



高輝度コントロールユニットの開発

Development of Super Bright Control Units

田 辺 伸 一^{*1)}
Shinichi Tanabe

松 本 敦^{*2)}

井 上 健 二^{*3)}
Atsushi Matsumoto

山 本 晃^{*4)}
Kenji Inoue

Akira Yamamoto

山 野 雅 丈^{*5)}
Masatake Yamano

境 井 貴 行^{*6)}
Takayuki Sakai

三 輪 高 仁^{*7)}
Takahito Miwa
要 旨

石 井 崇^{*8)}
Takashi Ishii

松 本 吉 弘^{*9)}
Yoshihiro Matsumoto

表示機能を有するコントロールユニットの役割とは、機械の状態や操作者への行動表示を瞬時にしかも確実に伝達し、人と機械の最適環境を創造することである。しかし、表示技術においては従来の LED デバイス技術では輝度（明るさ）および色彩の明確化において十分なものとは言えない面もあるため、操作者側で時には判断が遅れたり、誤った判断をしてしまったりする可能性もあった。しかし、別稿の「安全性の向上並びに省エネルギー化を実現する高輝度・多色LED 表示技術の開発」で述べたような新しい高輝度 LED デバイス技術を採用することで、従来品より大幅な視認性および安全性の向上と同時に省エネルギー化を実現させた新しいコントロールユニットの実現が可能となった。

本稿では、新しく開発した超高輝度表示灯およびスーパー LED 球搭載角胴形コントロールユニットを紹介しながら、視認性および省エネルギー化の向上について報告するとともに、HMI におけるもう一つの柱である使い易さと安全性の追求についても報告する。

Abstract

Illuminated control units have a role to inform the operator of the machine status and instruct operation instantly and securely. Using the bright LED device technology reported in “Development of high brightness, multi-color LED display technology to improve safety and save energy,” new control units could be developed to increase visibility and safety, saving energy.

This paper introduces the newly developed ultra-bright pilot lights and rectangular-body control units featuring super LED lamps, and reports the increased visibility and reduced energy requirement. Another important theme of HMI, easy operation and safety, is also described.



NewSLD/MC シリーズ代表機種

Representative models of the new SLD/MC series

1. はじめに

FA (Factory Automation) 分野においては「人と機械の最適環境を創造」するため、様々なコントロールユニットが投入されてきた。コントロールユニットの重要な役割は、人と機械の間の情報コミュニケーションを確実につスピーディに行うことであり、さらに近年、急激に意識が高まっている安全性向上および省資源化への配慮も欠かすことができない要素である。

そのような状況の中、表示技術面においては新しい高輝度 LED デバイス技術が確立され、最適な表示を実現できる技術環境が整ってきた。

そこで今回、発光効率の高い4元素や窒化ガリウム系の高性能 LED (以後、スーパーLED と呼称する) を採用した角形表示灯「NewSLD シリーズ」および、従来より MCM として親しまれているマイクロコマンドコントロールライトのフルモデルチェンジを実施し、スーパーLED 球を用いた「MC シリーズ」を開発したので、表示技術面を中心に製品の使い易さなど特徴面を含めて報告する。

本稿では以下「NewSLD/MC シリーズ」を紹介しながら報告していくが、本論に入る前にそれぞれのシリーズについての製品概要に触れておく。

【NewSLD シリーズ】

SLD シリーズは日本で初めて DIN(Deutsches Institut für Normung) サイズ思想を取り入れ、集合密着取付を可能とした角形表示灯である。

DIN サイズとは DIN43700 で規格化されたサイズのことと基本サイズは 24mm 系と 36mm 系があり、この数値の整数倍によって外形サイズを決定するものである[1]。これにより、パネルに取り付けられるあらゆる機器とのデザインの整合性を図ることができる[2]。

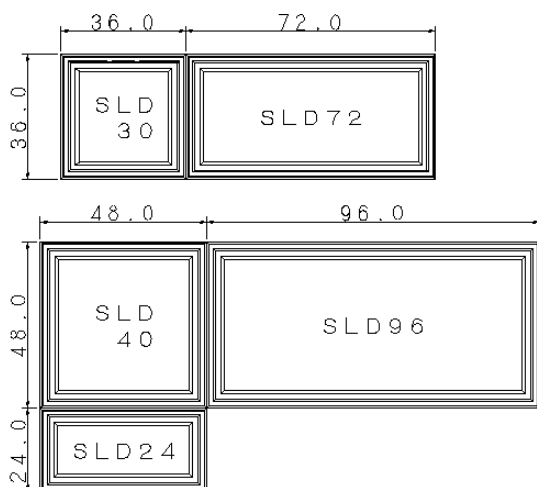


図1 SLD シリーズフランジサイズ

Fig. 1 SLD flange sizes

【MC シリーズ】

施設制御室やコントロール制御盤など多くの分野で使用されている MCM シリーズの継承商品で、従来の仕様に New コンセプトデザインを取り入れた角胴形コントロールユニットである。

照光部は口金形状 SX6S/8(JIS 7709)の汎用 LED 球を組み込む仕様で、操作感にファインタッチを有する照光押ボタンスイッチである。

2. 現状品の課題

現在の照光式コントロールユニットの改良に取り組む課題として、「視認性向上」「省エネルギー化」「使い易さ」「安全性」があり、以下それぞれ具体的に説明する。まず「視認性向上」については、視認性と言っても輝度や色彩の明確化および視野角改善が挙げられるが、ここでは輝度と色彩の明確化について説明する。

明るい環境下で表示灯を設置した場合に、輝度の不足によって点灯確認が困難な場合がある。そのような場合、判断が遅れたり、場合によっては誤った判断を下して、人や機械に対して損傷を与えてしまうという問題が発生する場合がある。

また、色彩の明確化についても同じで、別の照光色でありながら色目が近いため誤った判断を下してしまうということがある。そのための対策として使用する照光色を絞り込むという手段が取られるが、これでは表示内容が制限され使い勝手の悪い表示灯となってしまう。

表示色に関しては IEC60073 および IEC60204-1 で、非常事態は赤色、正常・安全状態は緑というように定義されている[3][4]。詳細については、別稿の「安全性の向上並びに省エネルギー化を実現する高輝度・多色 LED 表示技術の開発」で述べているので参照されたい。

二つめの課題として「省エネルギー化」がある。今、ISO14000 の普及に基づいて地球環境への配慮が世界的流れとして大きく叫ばれている。したがって、省資源や省電力商品の開発およびそのような商品の選択は大きな流れとして定着してきている。同時にこれは以前から当社の開発思想としてきた、「省と安全」という考えに合致するものでもある。

三つめの課題として「使い易さ」であるが、特に工数ウエイトが大きい配線性やメンテナンス性の向上への要求が大きい。

四つめの課題である「安全」であるが、大きく分けて人に対する安全と機械や回路に対する安全に大別できる。表示灯における人に対する安全とは、感電防止が重要であり、機械や回路に対しては表示灯自体もしくは間接的原因での配線回路の短絡がある。ただ国内における安全に対する認識は、欧州と比較すると遅れていると言わざ

るをえない状況である。

では、以上述べてきた課題に対してどのような対策が NewSLD/MC シリーズに実施されているかを説明する。

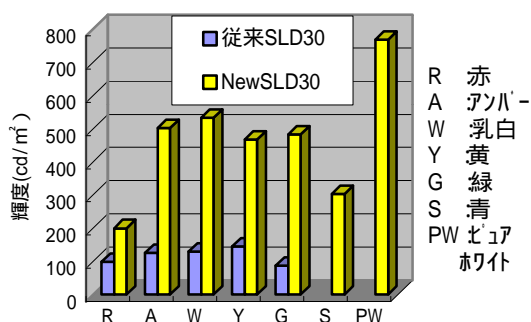
3．視認性の向上と省エネルギー化

3．1 視認性の向上

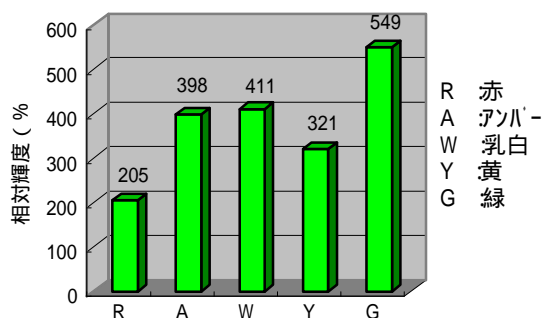
視認性の向上のためには輝度および色彩の明確化が必要であり、以下にその対策を説明する。なお、新色として追加した青色、ピュアホワイトについては後述する。

輝度を向上させる手段としては、電流値を上げる、LED 素子数を増やす、発光効率の高い（明るい）素子を使用するという方法があるが、今回はスーパーLED を搭載するという方法を採用した。これは新しいデバイス技術が確立したことにより実現したものである。

実際にどれだけ輝度が向上したか NewSLD30 を例に、従来の SLD30 と比較したものを図 2 に示す。各色の輝度は約 2～5.5 倍と大幅に向上されており、視認性も改善されている。なお、使用している LED 素子数は NewSLD で 1/2～1/3 に、MC で 1/3～1/6 に削減しているにもかかわらず、消費電流は従来品に比べ 1/2 に、MC で 1/3～1/6 に削減している。



(b) 従来品との輝度比較



(a) 従来品を 100 とした時の輝度比

図 2 従来 SLD30 と NewSLD30 輝度比較

Fig. 2 Brightness of the current and new SLD30s

一方色彩の明確化についてであるが、色彩の明確化を実現するために、スーパーLED が重要な役割を果たしている。

改善された色度の関係を図 3 に示す。特に注目すべき点は緑色であるが、従来品では緑色発光波長（565nm）と黄色発光波長（570nm）が近かったので識別が明確でなかったが、NewSLD/MC シリーズでは緑色発光波長を 530nm、そして黄色発光波長を 576nm としたことにより色彩の識別がより明確になっていることが確認できる。

次に視認性向上のため、NewSLD/MC シリーズにおいて新色として追加した青色とピュアホワイト色について述べる。

まず青色は、従来白熱球としてのみラインナップしていた。これは、青色 LED 自体が価格面で高価であったこともあるが、輝度面で実用レベルに達していなかったためである。近年、輝度の改良をはじめとする技術的進歩と価格が下がり実用化の見極めがつき、今回青色を新色として標準追加した。

また、ピュアホワイトだが、これは文字どおり真の白色発光（蛍光灯に近い）で原理は別稿の「安全性の向上並びに省エネルギー化を実現する高輝度・多色LED 表示技術の開発」で述べたラムダコンバータ技術を採用し、図 2, 3 に示すように輝度と色度は理想的な特性が得られている。これにより完全な乳白色発光が実現でき、白色が欲しいという要求への対処が可能となった。

このように、LED での表示バリエーションが拡充され、IEC60073 および IEC60204-1 に規定されている表示灯の色による意味定義を完全に満足できる。

3．2 省エネルギー化

前項で述べたように省エネルギー化は ISO14000 で要求されている地球環境の保護、資源の有効利用というグローバルな社会的潮流およびランニングコスト低減という観点からも重要な要素である。

照光部仕様面で省エネルギー化を実現させる手段としては、消費電流値を下げるしかない。だが単に消費電流値を下げただけでは、当然のことながら輝度も落ちてしまう。これを解決するため、スーパーLED が重要な役割を果たしている。緑色の場合、このスーパーLED の発光効率は従来の LED 素子よりも 10 倍以上高い値が得られるため、消費電流値を半分に下げても従来の LED 素子と同等以上の輝度が得られる。NewSLD30（24V）を代表例としてみると、消費電流値は従来 20mA であったが、スーパーLED を採用することにより、10mA に下げている。なお、参考のため SLD30（24V）の従来回路と新回路を図 4 に示す。

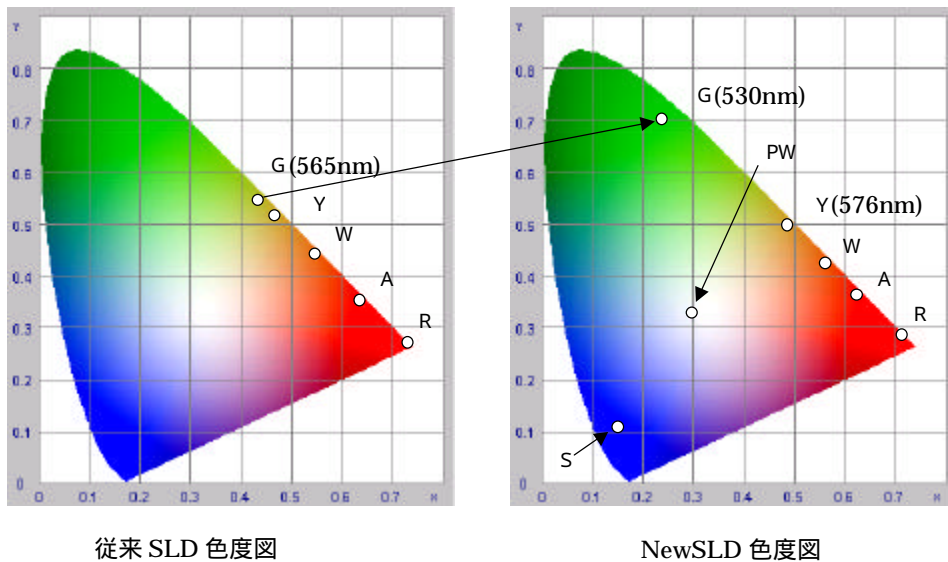


図 3 発光色の色度図上での分布
Fig. 3 Illumination colors on the chromaticity diagrams

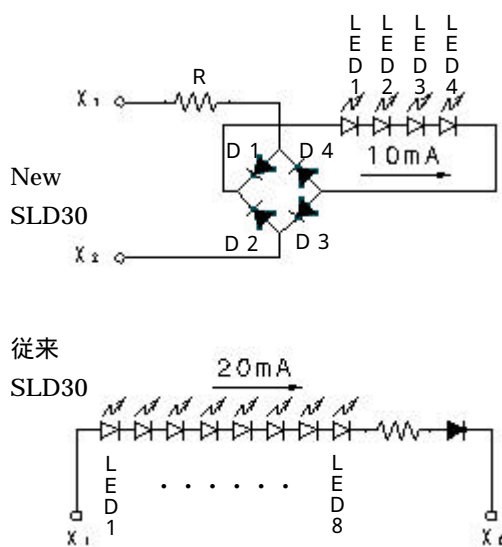


図 4 SLD30 回路図
Fig. 4 SLD30 circuit diagram

輝度と省エネルギー化を個々に考察してきたが、今まで説明してきたように消費電力を上げれば輝度も上がる。そこで、従来品との比較を次式で示す性能指数で行ってみる。

$$\text{性能指数 } F = \frac{\text{輝度 } B (\text{cd/m}^2)}{\text{消費電力 } W (\text{W})}$$

NewSLD30 緑色の輝度と消費電力の関係を、従来 SLD30 と比較して図 5 に示す。性能指数は従来品に比べ 11 倍以上であり、表示灯として非常に高い性能を有していることがわかる。

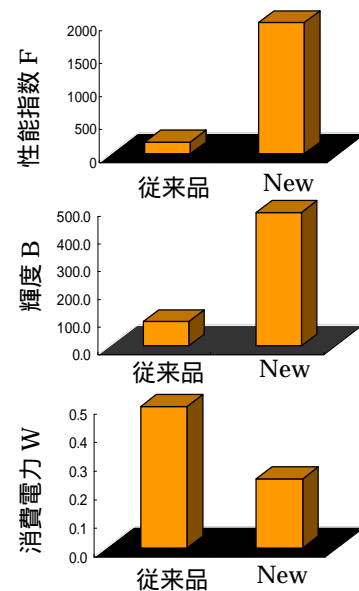


図 5 消費電力 - 輝度グラフ
SLD30 照光色：緑
Fig. 5 Power consumption, brightness, and performance comparisons
SLD30, illumination color: Green

4. 使い易さ & 安全性

4.1 NewSLD について

NewSLD では使い易さと安全性を考慮して、

- ・SS (Save & Safety) 端子構造
- ・記名フィルム対応構造
- ・分割照光タイプの LED 分離構造

を採用した。そこで、これらの構造の特徴を以下に説明する。

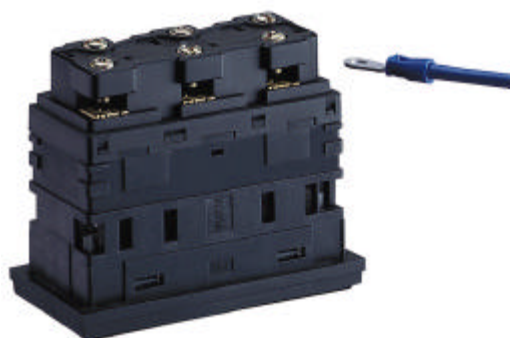


図6 SS (Save & Safety) 端子
Fig. 6 Finger-safe spring-up terminal

4. 1. 1 SS 端子構造

SS 端子の外観を図6に示すがその利点は、配線作業性(使い易さ)、端子カバー一体構造(安全性)、ねじ脱落防止構造(使い易さ・安全性)が挙げられる。

SS 端子構造による配線作業性(使い易さ)について

端子ねじを緩めた時、ねじはアップ状態で保持され配線待機状態となるため、丸形圧着端子を使用して配線する場合に配線作業工数の大幅な削減が実現できる。

端子カバー一体構造(安全性)

本体と端子カバー部が一体部品で形成されており、不用意に端子カバー部が外れることはない。従来品は脱着可能な感電防止カバーを使用していたが、フィンガープロテクト構造の準拠規格 VDE0106 Part 100 の要求事項が完全に満たされていなかった[5]。

ねじ脱落防止構造(使い易さ・安全性)

SS 端子では、端子ねじを緩めた時アップ状態で保持されているので、脱落によるねじ紛失の恐れは発生しない。したがって、脱落したねじが設備や機械に混入して短絡事故が発生することもなく、配線の作業性と安全性の両面から非常に効果のあるものとなっている[6]。図7にSS端子構造図を示す。

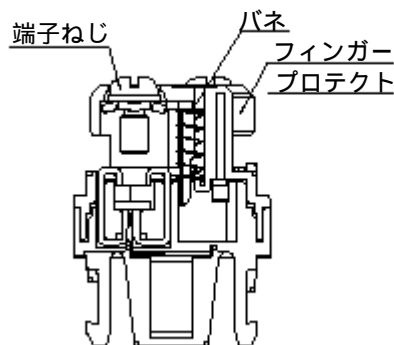


図7 SS 端子ダイレクトユニット構造
Fig. 7 Structure of the direct unit

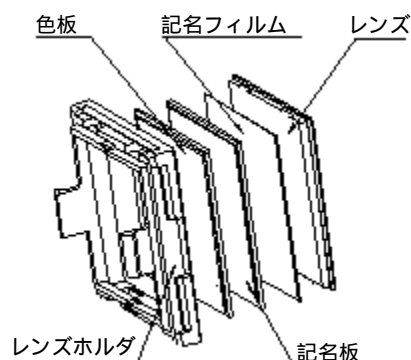


図8 記名フィルム挿入状態
Fig. 8 Insertion order of the marking film

4. 1. 2 記名フィルム対応構造

従来品の記名表示は記名板への彫刻で対応していた。しかし、これでは記名作業の時間と費用が大幅にかかってしまい、予定外の変更にも即対応できなかった。

そこで今回、図8に示す記名フィルム対応構造の採用によって上記問題が改善できた。なお、従来通り記名板への彫刻も可能である。

4. 1. 3 分割照光のLEDユニット分離構造

NewSLD の分割照光タイプ(2分割・3分割)では、分割照光面ごとに独立したLEDユニットを採用した。これにより、ユーザー側での色配置変更が可能となり、使い勝手の良いものとなった(図9参照)。

また、従来はシリーズごとにLEDユニットが異なっていたが、今回シリーズ間で共用化を図ったことにより、SLD30/44/72/48 で形状、電圧、色別を含め従来 464 種類存在するLEDユニットをNewSLDでは55種類に削減することができ、納期の短縮にもつながる効果が得られた。



図9 LEDユニット分離構造
Fig. 9 Detachable LED unit

4.2 MCシリーズについて

4.2.1 操作部とコンタクト部の分離構造

丸穴取付コントロールユニットでは、パネルへの取付の簡素化とメンテナンスの関係から、操作部とコンタクト部を分離するスイッチが商品化されているが、角胴形コントロールユニットでは、スイッチ部全体をパネル前面から挿入し取付用板パネにてワンタッチで固定するため、あえて分離構造を採用するメリットが無いと考えられてきた。しかし、ユーザーリサーチの結果、分離構造採用による省工数や省配線には効果が非常に大きいと判断したため、今回 MC シリーズに角胴形コントロールユニットとしては業界初の分離構造を導入した。この構造の特徴について説明する。

一つは、パネル完成後のレイアウト変更が非常に容易に実現できることである。製作されたパネルの試運転で、オペレータより以前から使い慣れたパネルの操作性を新規設備にも要求されることが多く、レイアウト変更が必要となる。その場合、従来の一体型構造での作業手順は、対象となるスイッチの端子に半田付けされた電線を外す。

スイッチをパネル前面より取り外す。

取り出したスイッチを変更位置へ取り付け。

電線を外した元のスイッチに半田付けする。

と、電線の取り外しや取り付け時の作業するスペースは操作パネル盤内で狭く手間がかかり、電線取り付け時の誤配線の心配もある。また、海外では使用電圧も異なり、はんだごての準備も必要である。

ところが操作部とコンタクト部を分離構造にすれば、次の手順で変更が可能である。

取り付けてあるスイッチの嵌合部ロックレバー解除し、コンタクト部を分離する。

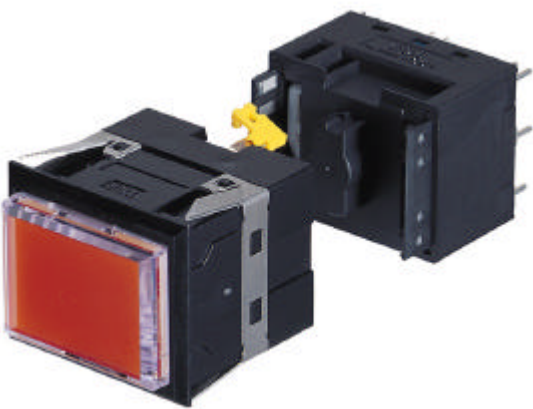


図 10 MCシリーズの分離構造

Fig. 10 Separate contact blocks of the MC series



図 11 ワンボードユニット

Fig. 11 Control units mounted on a PC board

操作部のみパネル前面より取り外す。

変更位置へ操作部を取り付ける。

パネル裏面よりコンタクト部を取り付け、ロックレバーでロックする。

この作業では、半田付け作業やそれに伴う誤配線の心配もなく、変更時間は従来とは比べるまでもなく大幅に短縮される。

もう一つは、スイッチの基板配線によるワンボード化を容易に実現できるメリットがある。ワンボード化することにより、複数のスイッチをまとめてコネクタでワンタッチ配線接続でき、誤配線の防止効果も大きい。省配線と省工数、および信頼性の向上には不可欠な技術である。実際、当社で商品化している丸穴取付コントロールユニット (L6 / H6 / LW シリーズ) でもワンボード化の容易性についてユーザーより大きな反響を得ている。

従来の角胴形コントロールユニットでも基板配線は可能であったが、プリント基板用ソケットを基板へ半田付けし、パネルに取り付けたスイッチの端子に差し込む方法であった。これでは数個のスイッチへソケットを同時に差し込む必要があるため相当な挿入力を要し、取付時のパネル奥行き寸法も長くなってしまった。

しかし、MC シリーズでは分離構造にしたことで、コンタクト部を直接基板へ半田付けしたワンボードユニット (例、図 11) をパネル前面から挿入して、ワンタッチで取り付けが可能となる。メンテナンスなどで操作部を交換する場合は、各スイッチのロックレバーを解除すれば容易にコンタクト部 (基板部) が分離し操作部が交換できる。また、プリント基板用ソケットがないので取付時のパネル奥行き寸法は増大しない。

このワンボードユニットの 2 点タイプ・3 点タイプを標準化しておけば、それらを組み合わせることにより各種のレイアウトでのコネクタ配線にも対応可能である。

4.2.2 スナップアクション動作

従来の角胴形コントロールユニットは、操作感覚をより良くするためにクリック感のある反転機構を内蔵していた。しかし、この反転機構にはボタン操作したときの操作力を一旦反転機構部を動作させ、その反転動作でマイクロスイッチを間接的に動作させる構造であった。

MC シリーズでは信頼性能を重視し、ボタンの操作力で直接マイクロスイッチを操作する構造に改良した。図 12 の構造図で示すようにレンズ レンズホルダ 押圧片 操作プレート

操作プレート マイクロスイッチと操作力が直接伝わっていく構造となっている。なお、操作感をだすためスナップアクション動作はコンタクト部のスナップアクション片とバネの構成にて対応している。参考に図 13 に操作荷重と動作ストロークの関係を示す。

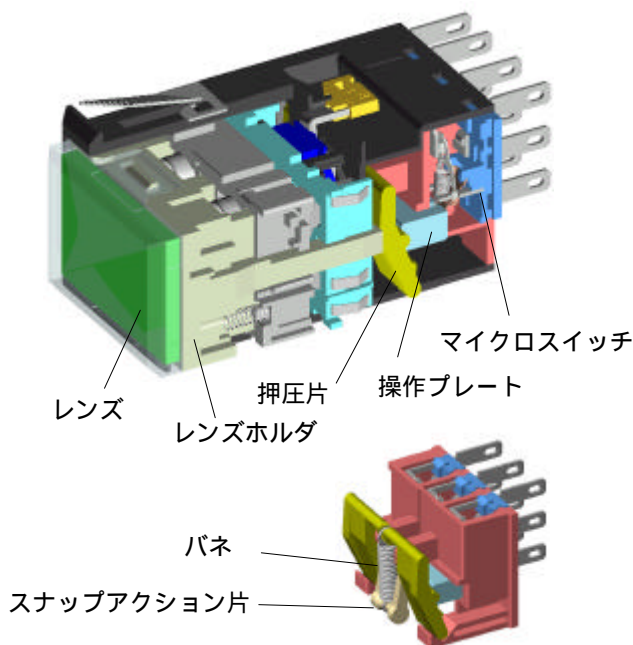


図 12 構造図

Fig. 12 Internal structure

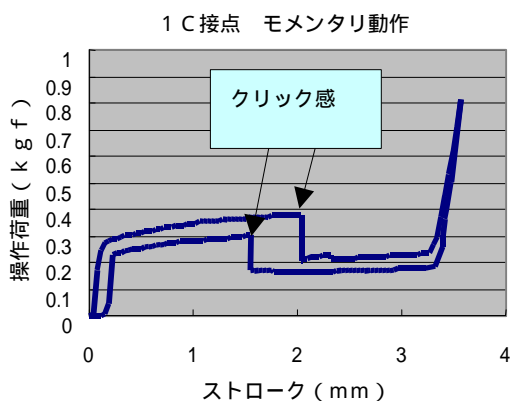


図 13 操作荷重と動作ストロークの関係

Fig. 13 Operating force Vs operator travel

4.2.3 省エネルギー化・コストダウン

従来の角胴形コントロールユニットは照光部に口金形状 SX68 / 8 (JIS C7709) の汎用 LED 球を使用しており、全面照光では照光面の輝度を確保するため、および 3 分割・4 分割照光面仕様にも対応するため、スイッチ 1 ユニットあたりの搭載数は 4 灯必要である。このためパネル全体の消費電流が大きくなることと、点灯による盤内発熱の問題や使用 LED 球の数量増大によるコスト高が問題であった。

MC シリーズでは、スーパー LED 球の導入により、搭載 LED 球数の削減ができる構造とした。全面照光の場合、図 14 の様に配置することで搭載 LED 球数を従来品の 50 % 削減しても、従来品と同等の輝度を低下することなく均一な面照光が得られる。輝度比較を図 15 に示す。また、LED 球 2 個分の削減ができることにより、消費電流は半分以下となり操作パネルの省エネルギー化とコストダウンに対して絶大な効果を得ることができる。なお、従来仕様の 3 分割・4 分割照光にも対応できるランプホルダの構造となっている。

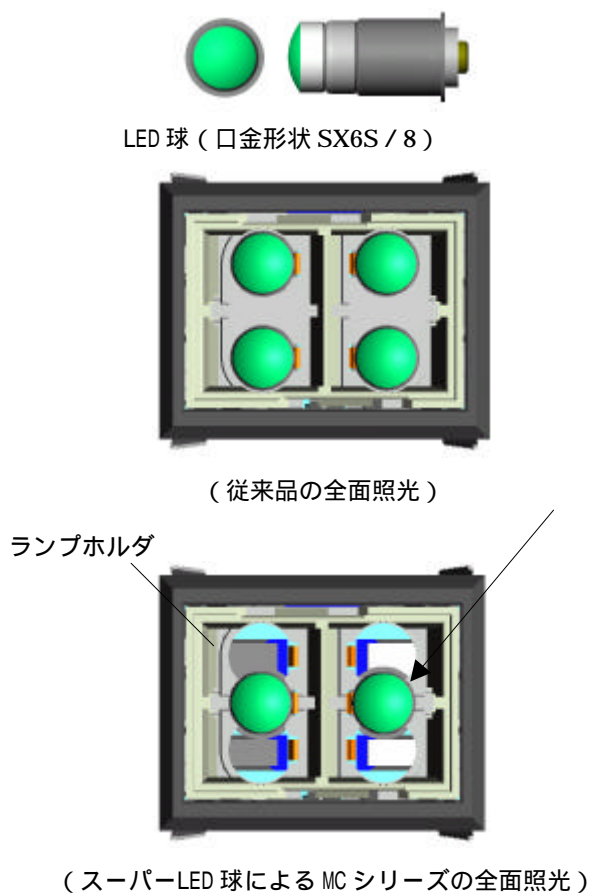


図 14 スーパーLED 球搭載例

Fig. 14 Examples of installing super LED lamps

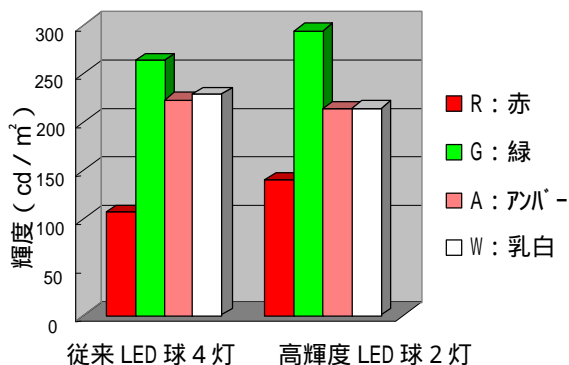


図 1 5 輝度比較

Fig. 15 Brightness comparison

4. 2. 4 内部渡り配線 / 端子形状

照光用のランプ端子は、コモン端子 1 本と各 LED 球用の端子 4 本の合計 5 本が配置されているため、3 分割・4 分割照光時には各 LED 球を個々に点灯が可能である。操作パネルで使われる割合が大半を占める全面照光の配線作業は、独立している各 LED 球用のランプ端子 4 本に渡り配線処理が必要で、作業工数が大変多かった。その対策として、専用渡り金具や渡り配線済ソケットなどが考えられるが、別部品であることによるコストアップや、パネル奥行き寸法の増大のため採用されにくい。

そこで全面照光の場合の渡り配線を、スイッチユニットの内部で実現出来ないか検討した結果、出荷形態は全面照光用の渡り配線を内部にて実施済のものを標準とした。分割照光が必要な場合、ユーザ側にて内部の渡り配線部分を専用ツールで切断することにより、分割照光になる構造とした。図 1 6 にスイッチ内部の渡り配線状態を図 1 7 で内部回路を示す。

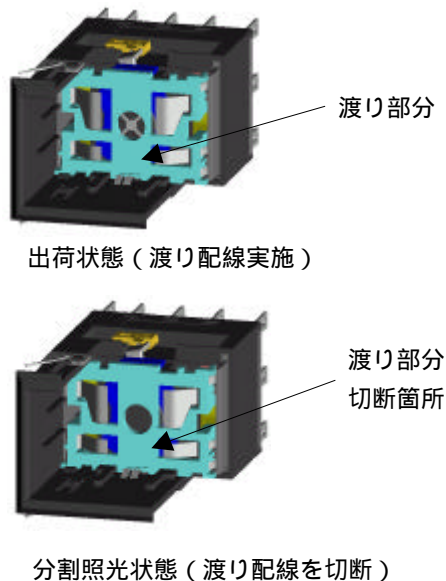


図 1 6 渡り金具のセット状態構造

Fig. 16 Pre-wired jumper

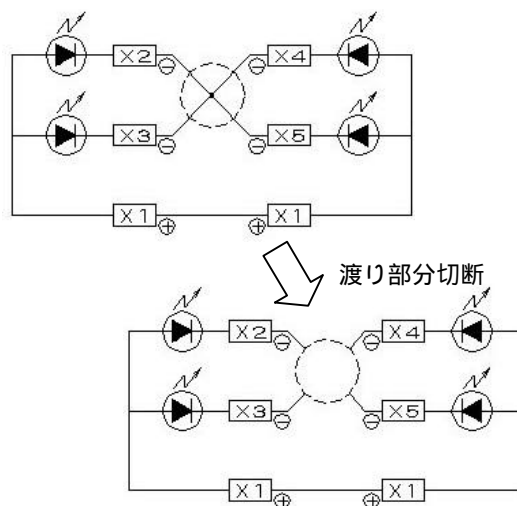


図 1 7 内部回路

Fig. 17 Internal circuits before and after cutting the jumper

なお、一旦 4 分割照光タイプに変更したスイッチを全面照光に変更するには、従来と同様にランプ端子の配線仕様にて対応することができる。

端子形状は半田付け兼用タブ端子と、プリント基板端子を用意した。タブ端子は AMP 社のポジティブブロックコネクタ (リセプタクル端子) 対応となっており、特徴を次に説明する [7]。

配線の接続・取り外し作業の迅速性と確実なロック機能を有しており、配線が容易であるため挿抜時の部品破損を防ぐだけでなく、各端子が絶縁性のハウジングで覆われるため、作業者の労災事故も防ぐことができる。さらに従来の半田付作業に比べて、作業スピードがアップするため、大幅な工数削減ができる。

ハウジングとリセプタクル端子の組み合わせでロック機構を有しており、スイッチのタブ端子にセットしている状態で間違えて電線が引っ張られても簡単には抜けず、図 1 8 に示すハウジング部を持って引っ張ることにより抜くことができるため、安全性が向上している。

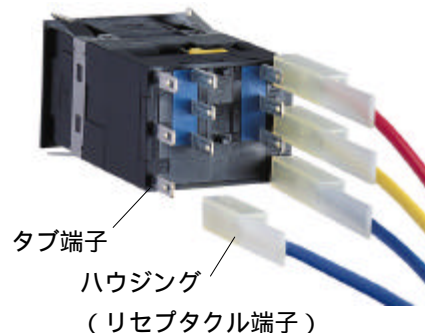


図 1 8 ポジティブロックコネクタによる配線図

Fig. 18 Wiring the positive lock connectors

5. おわりに

本稿では、現在のコントロールユニットが抱える課題とその対策を中心に、新しく開発した NewSLD/MC シリーズを紹介しながら、最適な MHI (Human・Machine・Interface) 環境の創造について報告してきた。しかし、コントロールユニットを取り巻く技術環境は日々刻々と進歩しており、それらの技術をふまえながら、「視認性向上」「省エネルギー化」「使い易さ」「安全性」を今まで以上に向上させた製品を市場に投入していくことがわれわれの重要な使命と考えている。

さらに今後、環境への意識の急激な高まりから、「地球環境への配慮(部品・ユニットの削減および共用化並びにリサイクル)」についても重要な要素として位置づけ、開発を行っていく所存である。

最後に今回の NewSLD/MC シリーズの開発にあたり、ご協力いただいた生産技術センター、ハイデック株式会社、当初より開発に携わっていただいた関係部署の皆様にご場を借りて深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] ドイツ規格 DIN 43700 : 1982, Measurement and control: measurement and control instruments for panel mounting front-and-out-dimensions
- [2] 木村春夫: コントロールユニットの開発とデザインコンセプト(2)
- [3] 国際電気標準会議 IEC 60073 : 1996, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification-Coding principles for indication devices and actuators
- [4] 国際電気標準会議 IEC 60204-1 : 1997, Safety of machinery-Electrical equipment of machines-Part1:General requirements
- [5] ドイツ規格 VDE 0106 Part100 : Protection against electric shock Actuating members positioned close to parts liable to shock
- [6] 山野雅丈, 磯部雅志: “省と安全: Save & Safety を追求した SS 端子の開発” IDEC REVIEW 1997, p.57-62 和泉電気株式会社
- [7] AMP 社ゼネラルカタログ 改訂 97-5

執筆者紹介

- * 1) 商品開発部 H1000 所属
- * 2) 商品開発部 H1000 開発リーダー
- * 3) 商品開発部 H1000 所属
- * 4) 商品開発部 K1000 所属
- * 5) 商品開発部 H1000 所属
- * 6) 商品開発部 K1000 所属
- * 7) 商品開発部 H1000 所属
- * 8) 商品開発部 H1000 所属
- * 9) 国内マーケティング担当プロダクトリーダー

