

ユニット式電力量計の実用化に向けた 課題に関する検討報告書

平成 19 年 10 月 15 日

電気計器技術課題等研究会

はじめに

ユニット式電力量計は、ソケットによる接続方式を採用するなど、日本の電力量計においては、新たな発想を取り入れたものとなっている。その実用化に際し、適正な計量の実施及び安全性の確保の観点から、その技術的課題について検討を行った。本報告書は、経済産業省の指導の下、日本電気計器検定所において学識経験者、電気事業者、製造事業者、修理事業者等の関係者の協力により設置された研究会（電気計器技術課題等研究会）にて、その検討結果をとりまとめたものである。

ユニット式電力量計開発の経緯

1. 近年の電力量計の変遷

昭和60年代頃より、電気取引における契約の多様化といった社会的な要求や、技術の進歩を背景に、従来からの機械式計器に代わる計器として、電子式計器が登場した。電子式計器の特徴は、電子回路により電力量を演算するため、小型化、多機能化を図れること。また、内部構造に技術的な制約が少ないことにより、自由な形状に設計できることである。この特徴を利用し、時間帯別電力量や最大需要電力を一台で計量可能な複合計器や、従来計器より大幅に小さく、外部の配線との接続部分の形状も従来の形にとらわれないブレーカ形の計器（図1）などが登場している。



図1 ブレーカ形計器

また、計器本体と配線との接続における安全性や作業性を考慮した器具として様々な工夫が凝らされたものが登場しており、例えば、大容量計器の取り替え時における無停電工事を安全に行うため、端子ブロックと配線の間を中継する器具や、接続を安全に行うために配線の先端に接続して利用する圧着端子などが採用されている。なお、これらの器具は、器差に影響を与えるものではないことから、計量法による規制の対象外として取り扱われている。

この様に、近年の電力量計においては、技術革新により、社会のニーズに応える多様な計量を実現したり、創意工夫により、作業者にとってより安全で作業性のよい周辺器具が考案されている。

この様に、近年の電力量計においては、技術革新により、社会のニーズに応える多様な計量を実現したり、創意工夫により、作業者にとってより安全で作業性のよい周辺器具が考案されている。

2. ユニット式電力量計の考案

電力量計の検針の方法については、従来、検針員が目視にて行う方法をとっている。しかし、近年のオートロックマンションやホームセキュリティ等の普及に象徴されるセキュリティ意識の高まりや、情報通信技術の進歩も背景に、e-Japan 戦略Ⅱに見られるように遠隔検針を望む声が増大してきている。

また、計器工事時の作業の安全性向上や適正な計量を妨げる計器へのいたずら防止等、様々な課題がある。これらへの対応策の一つとして、前述の電子式計器の技術を適用したユニット式電力量計が考案された。

ユニット式電力量計及び付属機器

1. ユニット式電力量計の構造について

ユニット式電力量計（以下、他のユニットと区別するため、電力量計ユニットという。）の端子は、ソケットにより接続する構造となっている。また、端子自体が電圧回路用と電流回路用に分かれているため、虚負荷による器差試験を行うことができる。耐候性能としては、屋内耐候の性能（直射日光が当たり、雨水のかからない環境に設置される計器に求められる性能）を持つ。（図2）



図2 電力量計ユニットの外観

2. ユニットケースの構造について

電力量計ユニットは、刃受け端子を備えた配線器具等に接続して使用されるが、当面、想定される器具が図3に示すユニットケースである。

このユニットケースは、電力量計ユニットの他、その上段に時間帯別電力量の表示を行うためのユニット（以下、「表示ユニット」という。）や遠隔検針を行うための通信ユニットを接続することが可能で、下段には負荷の開閉が可能な開閉器ユニットを接続することができる。（図4）



図3 ユニットケースの外観

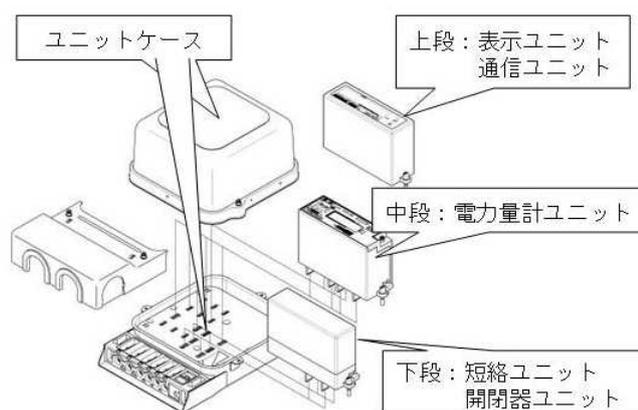


図4 各ユニットの装着イメージ

技術的課題と検討の進め方について

電力量計ユニットは、電気的な性能に加えて計量結果の表示機能を持つ(特定計量器検定検査規則「以下、検則という。」第 11 条)、性能や器差に著しく影響を与える部分に封印ができる(検則第 15 条)といった特定計量器に必要とされる機能・構造を具備している。このため、本研究会においては、計量法上、電力量計ユニットを特定計量器(計量法の規制対象)と整理することが適当であると考えます。

以上の整理を基に電力量計ユニットの技術的課題を挙げると、従来の電子式計器の技術を適用していることから、計量に関わる基本性能面については、本計器に特有の新たな課題はないと考えてよいので、検則の技術基準に特に追加する必要はないと考えます。

しかしながら、配線との接続にソケット方式を採用していることが従来と異なる点であるので、本計器の実用化にあたり、ソケット接続方式の技術面の課題について、海外など他の事例と比較しながら検討、検証することとした。

なお、ユニットケースについては、電力量計ユニット等の各ユニットを使用するために設置される器具として整理できるものと考えられる。

1. ソケット接続方式を採用している事例

ソケット接続方式については、海外の電力量計や、国内の配電盤用ブレーカやコンセントなど、過去から広く使われている方式であり、それぞれの用途で一定の信頼性が確立されているものと考えられる。(図 5)

中でも海外の電力量計、特に米国のソケット式計器には、70～80 年の歴史があり、現地のメーカーや電力会社からの聞き取りによると、ソケット接続部のトラブルはほとんどなく、信頼性は高いレベルにあるとのことであった。

米国のソケット式計器は、計器本体については、電力会社の所有物であり、日本の JIS に相当する ANSI (American National Standards Institute) にて、主にソケットの刃端子の構造が規定されている。

また、土台(ユニットケースに相当)は、需要家の所有物であり、民間規格である UL (Underwriters Laboratories Inc.) にてその性能が規定されている。

2. 信頼性検証にあたっての考え方

ソケット接続方式については、国内の他製品や海外の電力量計における実績はあ

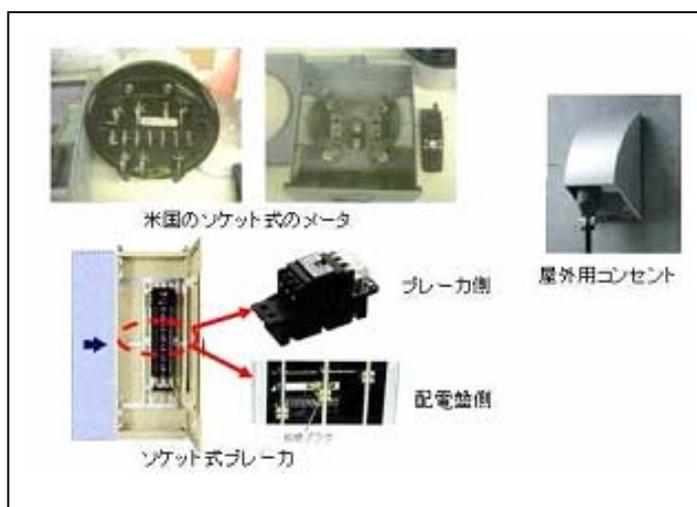


図 5 ソケット接続方式の採用事例

るものの、日本の電力量計では、初めて採用される方式であることから、日本における電力量計の実際の設置環境、使用条件を考慮した試験条件にて信頼性(耐久性)を検証することとした。また、電力量計ユニットとユニットケースの製造事業者間の互換性、検定有効期間満了後の電力量計ユニット取り替えを考慮した信頼性についても検証することとした。

検討・検証結果

1. 試験項目、試験条件の検討

(1) ソケット接続部の信頼性(耐久性)検証試験

ソケット接続方式の信頼性に影響を及ぼす事象はすべて刃と刃受けの接触不良つまり接触抵抗の増加に収斂される。接触抵抗の増加の要因について以下のとおり整理し、検証すべき試験項目を抽出した。(図6)

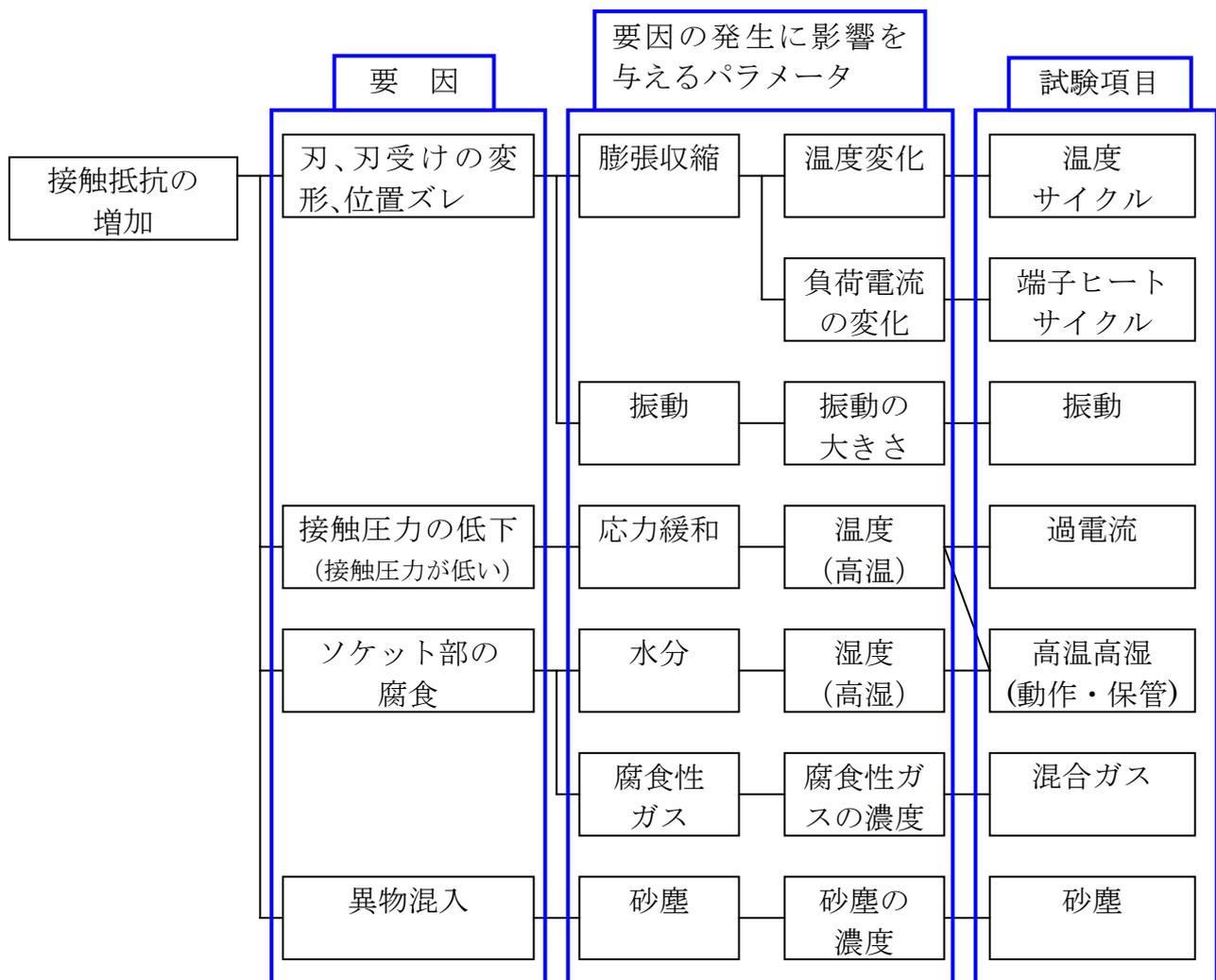


図6 信頼性検証試験項目の抽出

試験条件の設定、判定基準(基本的には、JISを準用し、JISにないものは専門家の意見を参考にした。)の具体的内容については【参考資料1-1、1-2】

を参照のこと。

試験内容については、電力量計ユニットとユニットケースの製造事業者間の互換性を検証するため、被試験サンプルは、製造事業者の組み合わせの違いを考慮したものとした。

また、米国のソケットの規格である「UL 414」で規定されている試験のうち、ソケット接続に関する試験条件として、最も重要と考えられている Heating Test を参考に実施することとした。

(2) ソケット接続部分の酸化物クリーニング検証試験

本計器においては、検定有効期間満了等により、電力量計ユニットのみを取り替えた場合、取り替え前と接触点が変わることにより、ユニットケースの受け刃に発生した酸化物を介した接触となるおそれがある。その結果、接触抵抗が上昇して不具合に結びつくことを考慮し、電力量計ユニットの挿抜により、酸化物が除去され、接触状態が良好に保たれるか検証を実施することとした。具体的な検証方法は以下のとおりとする。

- ① ユニットケースと電力量計ユニットを組み合わせた状態で、塩水噴霧により強制的に酸化物の生成を試み、電力量計ユニットの挿抜による電力損失の変化を測定する。
- ② (1) の信頼性検証試験により、電力損失が増加したサンプルがあれば、そのサンプルを用いて、電力量計ユニットの挿抜による電力損失の変化を測定する。

2. 試験結果及び考察

(1) ソケット接続部の信頼性（耐久性）検証試験結果

温度サイクル試験について、比較対象として実施したナイフスイッチやコンセントには、一部のサンプルで電力損失が急激に増加したものがあり、それらと比較すると、ユニット式電力量計のソケット部の接触状態は安定しているものと評価できるが、電力損失の増加率にユニットケースメーカーに依存するばらつきが見られた。結果の概要及び考察は以下のとおりである。

被試験サンプルの受け刃の形状には大きく分けて二通りあり、接点部分の形状を曲面としているのは、A、C、D社の3社、平面としているのはB社である。

A～D社（4社）の接点部分の形状を模式的に図7に示す。

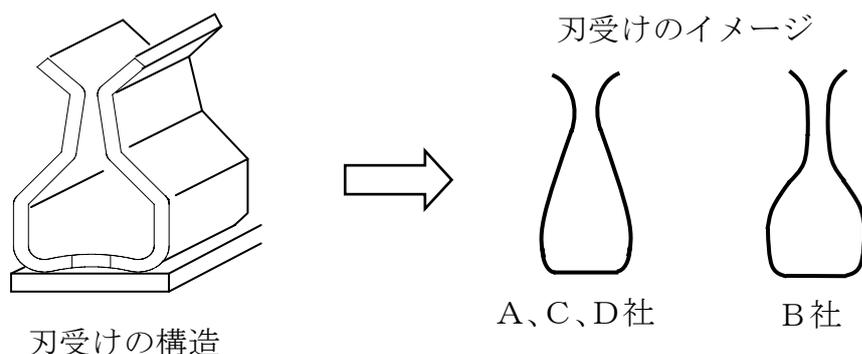


図7 刃受けの構造とイメージ

A、C、D社においては、電力損失の増加率が小さい順にA社（増加率－3～－1％）、D社（増加率1～5％）、C社（増加率10～30％）であった。プレシートを用いたソケット部分の接触状態（接触面積、接触圧力等）の検証結果によると、A社は全ての端子が線接触状態となっており、D社は端子によって線接触と点接触の双方の場合があった。一方、C社は全ての端子が点接触となっており、最も接触面積が小さいことが分かった。C、D社のような点接触となる原因を調査したところ、受け刃の加工において、プレスにより生じるバリや、レーザ加工により生じる鋭いカドを接触面に向けていることが原因であることが分かった。

B社においては、電力損失の増加はC社に次いで大きい結果（増加率5～9％）となった。B社は、唯一受け刃の接点部分の形状を平面で、バリを接触面と反対側に向けており、プレシートにて測定すると他社と比較して、接触面積は小さくないという結果となった。これは、接触面が平面の場合には、曲面の場合と比較して、端子の位置の僅かなずれによって、面接触が維持できなくなることに起因している可能性がある。

以上の結果より、受け刃の設計、製造工程において、接続部の信頼性を確保するためには、「バリやカドを接触面に向けなくすること」が必要であることが分かった。

また、温度サイクル試験以外の試験結果については、基本性能（JIS 準拠）、電力損失などを確認し、特に異常と判断されるものはなかった。米国規格である「UL 414」の Heating Test の実施結果も判定基準を十分満たすものであった。

試験結果については、下記に示す。試験結果の詳細は【参考資料 2－1、2－2】を参照のこと。

試験項目	試験条件	判定基準	試験結果	備考
温度サイクル	設定温度：80℃、－25℃ サイクル数：90サイクル 試験時間：23日間	サイクル前後にて電力損失が著しく増加しないこと (増加率10%～15%以下が目安：専門家見解)	電力損失増加率 A社：－3%～－1% B社：5%～9% C社：10%～30% D社：1%～5%	C社は基準の目安を超過原因は刃受けの加工方法（バリの向き）にあることが判明 【C社改善予定】
端子ヒートサイクル	45分通電、45分停電 通電電流：125%（75A） サイクル数： 1000サイクル 試験時間：62.5日間	電力損失：3.0W 以下 温度上昇値：55K 以下 基本性能(JIS準拠)： 誤差の許容限度、絶縁抵抗、商用周波耐電圧、始動、潜動	1.63W 以下 41.5K 以下 試験前後及び試験途中において確認し、満足していた。	JIS C 8306「配線器具の試験方法」を参考 (サイクル数： 125→1000)
振動	10～150Hz、4.9m/s ² 複振幅 0.42mm 加速度複振幅 6.86m/s ² 試験時間：15時間	電力損失：3.0W 以下 基本性能(JIS準拠)： 誤差の許容限度、絶縁抵抗、商用周波耐電圧、始動、潜動	1.75W 以下 試験前後において確認し、満足していた。	JIS E 3014「鉄道信号保安部品－振動試験方法」を参照

試験項目	試験条件	判定基準	試験結果	備考
過電流	完全不平衡(片側200%) 120A 試験時間:飽和するまで	電力損失:3.0W以下 基本性能(JIS準拠): 誤差の許容限度、絶縁抵抗、 商用周波耐電圧、始動、潜動	1.62W以下 試験前後において確認 し、満足していた。	極端な不平衡を想定
高温高湿 (動作)	設定温湿度:55°C、90% (63倍速) 動作電流:60A 試験時間:約5ヶ月間 (24年相当)	電力損失:3.0W以下 温度上昇値:55K以下 基本性能(JIS準拠): 誤差の許容限度、絶縁抵抗、 商用周波耐電圧、始動、潜動	1.65W以下 43.0K以下 試験前後及び試験途中 において確認し、満足し ていた。	計器の加速劣化試験 に準拠
高温高湿 (保管)	設定温湿度:55°C、90% (63倍速) 動作電流:無通電 試験時間:約2ヶ月間 (10年相当)	電力損失:3.0W以下 温度上昇値:55K以下 基本性能(JIS準拠): 誤差の許容限度、絶縁抵抗、 商用周波耐電圧、始動、潜動	1.61W以下 39.8K以下 試験前後において確認 し、満足していた。	計器の加速劣化試験 に準拠
混合ガス	ガス濃度(10 ⁻⁹ vol/vol) H ₂ S、Cl ₂ :10±5 NO ₂ 、SO ₂ :200±20	電力損失:3.0W以下 温度上昇値:55K以下 基本性能(JIS準拠): 誤差の許容限度、絶縁抵抗、 商用周波耐電圧、始動、潜動	1.68W以下 41.8K以下 試験前後において確認 し、満足していた。	JIS C 60068-2-60 「環境試験方法—電 気・電子—混合ガス流 腐食試験」を参考
砂塵	砂塵濃度:6mg/m ³ 以上	電力損失:3.0W以下 温度上昇値:55K以下 基本性能(JIS準拠): 誤差の許容限度、絶縁抵抗、 商用周波耐電圧、始動、潜動	1.61W以下 41.1K以下 試験前後において確認 し、満足していた。	計器の設置環境、作業 時間を考慮 JIS D 0207「自動車部 品の防じん及び耐じん 試験通則」を参考
UL414 Heating Test (参考)	連続100%負荷印加後の 温度上昇値及び増加値	刃受け部:65K以下 配線部:55K以下 増加:7K以下	27.8K以下 19.4K以下 1.3K以下	米国の規格を参考

なお、同一製造事業者同士の組み合わせと異なる製造事業者の組み合わせにおいて、信頼性検証試験結果に有意差は認められなかった。

(2) ソケット接続部分の酸化物クリーニング検証試験結果

1.(2) ①、②それぞれの試験(②のサンプルには、温度サイクル試験に用いたサンプルを使用)において、1回の挿抜により電力損失が減少、初期の接触状態へ戻ることが分かり、酸化物の発生があったとしても、電力量計ユニットの挿抜を1回行うことにより、その影響は解消されることが分かった。【参考資料2-3】

結論及び提言

1. ユニット式電力量計の信頼性（ソケット接続方式）について

種々の信頼性検証試験の結果、今回製作した試作レベルのサンプルにおいても、一般的なナイフスイッチやコンセントと比較して高い信頼性を有することが分かった。それぞれの検証結果、実用化にあたっての留意点は以下のとおりである。

(1) ソケット接続方式の信頼性（耐久性）について

温度サイクル試験の結果により、ソケット接続部分の信頼性は、受け刃の製造方法に影響を受けることが分かった。これは、成型時の金型の抜き方向という極めて単純で制御が容易な要因によるものである。実用化に向けての受け刃の設計、製造時には製造事業者が、この結果を踏まえて設計、工程管理等に反映させることが重要である。

また、これ以外の全ての試験において、判定基準を満たしており、高い信頼性を有することが分かった。

(2) 電力量計ユニットとユニットケースの組み合わせにおける製造事業者間の互換性

同一製造事業者同士の組み合わせと異なる製造事業者の組み合わせにおいて、信頼性検証試験結果に有意差は認められなかった。これはソケット接続部の寸法と公差などの構造・仕様について統一して製造していることによるものと考えられることから、組み合わせにおける製造事業者間の互換性を確保するためには、これら統一された構造・仕様に基づき、各製造事業者が適正な設計、工程管理を行うこと、検査項目や検査基準を統一しておくことが重要である。【参考資料3】

(3) 検定有効期間満了後の電力量計ユニットの取り替えにおける接続信頼性

接触部に酸化物が発生したとしても、電力量計ユニット取り替えによる1回の抜き挿しにより、良好な接触状態を維持または復元できることが分かった。

以上の結果より、既存の技術でソケット接続部の信頼性を確保することが可能と考えられる。

2. 運用面における留意点

1.(1)～(3)の信頼性検証結果により、本計器は実フィールドにおいても高い信頼性を確保できると考えられる。しかし、より高い信頼性、安全、安心確保のためには、実用化後も、追跡調査を実施するなどして、その信頼性の実態を把握し、必要に応じて対策を講じていくことが望ましい。

3. ユニットケースの取り扱いについて

一般には、電路の一部であったり、電路に接続されて使用される機器であって、他の法令により保安面の規制を受けていないものは、電気工作物として電気事業法

により保安面の規制を受けている。この観点から、ユニットケースや、開閉器ユニット等も電気工作物として整理されると考えられる。電気工作物はその使用形態により、電気事業者等によって安全性を確保するように定められている。

したがって、本研究会における検証結果を踏まえ、ユニットケースの安全性確保については、既存の技術で実現可能であることから、他の電気工作物と同様、従来の電気事業法の規制により安全性を担保できると考える。

4. 今後のユニット式電力量計（ソケット接続方式）の取り扱いについて

ユニット式電力量計（ソケット接続方式）に類した電力量計が増加していくことも想定されるが、その際には、本研究会で抽出した試験項目と同様の試験を実施し、試験結果を見極めたうえで導入されることが必要と思われる。

また、実フィールドにおけるユニット式電力量計の実績も踏まえながら、必要に応じて JIS 等、公的規格への反映を検討していくことが望ましい。

添付資料

- 参考資料 1 - 1 信頼性検証試験要領書
(温度サイクル試験、UL414 Heating Test)
- 1 - 2 信頼性検証試験要領書 (高温高湿試験ほか)
- 参考資料 2 - 1 信頼性検証試験結果 (温度サイクル試験、プレシートによる
接触圧力・面積の測定、UL414 Heating Test)
- 2 - 2 信頼性検証試験結果 (高温高湿試験ほか)
- 2 - 3 信頼性検証試験結果 (酸化物クリーニング検証試験)
- 参考資料 3 ユニット式電力量計の構造

電気計器技術課題等研究会 委員名簿

委員長 委員	加藤 隆	日本電気計器検定所 検定管理部長
	狩野 成昭	経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力市場整備課 課長補佐 (～H19.5)
	渡辺 直行	経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力市場整備課 課長補佐 (H19.6～)
	信太 克規	佐賀大学 理工学部 電気電子工学科 教授
	浅野 淳一	電気事業連合会 工務部 副長 (～H19.6)
	長谷川 淳司	電気事業連合会 工務部 副長 (H19.7～)
	青木 徹	東京電力 株式会社 販売営業本部 営業部 技術サービスグループ 副長
	佐藤 彰芳	中部電力 株式会社 販売本部 配電部 技術グループ 課長
	岩見 建一	関西電力 株式会社 電力流通事業本部 ネットワーク技術高度化推進グループマネージャー
	福島 光明	大崎電気工業 株式会社 技術開発本部 研究開発センター長付 理事(電子計器担当部長) (～H19.6)
	福田 博彦	大崎電気工業 株式会社 技術開発本部 研究開発センター長付 (H19.7～)
	戸板 滋人	三菱電機 株式会社 計測制御製造部 電力量計技術グループマネージャー
	臨時委員	小山 博
諸橋 敏昭		東北計器工業 株式会社 取締役 技術開発部長
山田 宏		日本電気計器検定所 経営企画室 グループマネージャー
坂野 勝則		日本電気計器検定所 検定管理部 検定管理グループ グループマネージャー
中野 弘伸		職業能力開発総合大学校 電気システム工学科 教授
記野 秀一		東北電力 株式会社 お客さま本部 配電部 課長
姫野 隆		九州電力 株式会社 お客さま本部 配電部 配電機材開発グループ 課長 (～H19.6)
坂江 摩己		九州電力 株式会社 お客さま本部 配電部 配電機材開発グループ 副長 (H19.7～)
小林 俊一		株式会社 東芝 電機・計測事業部 計器営業部 技術担当部長
長島 優		富士電機システムズ 株式会社 制御システム本部 計量システム統括部 安曇野工場 副工場長 兼 技術部長
事務局	本橋 克己	日本電気計器検定所 検定管理部 型式試験グループ グループマネージャー
	杉崎 充宏	日本電気計器検定所 検定管理部 型式試験グループ アシスタントマネージャー