

多様なニーズに応える電力計測技術

Recent Technologies for Energy Measurement by Electronic Watt-Hour Meter

小林 俊一

KOBAYASHI Shunichi

飯村 寿一

IIMURA Toshikazu

最近の電力計測は、電子技術の進歩や料金メニューの多様化によって大きく変化している。ここでは電子式電力量計のこれまでの技術を鳥瞰(ちょうかん)し、最新の計器を紹介する。

The environment of energy measurement has been drastically changing due to the progress of electronic technologies and diversification of tariff systems. In this article, past electronic watt-hour meter technologies are reviewed and the latest models are introduced.

1 まえがき

1988年の実量制度導入に伴って、電力取引用の量産品として電子式電力量計が導入されて以来、ニーズの多様化への対応要請と技術改良によって、次々に新しい電子式電力量計が開発され、市場で使用されている。

特に、今後新しい料金制度の拡大に対する検討がなされているなかで、次の世代へ向け、より低価格な電子式電力量計が開発された。

ここでは、市場環境の変化に合わせた新しい計器を紹介し、併せて新技術の動向と課題について述べる。

2 高圧電子式電力量計の変遷

2.1 高圧500kW以上

この分野では、誘導型計器の時代には長い間、誘導型電力量計、最大需要電力計、力率測定用タイムスイッチ、有効電力量計、無効電力量計の五つの計器(5個組計器と呼ばれた)を使用していた。88年に電子技術が導入されたとき、誘導型計器と無効電力量計からパルス出力を得て、これを時間帯別、最大需要電力、力率などを表示する電力需給用複合表示装置が開発され導入された。

その後電力量計部分も電子化され、93年から電力需給用複合計器(通信機能付)と使用電力表示端末の組合せが開発された。

94年に新計量法が公布され、このなかで分離された表示機構、すなわちシステム化計量器としての明確な位置づけがなされた。

この電力需給用複合計器(通信機能付)と使用電力量表示端末は、時代とともにニーズに応じた改良が加えられ、2000年のⅡ型、2001年のⅢ型と開発されている。

2.2 高圧500kW～50kW

この分野では、88年実量制度の導入とともに、各分野に先駆けて電子式電力量計が開発・導入された。

この実量制度というのは、それまで設備容量などから決められていた契約料金を、実際に使用した量を計測することで決めていく制度で、より公正な取引形態を指向したものである。

この制度に合わせて開発された計器が実量制計器であり、前述の5個組計器の機能を一体にした複合計器が、電子式として初めて開発・導入された。

その後、91年の全国電力会社間での仕様統一によるⅡ型計器、96年の構造仕様検討ワーキンググループを経て開発されたⅢ型計器などの改良が試みられた(図1)。

また96年に業務用に季節別時間別料金制度が導入され、これに伴って一体型の季時別計器が開発・導入された。



図1. 実量制計器 - 88年に電子式計器として初めて導入されたもので、実量制度が開始された高圧500kW～50kWの領域に設置された。

Multifunctional electronic watt-hour meter for high-voltage customers

3 低圧電子式電力量計の変遷

50 kW未満の低圧分野では、現在も計器の主体は誘導型電力量計である。

ところが、90年に低圧分野にも時間帯別料金制度が選択約款として導入されることになり、この制度に用いられる電力量計として家庭用時間帯別計器が開発・導入された(図2)。



図2. 家庭用時間帯別計器 - 90年に50 kW未満の家庭用に選択約款として時間帯別料金制度が導入されたのに伴って使用が開始された。

Time of use (TOU) type electronic watt-hour meter for low-voltage customers

また、このとき自動検針の一部導入の必要から、低圧通信機能付計器も併せて開発・導入された。

95年には、蓄熱調整契約の低圧需要家への拡大に伴って、低圧蓄熱用時間帯別計器が導入され、併せて電子式温水器用タイムスイッチも開発・導入された。

2000年以降、新しい季時別料金メニューが追加されたことで、これに対応する新しい低圧多時間帯計器が開発・導入され、2002年には、新型低圧通信機能付季時別計器が開発・導入された。

4 新型高圧計器

高圧分野(500 kW以上, 500 kW ~ 50 kW)を統合した高圧用の電力需給用複合計器(サイクリック表示方式)と使用電力量表示端末のⅢ型(第3世代)が開発・導入された。

4.1 開発の背景

多様化する料金メニューに対応するため、Ⅱ型(第2世代)の高圧計器では、従来の高圧計器1個分のスペースに複合計器と表示端末が収納できないという欠点がクローズアップされた。

また、契約変更時に計器交換の必要が生じた際、計器の

取付けに時間が掛かることも問題となる。

そこで、複合計器と表示端末の小型・低価格化を狙った新しい計器を開発することになった。

4.2 計器の概要

新型計器の概要は次のとおりである。

4.2.1 構成

- (1) 電力需給用複合計器(サイクリック表示)と新々表示端末
- (2) 三相3線(普通級, 精密級, 特別精密級), 三相4線(普通級, 精密級)のシリーズ化

- (3) 力率計測あり, なし

4.2.2 開発コンセプト

- (1) 多項目の計量値をサイクリック方式によって一つの表示器で表示することによる小型化(従来の複合計器1台分の取付けスペースに、複合計器と表示端末を設置可能とする)
- (2) 次世代を考慮 60分需要時限デマンドと力率測定時間変更
- (3) 高圧計器(50 kW以上)の整理統合 通信機能付計器, 実量制計器, 季時別計器の統合



図3. 使用電力量表示端末 - 高圧電力需給用複合計器の電力量を受けて、時間帯別に表示する表示器である。

Multifunctional display for energy measurement



図4. 電力需給用複合計器(通信機能付, サイクリック表示) - 最近開発された高圧用計器で、一つの液晶ディスプレイにより多項目の計測アイテムをサイクリック方式で表示する。

Multifunctional electronic watt-hour meter for high-voltage customers (cyclic display)

4.2.3 特長

- (1) 電力需給用複合計器(サイクリック表示)(図4,表1)
 - (a) 部品削減による小型化を実現, 現行の低圧TOU (Time Of Use)計器の筐体(きょうたい)に収納
 - (b) 端子部にデマンドリセットと時計合わせボタンを具備, 安全性を考慮した二重構造の端子カバー採用
 - (c) 有効電力量7けた表示
 - (d) 検定有効期間10年を想定した需給カレンダー内蔵
 - (e) 契約や料金制度の変更時に計器交換不要, 運用性向上のため新旧制度切替機能を具備
- (2) 新々表示端末(図3,表2)
 - (a) 計器より更に小型化を図った新筐体を採用

- (b) 計器から電源供給, 電池レス
- (c) 計器との接続はモジュージャック採用
- (3) 伝送関連
 - (a) 電文構成見直し
 - (b) システム化計量器として型式取得, 他メーカーとの互換性による運用面の向上

5 最近の低圧計器

低圧分野(50kW未満)の多様化した料金メニューに対応したそれぞれの計器を統合し, 低圧用の電力需給用複合計器(時間帯別, サイクリック表示)を開発・導入した(図5)。

表1. 電力需給用複合計器の仕様

Specifications of multifunctional electronic watt-hour meter

項目	仕様
相線式	三相3線式, 三相4線式
精度種別	普通級, 精密級, 特別精密級
定格	110V, 5A, 50又は60Hz
計器定数	1,000 pulse/kWs, 1,000 pulse/kvars
パルス定数	50,000 pulse/kWh
乗率	合成変成比倍(伝送記号: MDTR)
耐候性区分	屋内耐候形
表示項目	全日電力量 力率測定用有効電力量 力率測定用無効電力量(遅れ)又は全日無効電力量(遅れ) 最大需要電力(現在需要電力, 時限)
通信仕様	2線式カレントループ



図5. 電力需給用複合計器(時間帯別, サイクリック表示方式) - 今回開発した低圧家庭用の新型計器である。

TOU type electronic watt-hour meter for low-voltage customers (cyclic display)

表2. 使用電力量表示端末の仕様

Specifications of multifunctional display for energy measurement

項目	仕様
定格	AC15V, 50又は60Hz
耐候性区分	屋内耐候形
表示可能項目	現在画面 <ul style="list-style-type: none"> ・時間帯別電力量(最大10時間帯) ・時間帯別最大需要電力(最大10時間帯) ・力率測定用有効電力量 ・力率測定用無効電力量(遅れ) ・力率 検針画面 <ul style="list-style-type: none"> ・時間帯別電力量(最大10時間帯) ・時間帯別最大需要電力(最大10時間帯) ・全日電力量 ・最大需要電力 ・累積最大需要電力 ・力率測定用有効電力量 ・力率測定用無効電力量(遅れ) ・力率 需要時限値画面
伝送記号	MDTR
通信仕様	2線式カレントループ RS-232C方式
停電補償	電池レス, 不揮発性メモリ

RS-232C方式: IEEE(米国電気電子技術者協会)規格の伝送方式

5.1 開発の背景

オール電化住宅が拡大するなど, 社会の変化が進むなか, これまでの計器の統合や機能拡充(料金メニュー多様化対応)と, 低価格化を目的とした新型の計器を開発した。

これまでの料金制度に対応する機能をすべて包含するとともに, 今後の社会の変化に対応し, 現時点で考えられる料金制度メニューのすべてに対応可能な機能を折り込んだ統合型の低圧計器を目指した。

5.2 計器の概要

新型計器の概要は次のとおりである。

5.2.1 構成

- (1) 電力需給用複合計器(時間帯別, サイクリック表示方式)(表3)
- (2) 単相2線, 単相3線, 三相3線(すべて普通級)

5.2.2 開発コンセプト

- (1) 多時間帯の電力量をサイクリック方式によって一つの表示器で表示
- (2) 現行2時間帯(夜間8時間, 10時間対応), 3時間帯及び季特別計量対応機能を具備

- (3) 現行の低圧時間帯別計器の筐体に収納
- (4) 現行のシリーズ品すべてに対応した計器のシリーズ化

表3. 電力需給用複合計器(時間帯別, サイクリック表示方式)の仕様
Specifications of TOU type electronic watt-hour meter for low-voltage customers (cyclic display)

項目	仕様
相線式	単相2線, 単相3線, 三相3線
精度種別	普通電力量計
定格電圧	100 V, 200 V
定格電流	30 A, 120 A, /5 A
定格周波数	50 又は 60 Hz
計器定数	1,000/3, 500/3, 250/3, 125/3 125/6, 1,000 (pulse/kWs)
表示	時間帯別電力量 現在時刻 動作表示, 無計量表示, 停電表示
停電時の動作	240 時間後に節電モード(計量値記憶, 時計停止)
記憶機能	不揮発性メモリ
通信機能	2線式カレントループ, 1,200 bps, JIS7 単位
季節区分	4 区分, 最大 10 分割
時間帯区分	6 区分, 最大 8 分割
固定特約日	40 日設定可能
変動特約日	100 日設定可能
カレンダー	30 年間分内蔵

5.2.3 特長

- (1) 一つの計器で各々の計器種別に対応
 - (a) 全日電力量計 電力量, 計量確定日, 検針表示, 現在年月日
 - (b) 時間帯別電力量計 時間帯別電力量, 表示時間帯, 計量時間帯表示, 計量確定日, 検針表示, 現在年月日, 現在時分
 - (c) 季特別電力量計 時間帯別電力量, 表示時間帯, 計量時間帯表示, 計量確定日, 検針表示, 現在年月日, 現在時分
- (2) 現行の低圧電力量計にない計量確定機能を具備
- (3) これまで高圧計器にしかなかった機能を具備(季節別時間帯別計量, 固定特約, 変動特約日)
- (4) 通信機能を具備

6 電力計測技術

6.1 乗算方式

電子式電力計測技術も時代とともに変遷を見た。開発当初からしばらくは、乗算方式に時分割方式が用いられた。当時もっとも安定で精度が高いと言われた方式で、デューティ1:1のパルスをつくり、この時間方向と高さ方向を入力電圧と電流で変調し、これを積分することで面積が電力に比例していることを利用した乗算方式である。

これを数kから数十kHzのパルスを使用して交流波形の電力を求めた。各メーカーがオリジナルなノウハウを折り込んでカスタムLSIを開発して使用した。

最近では、特にマイクロコンピュータの進歩・普及に伴って、デジタル乗算方式が用いられるようになった。

これは、電圧と電流の波形をアナログ/デジタル(A/D)変換してパルスに変え、これらをマイクロコンピュータで乗算する方式である。昨今は、世界的な規模で電子式電力量計が拡大しているなか、各半導体メーカーが電力量計に用いることのできるデジタル乗算方式のLSIを開発し販売しており、入手も比較的容易である(表4)。

表4. 電力乗算方式

Latest measurement method for electronic watt-hour meter

方式名	基本原理	方式説明	特徴
時分割方式	平均出力: V_m $V_m = \frac{A_1 - A_2}{T} = \frac{2K_1 K_2}{T} V I$	数十kHzのパルスを基準として、その幅と振幅を電圧、電流で変調し、変化した部分の面積を求めると、これが平均電力に比例している。	アナログ乗算では、もっとも精度の高いものと言われている。
デジタル乗算方式		電圧と電流をA/D変換してパルスに変換し、マイクロコンピュータによって乗算するもの。	付加価値が高い。A/Dコンバータの精度による。

T: 時間 A1: 正側面積 A2: 負側面積
K1: 縦方向変調の比例定数
K2: 横方向変調の比例定数
V: 電圧 I: 電流

6.2 無効電力量計

無効電力は、電圧と電流と力率角の正弦との積で求められる。電力が正、すなわち正弦関数が正の値を持つ領域(0°~180°)が計測可能領域となる。

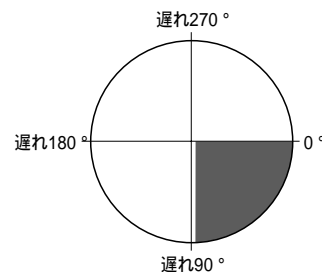


図6. 無効電力量計の動作範囲 - 送受電の計測に対応する無効電力量計の動作範囲を示す。

Measurement area of reactive power energy

誘導負荷の場合は力率が遅れるため、遅電流用の無効電力量計は $-180^\circ \sim 0^\circ$ 、すなわち第3、第4象限を計測する。ところが、第3象限については、逆潮流の計測となる。

自由化拡大によって、送受電(電力の売買など)の計測が必要な場合が増える可能性があり、逆潮流は別計測にして明確にするニーズに応えるため、遅電流用の無効電力量計の計測領域を $-90^\circ \sim 0^\circ$ 、つまり第4象限のみ計測する方式としている(図6)。

また、今後の環境の変化から、無効電力量計は遅電流用だけでなく進電流用も含めて、双方を計測することができる計器が必要である。

7 今後の課題

今後使用環境の変化と規制緩和のなか、障壁撤廃を目的に国際統合が進む見通しである。

電力量計の規格類も、JISをはじめとして日本が特にこれまで規範にしてきたIEC(国際電気標準会議 電力量計部会 TC13)規格への統合化が検討されている。

今後の電力量計は、一方で社会の変化に追従していくとともに、他方で公平な取引をサポートするための改良と、料金メニュー多様化に対応していく機能追加に加えて、このIEC規格に整合した計器への転換が求められることになる。

また、更なる低価格化への挑戦も必要である。

8 あとがき

電子式電力量計は、誘導型電力量計における可動部の

摩耗による誤差の経年変化を改善することができるとの期待から研究開発に着手し、88年の実量制度導入開始に合わせて量産が始められた。

ここでは、その後の電子式電力量計の開発経緯を鳥瞰して、最新の計器とその用途について概説した。

今後多様化する料金制度や社会の変化に対するニーズに応えるためには、電子式電力量計が不可欠であり、更に改良と機能追加がなされ、低価格の新たな計器が生み出されていくことが想定される。

電子技術や電力計測技術の進歩を利用して、時代の変化及びニーズに合わせた電子式電力量計の開発が望まれる。



小林 俊一 KOBAYASHI Shunichi

電力・社会システム社 電機・計測事業部 計器営業部主幹。
電子式電力量計の開発設計に従事後、電力マーケティング及び技術企画業務に従事。電気学会、計測自動制御学会会員。
Control & Measurement Div.



飯村 寿一 IIMURA Toshikazu

電力・社会システム社 電機・計測事業部 計器営業部主務。
電子式電力量計の開発設計に従事後、電力マーケティング及び技術企画業務に従事。
Control & Measurement Div.