固定したナットを介して駆動ロッドに推力を発生する機構とした。また変換効率をあげるため、推力を発生する方向にはブレーキ力が働かないようにワンウェイクラッチを採用した。更にブレーキは荷重に応じて制動力が増すような平面对向型のブレーキを採用した。外形は多機種ベッドへ適用しやすい形状とするため、ほぼ一直線でシンメトリな形状とした。更に、静音化を実現するため、これらの要素で発生する振動がケースに伝達されないように独自の振動絶縁構造を設けている。また、位置検出のためのポジションセンサを内蔵している。

② 定格推力

背、膝角度調節用駆動部の定格推力は3,000N、高さ調節用は5,000N、低床タイプの高さ調節用は7,000Nである。

③ 定格速度

定格速度は5mm/sであるが、ベッドの機能に応じて調整している。背角度調節用では8mm/sの高速動作にも対応している。

④ ストローク

本体の機構に合わせ、60～250mmとなっている。

3.2 制御部

制御部は駆動電源、制御電源、電圧調整部、駆動部選択部および制御回路で構成される。制御部のブロック図を図5に示す。

以下では制御部の構成と各要素の機能を説明する。

① 駆動電源

駆動部への電力を供給する電源で、連続定格出力は150W、始動時には短時間で250Wの電力を供給する能力を持つ。また、安全性への配慮から絶縁は2重絶縁構造としており、同時に出力電圧は安全電圧(介護用では42V未満、施設用では60V未満)としている。更に電源回路は小型、低損失実現のため2石式のコンバータを採用している。

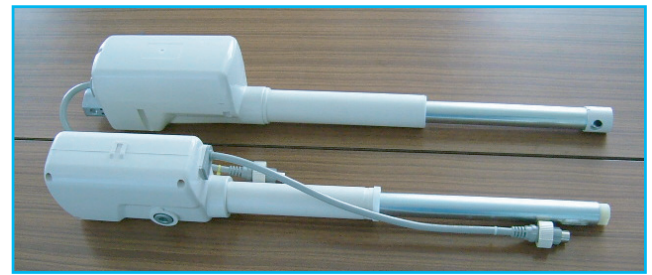


図3 駆動部の外観図

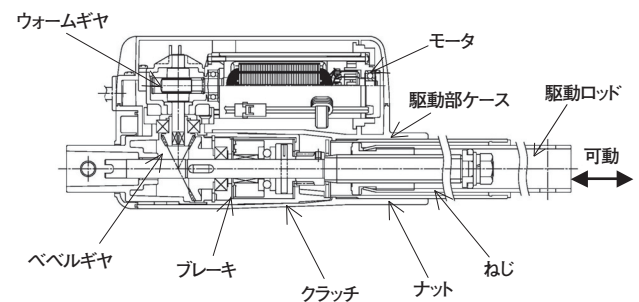


図4 駆動部の構造図

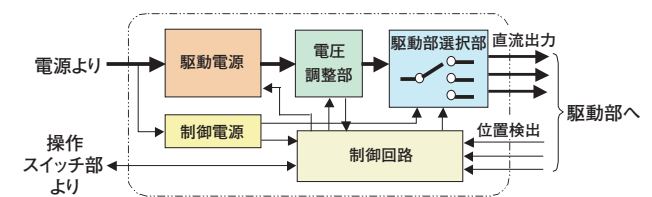


図5 制御部のブロック図

② 制御電源

制御部内の制御用電力を供給する電源で、待機時消費電力を削減するため、間欠スイッチング方式のコンバータを採用している。

③ 電圧調整部

駆動電源の出力を制御回路からの信号により電圧調節し、駆動部選択部に送出する。

④ 駆動部選択部

1台の制御部で複数の駆動部を制御するため、リレー回路により制御対象となる駆動部を選択する。

⑤ 制御回路

操作スイッチ部から送出された動作指令によって駆動部を選択する。駆動部のモータの速度起電力制御により、動作速度を調節する。この際、負荷電流を監視し、モータ抵抗による電圧降下を補正し、電流に依らず、速度起電力制御ができるようにしている。また、駆動部から得られる背角度、膝角度、高さの位置情報を信号に変換して操作スイッチ部へ送出している。

3.3 操作スイッチ部

操作スイッチ部は各操作ボタンからの動作指令を制御部に送出する一方、制御部からの情報を受け、ベッドの動作状態を操作者に通知するものである。操作スイッチの外形図を図6に示す。

以下に操作スイッチ部の構造と主な機能について説明する。

① 構造

操作ボタンは常に操作されるため、軽い操作力で動作し、耐久性の高いものが要求される。このため導電ゴムを貼ったシリコンラバーとカーボンパターンを施した基板を組み合わせている。大きさや形状については看護師などへのアンケートや身体障害者機器設計のガイドラインを参考にし、本体の持ち易さを考慮しながらも、ボタンの操作性を損なわないように配慮した。

② 主な動作

・動作指令の送出

当初は単にスイッチを組み合わせた回路構成で、接点信号を送出するのみであったが、近年は多機能化に対応するため、シリアル通信技術を応用した信号を送出している。

・状態表示機能

操作者にベッドの動作状態を通知する機能で、背角度、膝角度、高さ(床高)を数値表示し、また動作部位を示す図形を点滅表示する。更に、異常、故障を検知した際は記号を用いて異常内容も表示する。

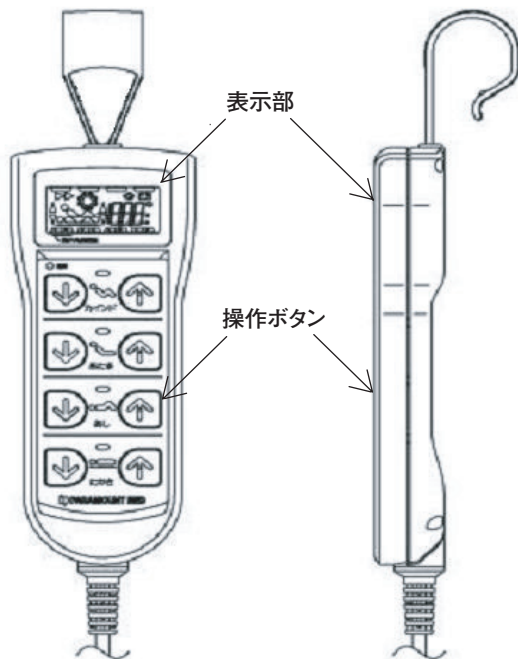


図6 操作スイッチ部の外形図

4. ベッド用電装品の試験と改善例

ベッドに使用される素材などの違いにより、同じ電装品を使用してもベッドとの電氣的結合状況が変わる。また、ベッドの用途により適用規格が異なるので、開発にあたっては電装品のみでなく、各電動ベッドと組合せた試験が必要である。

以下では主な適用規格、試験の例、試験評価による改善例を紹介する。

4.1 主な適用規格

① 安全規格

介護用ベッドでは「家庭用及び類似用途の電気機器-安全性-第1部:一般要求事項」IEC60335-1に準拠して開発を進めている。

一方、施設用ベッドでは1996年に医療ベッド用の個別規格「医用電気機器-第2部 病院用電動ベッドの安全に関する一般要求事項」IEC60601-2-38が制定されたので、それに準拠している。今後は介護用ベッド、施設用ベッドの両方に対応する「医用電気機器-第2部 病院用電動ベッドの安全に関する一般要求事項」IEC60601-2-52へ移行しつつある。

② EMS規格

ノイズに対するイミュニティ規格(放射性ノイズ、伝導性ノイズ)は「電磁両立性(EMC)-第3,4部」IEC61000-3,4で規定された項目を適用している。

③ EMI規格

介護用ベッド、施設用ベッドの両方に対応するため「産業、科学及び医療(ISM)用無線周波機器-電磁妨害特性-限度値及び測定方法」CISPR11、「家庭用電気機器、電動工具及び類似装置に対する要求事項-第1部:エミッション」CISPR14-1に準拠し、雑音端子電圧、雑音電力、放射雑音電界強度の3つの試験を実施し、規制値をクリアしてきた。

④ 防塵、防水性

塵埃や水に対する構造には国際規格「エンクロージャによる国際保護等級(IPコード)」IEC60529を適用し、標準タイプには生活防水程度であるIP44を、防水タイプでは加圧水流に対する耐性を有するIP66を適用している。

⑤ その他

施設用ベッドには治療目的のものがあり、それは薬事法にも該当するので、そちらの動向や要求にも逐次対応している。

4.2 試験の例

① 耐洗浄性の試験

実際のベッド洗浄には70℃程度に加熱された洗浄液が使用されるため、耐性は実際に洗浄装置を用いて試験される。

② EMS耐性およびEMIの試験

ベッドの適用規格に合わせて、通常、機種毎にEMSおよびEMI評価を実施している。

4.3 試験評価による改善例

試験結果が規格を満たさない場合は改善が必要となる。

以下には伝導ノイズ対策の一事例を示す。

① 対策前の測定結果

対策前の測定結果(ピーク値)を図7に示す。雑音端子電圧のピーク周波数は4.6MHzで、その準尖頭値は58dB μ Vとなり、許容値(56dB μ V)を超えてしまった。サーチコイルなどを使用した伝導メカニズム調査の結果、速度調整部からのノイズ電流が浮遊容量を介して接地線に流れていることがわかった。対策として、接地線にフェライトコアを挿入し、低減することにした。

② 対策後の測定結果

対策後の測定結果(ピーク値)を図8に示す。問題となった4.6MHz近傍の準尖頭値は、42dB μ Vまで減少し、CISPR 11の許容値を満足した。

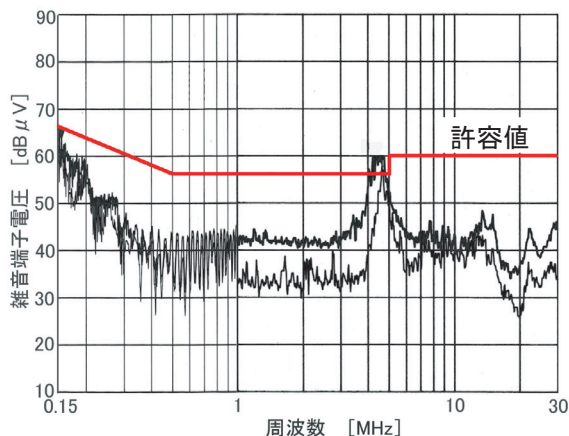


図7 対策前の実測結果(ピーク値)

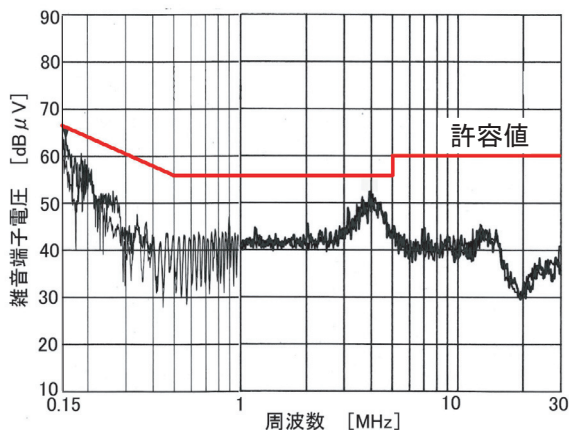


図8 対策後の実測結果(ピーク値)

5.今後の技術改良、事業展開

ベッド用電装品は電動ベッドの進歩とともに改良、改善を図っていく。また、今後は下記に示すような技術改良や事業展開をしていく。

5.1 技術改良

① 共振電源の開発

防水仕様の要求から、制御部は密閉された樹脂ケースに収納された構造となっている。このため大きな放熱性能は得られないので、駆動電源の効率を上げるため2石式のコンバータを採用してきた。これからも更に損失の小さい共振技術を適用した電源の開発を進める。

② モータの小型化

実機への取り付けに関する制約を最小限にするため、最適な形状を考慮したモータの開発を進める。

③ 減速機構/ブレーキ機構の改良

コスト競争力をあげるため減速機能の簡素化を図ると同時に高推力、高支持力を実現するため、減速機構、ブレーキ機構の改良、開発を進める。

④ EMC評価技術の向上

携帯電話等の急速な普及に対応するため、規格動向を逐次把握して評価項目や試験方法を見直す。また試験の再現性を上げるため、環境整備や標準化など評価技術の向上に努める。

5.2 事業展開

① シリーズ化

特殊用途ベッド用として高推力化の要求があり、また高速度動作も求められているので、強度をあげた構造と制動能力を確保するブレーキの開発を進める。

② 標準化

生産性の向上と多機種への対応を両立するため、部品のモジュール化を強力に進める。

6.あしがき

本稿では、電動ベッドおよびベッド用電装品の概要について報告した。今後とも安全性、操作性、利便性を向上させるため、機能の合理化、技術力の向上を図っていく。また、内外の製造拠点を整備して、顧客の市場拡大を支援する。

最後に、製品の開発、量産にあたり、多大なご指導・ご協力をいただいたパラマウントベッド(株)生産本部殿をはじめ、関係各位の方々に厚くお礼申し上げる次第である。