エネルギー計測ユニット“EMU3シリーズ”

大橋博章*

Energy Measuring Unit "EMU3 Series"

Hiroaki Ohashi

要　旨

改正省エネ法の施行による省庁の指導強化や，ISO14001環境マネジメントシステム認証取得の加速化など，各事業所における省エネルギー活動は重要な課題となっている。また，生産設備ごとのエネルギー管理も謳(うた)われており，工場全体だけでなく，生産設備(群)単位での管理が求められている。このような市場のニーズに対応するために，きめ細かなエネルギー計測に加え，漏電計測機能や接点／パルス入出力機能など，より生産設備単位での計測に対応できるエネルギー計測ユニット“EMU3シリーズ”を開発した。主な特長は次のとおりである。

(1)　本体にCT(Current Transformer)／ZCT(Zero Phase-sequence CT)を内蔵し，省配線・省施工を実現

(2)　パルスカウント機能／接点入出力機能を搭載し，生産設備の稼働状態・稼働時間監視，及び警報発生時の外部接点出力と積算パルス出力を1台で実現

(3)　面実装タイプのLED(Light Emitting Diode)で7セグメント表示(6けた)を構成し，製品の小型化・長寿命化を実現

(4)　三菱電機で独自開発した計測ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を搭載，電流センサ特性補正機能によって低負荷領域での計測精度を確保

通信機能なし

通信機能あり(CC-Link通信品)

エネルギー計測ユニット“EMU3シリーズ”

従来機種からの計測要素・計測精度を踏襲し，またB/NET・CC-Linkへのネットワークにも対応し，更に次に示す機能を付加したエネルギー計測ユニットである。①CT／ZCTを内蔵しており電流センサの選定・手配が不要，電源側／負荷側の接続端子に接続するだけで計測が可能，②パルスカウント機能が付いており原単位管理に必要な生産数量パルスを取り込み可能，③接点入出力機能を搭載し，生産設備の稼働状態・稼働時間監視及び警報発生時の外部接点出力と積算パルス出力が1台で可能，④ブレーカへ直接取付け可能とし，分電盤・制御盤の小型化に貢献

*福山製作所

1. まえがき

省エネ法改正に伴い，熱と電気の一体管理による工場や事業場の省エネルギー対策の強化及びエネルギー使用の合理化の徹底が求められている。これに伴い，更なる省エネルギーのため，受電盤・配電盤から分電盤・生産設備への計測ポイントの拡大が予測される。このような背景から，盤の小型化に対応でき，生産情報・設備情報の一体管理が生産現場で可能な計測機器の開発が必要とされている。

当社ではすでに“EcoMonitorPro”“MDU(Measuring Display Unit)”などに代表される省エネルギー支援機器の計測端末を発売してきた。前者についてはラインアップが豊富で組み合わせに幅がある利点がある反面，オプション部品が細分化されており選定が煩雑，後者は基本的に225AF以上を対象とした製品であり，低定格電流の測定ポイントでは設置スペースが大きくなるという課題があった。

本稿では，いままでの製品から得たノウハウと最新技術を基に製品化したエネルギー計測ユニット“EMU3シリーズ”について述べる。

2. EMU3シリーズの概要

2.1 製品コンセプト

エネルギー計測ユニットEMU3シリーズの製品コンセプトは次のとおりである。

(1) オールインワン

複数の機能を1製品で実現，CT／ZCTを内蔵させ，電流センサの選定・手配を不要とした。またネットワークに対応し，上位での監視を可能とした。

(2) 省エネルギー計測＋安全監視

パルスカウント機能／接点入出力機能を搭載し，生産設備の稼働状態・稼働時間監視が可能，電力量と合わせて原単位管理まで実現できる。また漏電計測機能が付いており，負荷設備の漏電監視を可能とした。

(3) 盤内にすっきり収納

CT／ZCTの取付け・配線が不要なので，分電盤／制御盤の計測をコンパクトに実現できる仕様とした。また100AFのブレーカ2次側へ直接取付け可能な構造とした(ただし機種及び使用条件に制約あり，詳細は**表3**参照)。

2.2 製品仕様

表1に，エネルギー計測ユニットEMU3シリーズの仕様を示す。一つの製品で定格電圧110V／220V／440V，定格電流60A／125Aを設定可能な仕様とし，選定の煩わしさを排除した。また接点入出力機能によって，パルスカウント・接点監視・稼働時間監視・上下限警報出力を実現した。上位通信については，従来機種と同様に“B/NET”伝送と“CC-Link”通信に対応しており，省エネルギー支援から生産情報・設備情報の一体管理まで可能な仕様とした。

表1．エネルギー計測ユニットEMU3シリーズの仕様

項目			仕様		
形名			EMU3-DP1-P	EMU3-DP1-B	EMU3-DP1-C
上位通信仕様			伝送なし	B/NET伝送	CC-Link通信
相線式			単相2線式，単相3線式，三相3線式(設定切換え)		
定格入力	電圧回路	単相2線式，三相3線式	110V，220V，440V(設定切換え)		
		単相3線式	110V(1側-2側間，2側-3側間)，220V(1側-3側間)		
	電流回路		60A，125A(設定切換え)		
	周波数		50／60Hz(周波数自動判別)		
本体許容差			電流，電圧，電力，無効電力，周波数：±1.0%(定格入力に対して) 力率：±3.0% 電力量，無効電力量：±2.0%(定格の5～100%範囲，力率＝1) 高調波電流，漏洩電流：±2.5% 過電流：±15%		
外部入力仕様	入力信号形式		無電圧a接点　2入力(機能は次から選択)		
	機能(2入力それぞれ個別に設定可能)	パルス入力に設定	・パルスカウント(0～999,999カウント)		
		接点入力に設定	・接点監視のみ		
			・接点監視＋稼働時(接点ON時)の電力量計測		
			・接点監視＋稼働時(接点ON時)の時間計測(0～999,999分)		
			・接点監視＋稼働時(接点ON時)の電力量計測＋稼働時(接点ON時)の時間計測(0～999,999分)		
外部出力仕様	出力信号形式		無電圧a接点　3出力(機能は次から設定)		
	機能(3出力それぞれ個別に設定可能)		・電流デマンド上下限監視 ・電圧上下限監視 ・電力デマンド上下限監視	・力率上下限監視 ・漏洩電流デマンド上限監視 ・パルスカウント上限監視 ・稼働時間上限監視	自動リセット／自己保持選択可能
パルス出力仕様	出力要素		電力量		
	出力信号形式		無電圧a接点　1出力 ・パルス単位(kWh/pulse)：0.001，0.01，0.1，1又は0.01，0.1，1，10(設定切換え)		

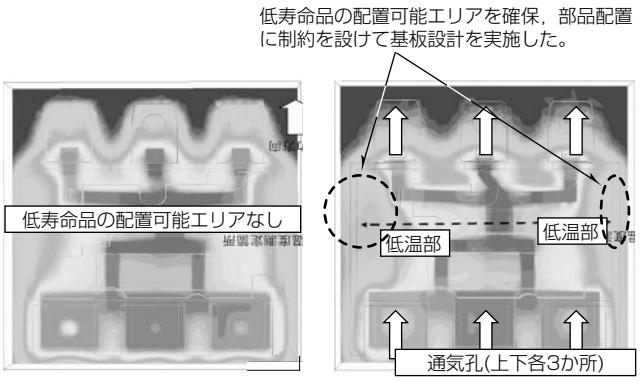
3. 特長及び製品化のための技術

3.1 機能をオールインワン

3.1.1 CT／ZCT内蔵

開発機種では，電流・漏洩（ろうえい）電流計測用のCT／ZCTを製品に内蔵することで，電流センサを選定する煩雑さを解消した。電流定格は125A／60Aをサポートし，ユーザー設定によって定格電流を変更可能な仕様とした。ここでCT／ZCTを内蔵することで製品内部が高密度化し，低寿命部品（特に電解コンデンサ）の温度上昇による寿命低下が懸念される。開発機種の構造・基板設計を実施するに当たっては，温度シミュレーションによる構造（通気孔の要否等）の事前検討を実施し，低寿命部品の配置位置に制約を設けた上で設計を行うことで，CT／ZCT内蔵と製品寿命確保の両方を実現した。**図1**に温度シミュレーションによる解析結果を示す。

開発当初の設計では，製品内部導体をすべてシャントワイヤで構成していたが，電源側－負荷側間の導体抵抗が高いため（$5.85\times10^{-4}\Omega$）に負荷電流印加時（定格電流125A）の発熱が高く，低寿命部品の温度上昇に対し裕度のない設計となっていた。**図2**に示すように，開発過程で可能な部位（センター部及び負荷端子からCT貫通部まで）を銅バーへ変更することで導体抵抗を下げて（$4.30\times10^{-4}\Omega$）発熱を抑え，低寿命部品の温度上昇判定基準に対する裕度を確保した。この対応によって作業性の向上にも貢献している。



(a) 通気孔なし　(b) 通気孔あり（上下2か所）

図1．温度シミュレーションによる配置検討

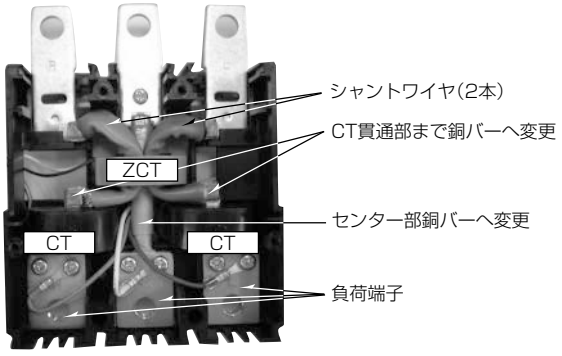


図2．製品内部構成の外観

3.1.2 接点入出力機能を搭載

開発機種では，従来機種と同様各種電気量の計測機能に加え，外部入力端子と外部出力端子を設けた。外部入力端子でパルスカウント機能，接点入力機能及び稼働時間監視機能を実現，また外部出力端子によって警報アラーム出力機能と積算電力量のパルス出力機能を実現した。この機能によって，設備の原単位管理から状態監視／設備保全まで開発機種1台で把握することのできる仕様とした。開発機種を用いた場合の設置シーンを**図3**に示す。

3.2 信頼性・視認性の高い表示部

製品の小型化，信頼性向上及び表示文字の視認性向上のため，面実装タイプLEDによる7セグメント表示を実施した。面実装タイプLEDによる表示を行うに当たり，採用した構成を**図4**に示す。導光用モールドからの光漏れによって文字がにじむ問題があったが，板ばねを付加することによって，導光用モールドを基板に押さえつける構成としたことで光漏れをなくし，十分な視認性を確保した。

3.3 電流センサ特性補正機能による計測精度確保

開発機種では，電流定格125A／60Aをサポートし，ユーザー設定によってこの定格電流を変更可能な仕様とした。

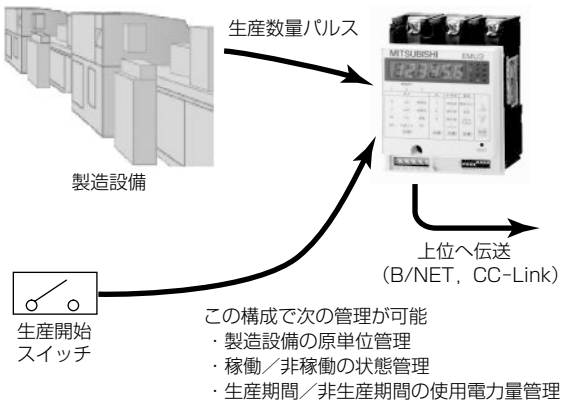


図3．開発機種を用いた場合の設置シーン例

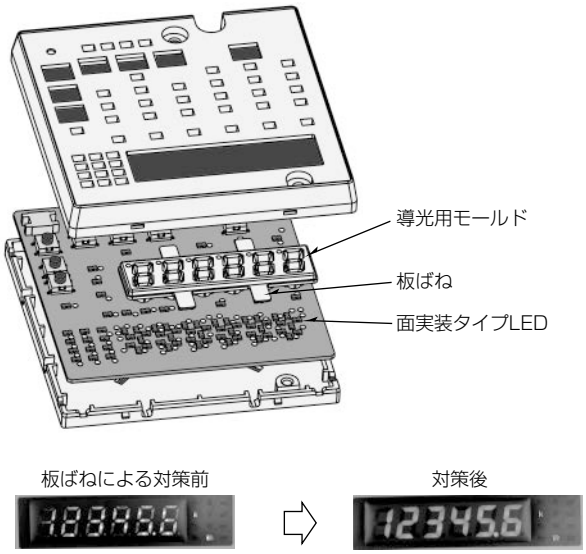


図4．表示部の構成

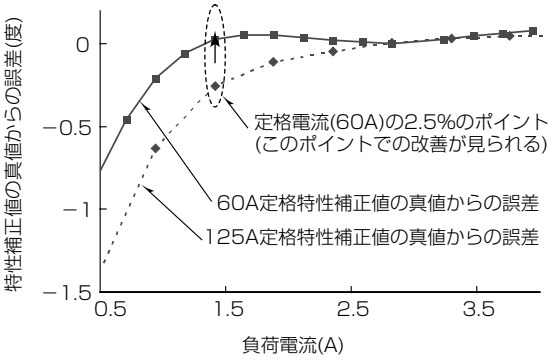


図5．低負荷領域での特性補正誤差

表2．誤差試験結果(定格電圧は220Vで比較)

計測要素	60A定格	125A定格
電力量(5～100%)	−1.07～0.81%	−1.10～0.45%
無効電力量(5～100%)	−0.79～0.74%	−0.85～0.89%
電流(0～100%)	0.00～0.20%	−0.08～0.32%

開発機種に内蔵した一つのCTで2種類の定格電流分の計測精度を確保するため，当社で独自開発した計測ASICの電流センサ特性補正機能を活用した。採用した計測ASICは，表面形電子式電力量計“M8UMシリーズ”等に搭載したものであり，次のような特長を持つ。

①A／D(Analogue／Digital)変換器ゲイン設定機能を搭載し，異なる定格電流・定格電圧を同一回路で取り込みを実現

②電流センサのゲイン特性・位相特性をリアルタイム補正する電流センサ特性補正機能を搭載し，補正値によって安価な電流センサでも安定した計量精度を実現

次に，どのようにして2定格分の計測精度を確保したかについて述べる。計測精度は定格の数%以下という定義であり，60A設定時の計測分解能は，125A設定より約2倍の精度を必要とする。まず，計測値を飽和させないために，電流センサは125A定格品を選定した。ここで電流センサには比誤差・位相誤差があり，それらを補正するための特性補正値(2次関数の近似式)が必要となる。このとき近似範囲が適切でないと誤差が大きくなるため，適正な範囲を設定する必要がある。今回は一つの電流センサで二つの定格電流をサポートする必要があり，特性補正値を0～125Aの領域で合わせ込んだが，計測精度評価を行った結果，60A定格設定のときの計測精度を確保できなかった(特に2.5%付近の低負荷領域)。原因として，低負荷領域における特性補正値の真値からの誤差が考えられる。この対策として，定格別に特性補正値を持たせることで，60A定格設定時の低負荷領域での計測精度を確保した。それぞれの定格別に近似した特性補正値の，真値からの誤差を**図5**に示す。この図から，定格別に特性補正値を持たせることで，低負荷領域での真値からの誤差が改善されていることが分かる。

また**表2**で，各定格電流に設定したときの誤差試験結果を示す。電流センサ特性補正機能を用いて，それぞれの定格別に特性補正値を設定することによって，各定格を比較し同等の計測精度を確保できたことが確認できる。

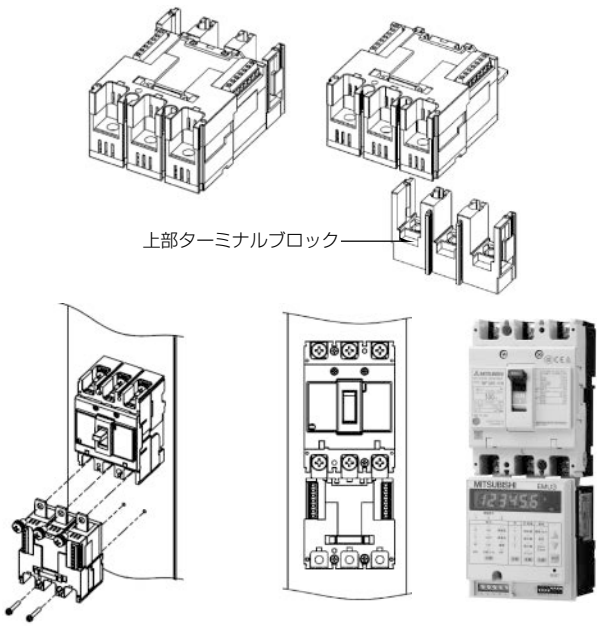


図6．ブレーカへの直接取付け

表3．直接取付け可能なブレーカの一覧

形名	定格電流	備考
NF125-CW/SW	100A以下(ブレーカ定格電流の80%以下で使用する制約あり)	ノーヒューズ遮断器 経済品／汎用品
NV125-CW/SW		漏電遮断器 経済品／汎用品
NF125-ZCW/ZSW		漏電アラーム遮断器 経済品／汎用品
NF125-NCW		単3中性線欠相保護付き
NV125-NCW		単3中性線欠相保護付き
DSN125-CW/SW		ノーヒューズスイッチ

3.4　ブレーカへの直接取付け可能

分電盤・制御盤の小型化を考慮し，開発機種では単独設置のほかに，当社製ブレーカ(製品内部部品の温度上昇，遮断器の遮断特性等への影響によって制約があるため機種を限定)に直接取付け可能な構造とした。ブレーカに直接取付けしたときの外観を**図6**に示す。また，直接接続可能なブレーカの一覧を**表3**に示す。

図6に示すとおり，上部ターミナルのモールドを取り外し可能な構造とし，ユーザー側で簡易にブレーカに直接取付けできる仕様とした。この構造によって，上位ブレーカと開発機種間の接続導体をなくすことができるため，作業性の向上のみならず盤内の省スペース化を図ることができ，分電盤・制御盤の小型化が期待できる。

4. む　す　び

盤の小型化や生産情報・設備情報の一元管理に柔軟に対応できるエネルギー計測ユニットEMU3シリーズの特長及び製品化のための技術について述べた。

今後とも顧客ニーズにこたえつつ，より使いやすい製品の拡充に努める所存である。