

# デジタル形電力監視用機器と電力監視システム

鹿野 俊介(しかの しゅんすけ)

木内 恒夫(きうち つねお)

佐藤 尚彦(さとう なおひこ)

## 1 まえがき

受配電設備の保守・管理のため、従来から各種保護継電器・計器が用いられているが、これら機器の技術的変遷をみると、誘導形(機械式)から静止形(トランジスタアナログ式)、そして現在のデジタル形およびデジタルマルチ形へと進んできている。

この背景として、技術面ではマイクロコンピュータに代表される電子部品の小形・高性能・低コスト化により、経済性においても、また信頼性においても実用化が一層容易となったことがあげられる。一方、社会的には、OA機器の急激な普及に代表される高度情報化や生産設備の自動化・高機能化により、万一の電力供給トラブルは以前に増して深刻なものとなってきており、電力の安定供給を狙いとして、受変電設備の予防保全も含めた信頼性向上、保守員の負担軽減などの要求は一層高まってきている。その対応として、マイクロコンピュータを用いたデジタル化による高性能・多機能化が図られている。

また、電力使用面からみると、環境 ISO14000 シリーズに代表される、地球規模の環境保護および環境汚染防止への活動の高まりや、それを受けた省エネルギー法の改正により、工場・事業所においては、今後電力エネルギー使用削減に向け、一段と強化した取組みとときめ細かい省エネルギー活動が不可欠となっている。

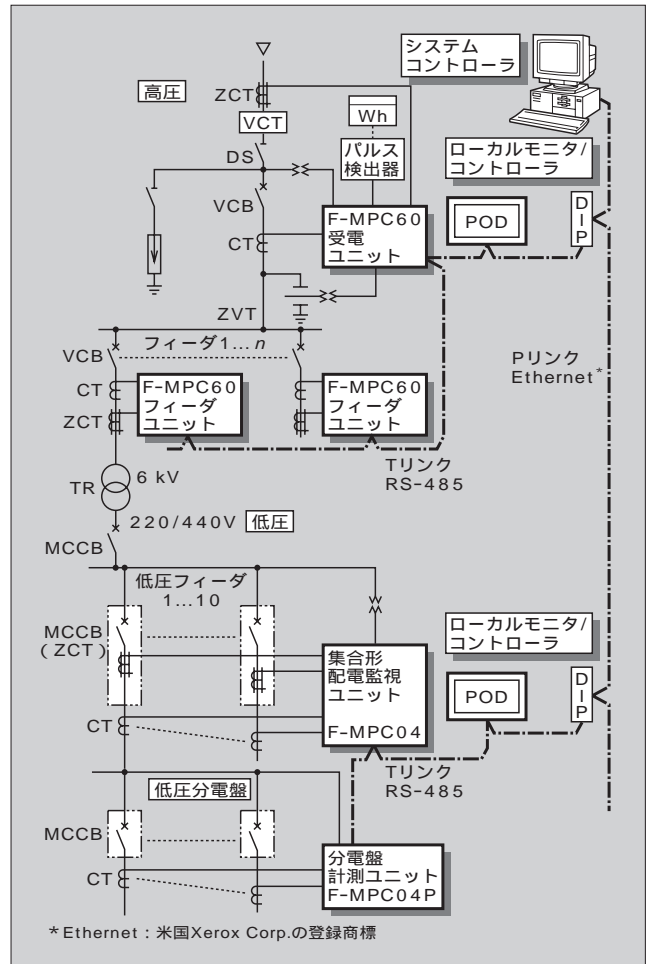
以上のような最近の市場動向への対応商品として、本稿においては、特別高圧・汎用高圧・低圧電気設備関連機器の電子化シリーズ商品であるデジタル形多機能継電器 F-MPC60 シリーズ、配電・分電盤監視ユニット F-MPC04 シリーズおよびこれらを用いた電力監視・管理システムについて紹介する。これら機器の受配電設備における設置位置の概要を図1に示す。

## 2 デジタル方式の動作原理と特長

### 2.1 動作概要と特長

デジタル形機器は、VT(計器用変圧器)、CT(変流

図1 受配電システム系統図



器)、ZVT(零相計器用変圧器)、ZCT(零相変流器)などの変成器を介して入力される電圧・電流信号波形を、適切な周期でサンプリングし、A-D変換によりデジタル量に変換し、複数の量子化されたサンプリングデータを用いて演算処理し、その計算結果から機器として要求される仕様に基づき動作するものである。また、必要によりデジタルフィルタ演算により周波数の選択性をもたせ、直流分や高調波成分の抽出・除去も可能である。



**鹿野 俊介**  
アナログ・デジタル電子機器の設計に従事。現在、吹上工場器具設計部主査。

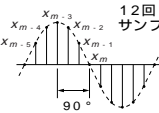


**木内 恒夫**  
パソコン、PLCを使用した各種システムの開発に従事。現在、機器・制御カンパニー機器事業部技術部主任。



**佐藤 尚彦**  
高圧受配電機器の新品企画業務に従事。現在、機器・制御カンパニー機器事業部業務部。

表1 F-MPC形のデジタル化・演算仕様

| 項目                   | 演算原理<br>(所要サンプリング数)   | F-MPC60            | F-MPC04 |
|----------------------|---|--------------------|---------|
| サンプリング数<br>(n回/サイクル) |  12回サンプリング例                    | n = 12回<br>n = 64回 | n = 64回 |
| A-D変換ビット数            | 10ビット二段増幅併用   | 10ビット              | 10ビット   |
| 演算方式                 | 整流加算演算<br>$2X = \sum_{n=0}^5  x_{.n} $ (1/2サイクル)  |                    | —       |
|                      | 積加算演算<br>$X^2 = x_{0.2}^2 + x_{.3}^2$ (1/4サイクル)   |                    | —       |
|                      | 位相積加算演算<br>$XY \cos = x_{0.3} y_{0.3} + x_{.3} y_{.3}$<br>$XY \sin = x_{0.3} y_{.3} + x_{.3} y_{0.3}$ (1/4サイクル) |                    |         |
|                      | 差分・加算フィルタ (各種)  |                    |         |
|                      | 2乗加算平均<br>$X = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{n=0}^k (x_{.n}^2)}$ (1/2サイクル)  |                    |         |

従来の電磁形・静止形機器では、その特性と性能はハードウェアの構成により決定されるのに対し、デジタル形機器では、メモリに記憶されたサンプリングデータ列を用いて、必要なデータを読み、加工し、計算するプログラム、すなわちソフトウェアで決定されるところが大きな特長である。このため、一つの機器で多数の機能を持たせることや、きめ細かい特性、複雑な特性を実現すること、およびメモリデータを用いて事故解析や保守に役立たせることも可能である。

もう一つの特長は、LSI やマイクロプロセッサを用いた自動監視機能（常時監視と自動点検：詳細は3.2節）による自己診断により、不具合の自動検出・アラーム表示も可能であり、動作信頼性の向上と保守の省力化が容易になることである。

2.2 動作原理

サンプリング周波数やA-D変換の変換ビット数は、性能・精度を決定する大きな要因であり、それに用いる演算アルゴリズム、計測項目、計測範囲、要求性能および経済性により最適なものを選択する必要がある。

また、サンプリングデータの演算処理方式についても、保護機器、計器などの種類により要求処理速度、精度などが異なることから、上記と同様に最適なものを選択する必要がある。表1にF-MPCシリーズのサンプリング、演算処理の主な処理方式を示す。保護継電器としては基本波成分による演算を踏まえ12回/1サイクル（30°位相角）、指示計器（メータ）としてはひずみ波・高調波計測を踏まえ64回/1サイクルとしている。

また、保護継電器機能と指示計器機能を一体化した場合の電流計測の課題として、指示計器としての微小領域計測から保護継電器として過電流領域までの広範囲にわたる精度要求がある。F-MPCシリーズはA-D変換ビット数は10ビットのものを用いているが、入力信号レベルに応じた2種の増幅回路を併用することにより、広範囲の精度を得

図2 二段増幅回路による量子化誤差の削減

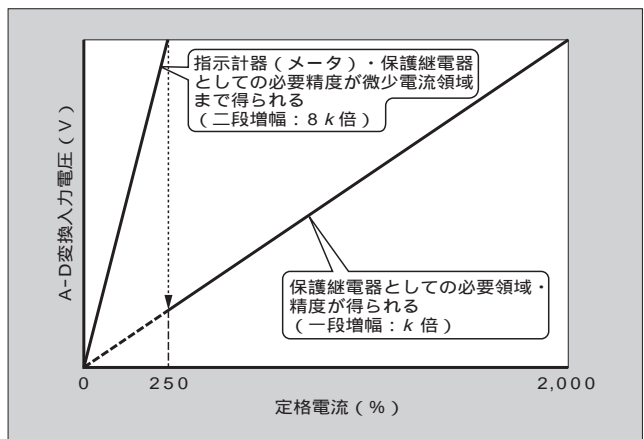
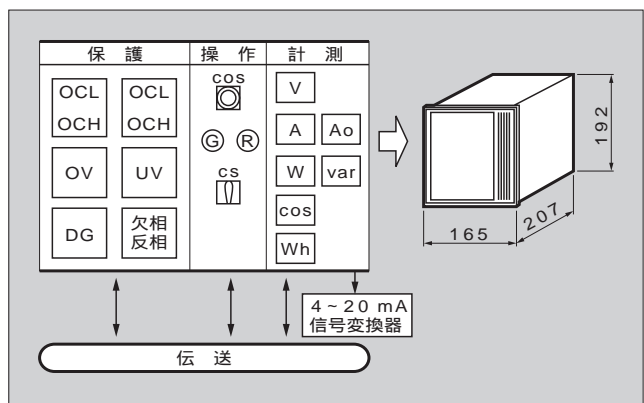


図3 F-MPC60の複合機能概要



ている。一般電流計および過電流継電器を踏まえた電流値計測（計測範囲：0～2,000%）における二段増幅例を図2に示す。

③ デジタル形多機能継電器 F-MPC60 シリーズ

F-MPC60 シリーズは、高圧受配電盤に必要な保護継電器・電気指示計器・表示器・操作スイッチ機能を1台に凝縮した「デジタル形多機能継電器・計器・コントローラ」である（オプションにより、4～20mA信号変換器や通信機能も内蔵可）。その概要を図3に示す。

機種シリーズとしては、電流保護継電器機能が2CT方式のF-MPC60に加え、このたび3CT対応も可能なF-MPC60Aを拡充した。以下、その概要について述べる。

3.1 開発の狙いと製品機能仕様

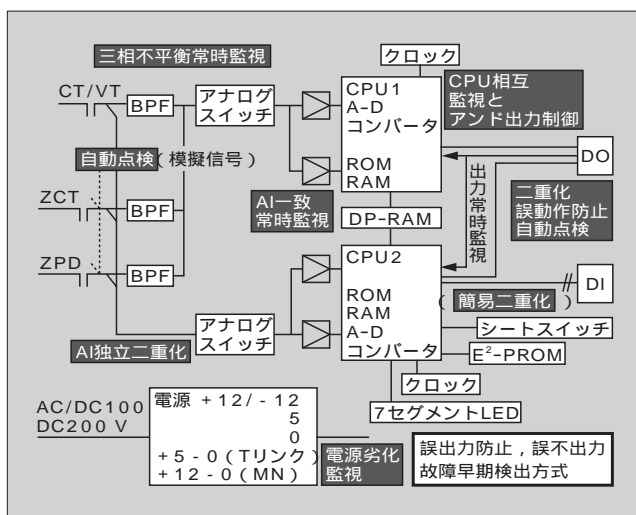
近年の情報化社会では、電力の安定供給のため、受配電システムの重要性はますます高まっている。また、現況の電気設備監視技術の導入状況は、設備規模により異なっているものの、設備の運転・異常・故障の現運転状態監視は多くの事業所で導入され、CRTなどによるメッセージ表示や、プリンタによる記録出力も普及が進んでいる。

一方、運転中の診断技術や予測技術は、全般的に採用は少ないが、信頼性・予防保全の観点から必要性を認めてい

表2 F-MPC60Aの機種機能一覧

| 項目       | ユニット分類                             | OCG |      | DG |      | 母線ユニット |
|----------|------------------------------------|-----|------|----|------|--------|
|          |                                    | 受電  | フィーダ | 受電 | フィーダ |        |
| 保護       | 50, 51                             |     |      |    |      |        |
|          | 50, 51G                            |     |      |    |      |        |
|          | 67DG                               |     |      |    |      |        |
|          | OV, UV                             |     |      |    |      |        |
|          | OVG                                |     |      |    |      |        |
|          | VR                                 |     |      |    |      |        |
|          | OCA                                |     |      |    |      |        |
| 計測       | V, Hz                              |     |      |    |      |        |
|          | A, W, var, cos, Wh, I <sub>0</sub> |     |      |    |      |        |
|          | varh                               |     |      |    |      |        |
|          | 事故計測                               |     |      |    |      |        |
|          | デマンドメータ                            |     |      |    |      |        |
|          | 高調波電流                              |     |      |    |      |        |
|          | 高調波電圧                              |     |      |    |      |        |
|          | 履歴最大値                              |     |      |    |      |        |
| kWhパルス出力 |                                    |     |      |    |      |        |
| 制御・監視    | 入・切・遠方直接切替, 表示                     |     |      |    |      |        |
|          | トリップ・コイル断線監視                       |     |      |    |      |        |
|          | 開閉・遮断回数計測                          |     |      |    |      |        |
| 外部インタースタ | RS-485                             | 種類1 |      |    |      |        |
|          | Tリンク                               | 種類2 |      |    |      |        |
|          | 4~20 mA                            | 種類3 |      |    |      |        |

図4 F-MPC60Aのハードウェア構成



る事業所は多く、導入が見送られている大きな要因として、導入コストが高いことがあげられている。

このような背景から、F-MPC60シリーズの機能決めにおいて、従来個別機器の複合一体化だけでなく、診断機能、予防保全機能、通信機能など従来個別機器では実現困難な機能搭載にも重点を置いている。

表3 F-MPC60の自動監視機能

| 監視部    | 監視方法        | 監視タイミング |    | 故障検出時の処置                |
|--------|-------------|---------|----|-------------------------|
|        |             | 常時      | 自動 |                         |
| アナログ回路 | 二重化 AI一致監視  |         |    | 警報出力・表示<br>リレー出力ロック     |
|        | 三相不平衡監視     |         |    |                         |
|        | A-D 精度チェック  |         |    |                         |
| CPU    | CPU1・2相互監視  |         |    | 警報出力・表示<br>リレー出力・制御ロック  |
|        | 演算命令チェック    |         |    |                         |
| メモリ    | データ・サムチェック  |         |    | 警報出力・表示<br>リレー出力・制御ロック  |
|        | 二重化照合チェック   |         |    |                         |
|        | R/Wチェック     |         |    |                         |
| DO     | 二重化出力状態監視   |         |    | 警報出力・表示                 |
|        | 二重化出力応答チェック |         |    |                         |
| DI     | 入力一致監視      |         |    | 警報出力・表示<br>(部分二重化アンド判定) |
| 電源     | 電源二次電圧監視    |         |    | 警報出力・表示<br>リレー出力ロック     |
|        | 制御電源(一次)断   |         |    |                         |

表2にF-MPC60A形の機種構成と機能一覧を示す。従来機器の置換え機能複合化のほか、内部自己診断、開閉回数計測、故障トリップ回数、電流プリアラーム、トリップコイル断線監視、事故値記録などは、保全データとして有効に活用できる。

3.2 基本設計思想

F-MPC60シリーズは、受配電設備における保護継電器のデジタルマルチ化を主眼とし、併せて電力エネルギー管理、電気設備管理も含めた、電気設備マルチ端末機能を有している。ここにおいて、保護継電器は適用期間中昼夜を問わず、必要なときは確実に動作し、かつ不要な誤動作は防止することが絶対条件である。

この点を踏まえた設計思想は、万一の部品故障時における「誤遮断動作の防止と検出」および「誤不動作故障の早期検出」をポイントとし、ハードウェア、ソフトウェア両面に工夫を凝らしてある。

F-MPC60Aのハードウェア構成を図4に、自動監視機能を表3に示す。異常動作防止のポイントは、ハードウェア二重化とアンド動作により、万一の部品故障時でも誤遮断に至る確率を大幅に低減するとともに、誤遮断につながる一方の部品故障は常時監視により即時検出し、また誤不動作側の部品故障については、電源投入時およびその後24時間ごとの自動点検により検出している。

操作構造面においては、万一の誤動作(ヒューマンエラー)防止のため、遮断器の「入・切操作スイッチ」は、前面ケースカバーおよびカバー付操作スイッチの併用による二重安全カバー構造とし、万一の誤操作防止を図るとともに、大形押しボタンスイッチの採用により、従来盤の操作性をできるだけ踏襲するものとした。また、設備立上げ時の現地調整時間短縮を狙いとして、パネル前面から操作可能な試

図5 F-MPC60Aの外観



験モード機能を有しており、当該者以外の不要な操作を防止するため、キースイッチを採用している。外観を図5に示す。

4 F-MPC04 および F-MPC04P

F-MPC04 シリーズは、電気エネルギー管理、電気設備管理、電気品質管理などに必要な計測機能を1台に凝縮したデジタル形多回路マルチメータである。環境 ISO 14000 シリーズや省エネルギー法への対応も踏まえた、省エネルギー管理システム構築において、コストパフォーマンスに優れた現場機器を提供するものである。

4.1 開発の狙いと製品機能仕様

「部署別、設備別の電気使用量を把握したいが、導入コストが高い」「既存電気設備が有効活用できれば、順次計画的予算化も可能だが」、工場・事業所のエネルギー管理責任者のこのような声は多い。

このような背景から、新設はもとより、既設盤の改造で、設備導入コストを抑えながら、個別の電力使用量や電気設備管理データが把握できることを狙いとして商品化を行っている。シリーズ製品の機能を表4に示す。

F-MPC04 は、電気エネルギー監視のほか、設備管理、予防保全、漏電リレー機能も内蔵したトータル電気設備管理用の配電監視ユニットである。また、F-MPC04P は、機能を電気エネルギー監視に必要なものに限定し、小形化を図った電力監視ユニットである。計測ユニット部（通信機能含む）と表示・設定器ユニット部を分離構造とし、現場に表示ユニットを不要の場合、計測ユニット単独使用（通信端末ユニット機能）も可能とした。また、1台の表示・設定器で最大5台まで計測ユニットの表示・設定を可能としており、分電盤などのフィーダ規模に応じた、経済的な機種構成を可能としている。図6に F-MPC04 の外観を、また図7に F-MPC04P の適用図を示す。

4.2 適用方法

F-MPC04 シリーズは、既設盤の改造や新設盤への適用

表4 F-MPC04シリーズの機能仕様一覧

| 項目        | F-MPC04     |  | F-MPC04P            |
|-----------|-------------|--|---------------------|
|           | 配電監視ユニット    |  | 分電盤用電力監視ユニット        |
| 適用電圧母線数   | 1VT         | 2VT                                    | 1VT                 |
| 機能        | 計測          | V, A, W, Wh, 最大W<br>var, 漏れ電流          | -                   |
|           | 表示          | 上記計測アイテムほか                             | -<br>(分離表示設定器)      |
|           | 予防保全        | 電流ブリアラーム出力<br>漏電ブリアラーム出力               | -                   |
|           | 保護          | 漏電遮断出力<br>事故値表示                        | -                   |
|           | 保守          | 電流・電力デマンド<br>および最大値, 高調波<br>電圧・電流, 履歴値 | -                   |
| 適用回路      | 1 2w        | (10)                                   | (10)                |
|           | 3 3w (1 3w) |  | (12フィーダ)<br>(8フィーダ) |
|           | 3 4w        | -                                      | (6) (4フィーダ)         |
| 外部インタフェース | Tリンク        | (Whパルス付き)                              | -                   |
|           | RS-485      | (Whパルス付き)                              |                     |

図6 F-MPC04の外観



など、用途・予算に応じた各種適用が選択可能となっている。表5に構成機器とその機能を示す。

以下に、主として組合せ CT の種類選択による、既設盤・新設盤への適用例を図8~11に示す。なお、新設盤においては、ZCT 付配線用遮断器（形式：SA形100~800Aフレーム）と組み合わせることにより、漏電電流監視・漏電遮断システムも省スペースで構築できる。

5 電力監視システム

電気設備管理システムに対する要求事項をまとめてみると、日報・月報自動作成、デマンド監視、状態監視などの監視機能から、運転中診断・劣化診断などの診断機能など幅広い要求がある。当然のことながら、受電規模の大小により要求も異なり、導入コストと導入効果を踏まえた選択

図7 F-MPC04P 組合せ適用図

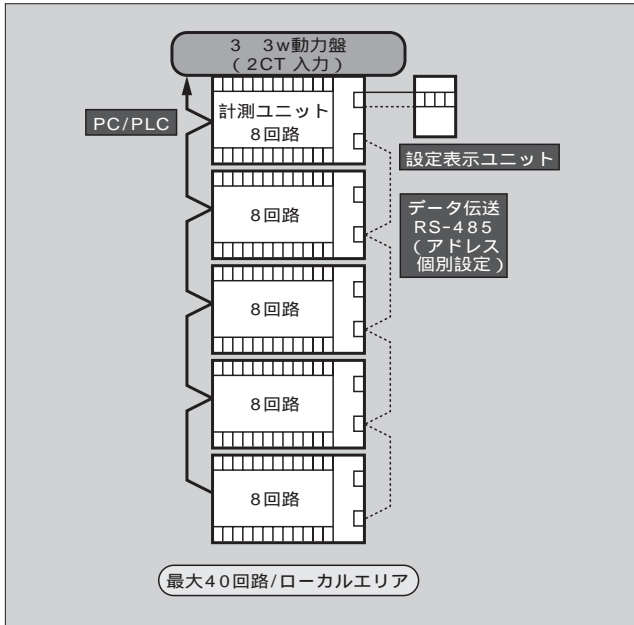


表5 F-MPC04シリーズの組合せ機器

| 組合せ構成機器                             | F-MPC04  | F-MPC04P   |
|-------------------------------------|--|--|
|                                     | 配電監視ユニット   | 分電盤用電力監視ユニット   |
| (1) 本体ユニット (CTインターフェース) (計測表示・設定機能) | 配電監視ユニット (CTボックスによる) (前面パネル部)  | 分電盤用電力監視ユニット (CTダイレクト入力) (別置：表示・設定器)                   |
| (2) CTボックス (ZCT接続端子付き)              | 5ACTボックス<br>1ACTボックス<br>直接入力CTボックス   | 不要   |
| (3) 出力ユニット (警報・遮断出力ユニット)            | ターミナルリレー   | -  |
| (4) 組合せCT                           | 貫通形CT (x x / 5 A)<br>貫通形CT (x x / 1 A)<br>分割形CT (x x / 1 A)<br>小形分割形CT (5 A / x x) | 小形分割形CT (5 A / x x)<br>分割形CT (50, 100, 200, 400 A専用CT) |
| (5) 組合せZCT                          | (6)項MCCB内蔵品 EW形 (富士電機製)  | -  |
| (6) 組合せMCCB                         | ZCT付配線用遮断器 (SA形100~800 Aフレーム)<br>既設配線用遮断器 (ZCTは(5)項EW形による)                         | -  |
| (7) 表示・設定器                          | -  | 表示・設定器   |

がなされている。ただし、共通していることは、パッケージ化による低コストな管理システム供給への要望は多い。

富士電力監視システムは、汎用パーソナルコンピュータ (パソコン) を活用してパッケージソフトウェアにより経済的なコストでシステムを実現することを狙いとしたものである。

5.1 省エネルギーの着眼点と推進方法

省エネルギーの推進方法は、下記2種類に大別される。

図8 既設盤・小形分割形CT (既設CT 流用)

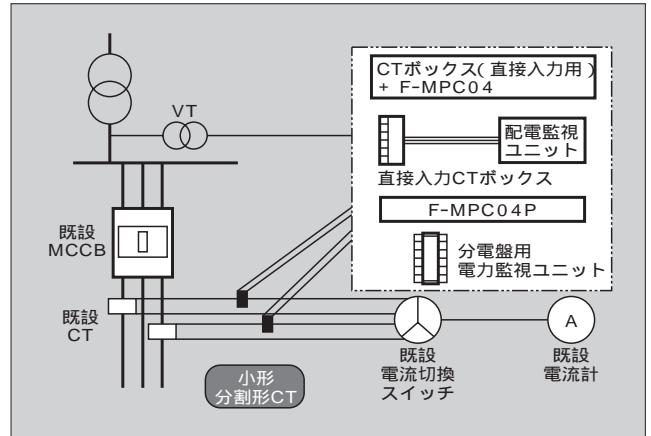


図9 既設盤・分割CT 装着

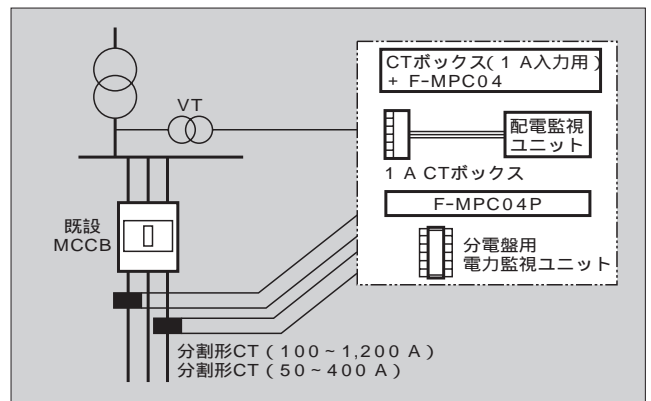
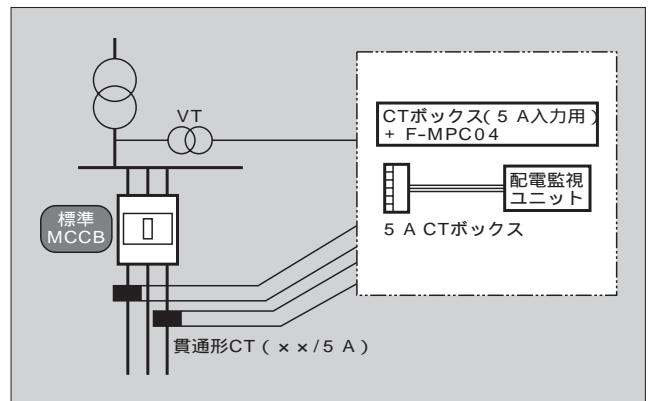


図10 新設盤・汎用CTと標準MCCB



- (1) 高効率電気設備導入による、エネルギー有効活用と削減
- (2) 生産にリンクしたミニマムエネルギー消費プロセスへの見直しによる、無駄の削減
  - (1)は、動力設備におけるインバータや高効率電動機の採用、受配電設備における高効率変圧器の採用や配電電圧・配電方式の見直しによる配電ロスの低減がある。さらに、電気エネルギーの有効利用の観点を含めると、自動力率調整器による力率改善や、デマンドコントローラによる電力消費の平準化があげられる。
  - (2)は稼働時、非稼働時、昼休みなど、生産にリンクした

図 11 新設盤・汎用 CT と ZCT 付 MCCB

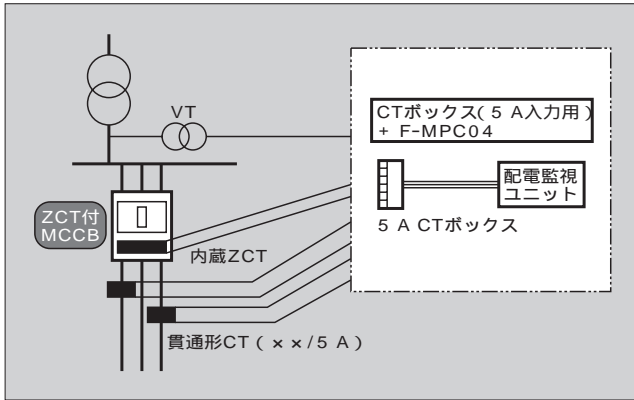
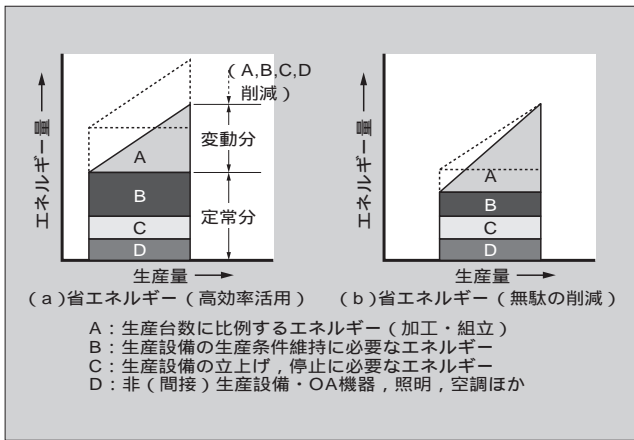


図 12 省エネルギー推進の着眼方法



エネルギー消費システムの構築による、無駄の削減である。両者の電気エネルギー削減の概要比較を図12に示す。

F-MPC シリーズは特に<sup>2)</sup>の推進において、実態把握、解析、対策立案および効果の確認を容易にするものである。省エネルギーへの取組みは、「エネルギーの使い方を、よく見て、よく調べて、よく検討して、必要なエネルギーを、必要なときに、必要な量だけ消費するシステム構築」が必要である。このためには、従来のグロス管理でなく、きめ細かいデータに基づく管理により、改善意欲の向上と省エネルギー活動の活性化を図る必要がある。

企業活動において、エネルギーコストの削減はそのまま利益に直結するものであり、また原単位管理によるエネルギーコストの削減、生産にリンクしたプロセスの構築は、物量変動に左右されにくい強い体質を得るものである。

## 5.2 富士電力監視システム

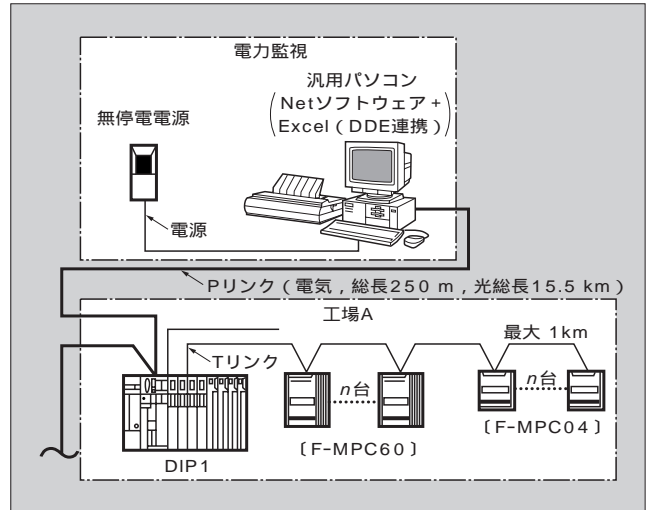
### 5.2.1 システムハードウェア構成

電力監視システムの標準構成を図13に示す。汎用パソコンはDOS/Vパソコン（PC/AT互換機）を用いる。DIP（Data Interface Processor）は、各種 F - M P C シ リ ー ズ と

注1 DOS/V：日本アイ・ピー・エム（株）の商品名称

注2 PC/AT：米国 International Business Machines, Corp. の商

図 13 電力監視システム標準構成



### 品名称

パソコンの仲介を行うものであり、電力監視を主体としたデータ収集を行い、そのデータを整理して上位パソコンに渡すための、端末データ処理ユニットである。これにより、パソコンはF-MPCの種類を意識することなく、データ処理を容易にしている。

### 5.2.2 ソフトウェア構成

従来、一般的に用いられてきた専用システムソフトウェアは、保守性に難があり、容易に変更できないといった難点が指摘されている。

本パッケージソフトウェアは、OS（Windows NT<sup>注3</sup>）上で動作し、監視・表示を行う。また、収集データはExcel<sup>注4</sup>へDDE（Dynamic Data Exchange）連携で渡されるので、ユーザーフォーマットでの日報・月報といった帳票やグラフの作成・印刷・保存も、利用者が容易に作成可能となっている。パッケージソフトウェアが提供する機能を図14に示す。なお、Excelへのデータ渡しは、パッケージソフトウェアに組み込まれた「表計算連携設定画面」にて行い、該当データに対するExcelのセル番号の設定で行うことができる。

### 5.2.3 ネットワーク構成

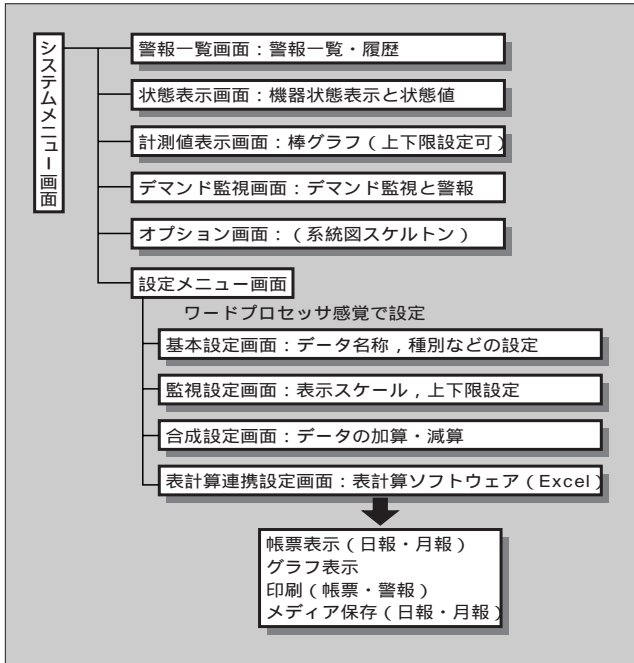
図13は富士電機のプライベートネットワークシステムによる構成を示すものであり、フィールドネットワークとしてTリンク、コントローラ間ネットワークとしてPリンクの階層構造となっている。DIPおよびパソコンスロット装着のPリンクカードおよびパッケージソフトウェアにより、通信を意識せずネットワーク構築ができる。

また、F-MPCシリーズは外部通信インタフェースとして、汎用性が高いRS-485品もそろえており、パソコンや汎用コントローラの電気設備端末として容易に接続可能としている。

さらに、最近では電話回線網をデータ通信に用いる利用者も増えている。PHS（Personal Handyphone System）無

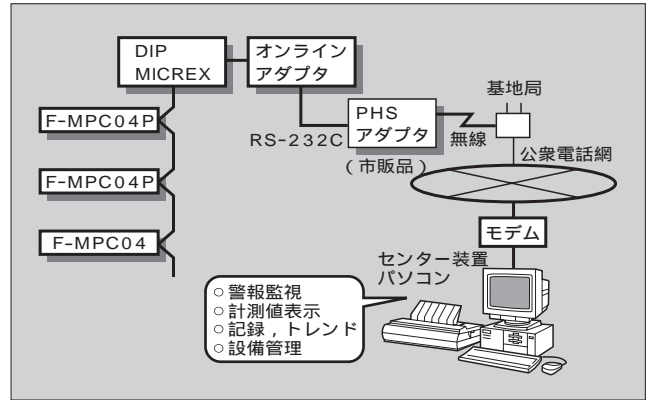
注3 Windows NT：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図 14 パッケージソフトウェア標準画面構成



注 4 Excel : 米国 Microsoft Corp. の登録商標  
 線を利用した電力監視システムを図15に示す。電気室や盤単位でDIPに収集されたデータを、オンラインアダプタを介して市販のPHSアダプタに接続する。オンラインアダプタには、自己電話番号、通信先電話番号などの初期設定、ATコマンド設定を行うことによりPHS通信への対

図 15 PHS 無線を利用した電力エネルギー監視システム



応も可能としている。

### ⑥ あとがき

受配電設備の高信頼性要求の高まりや、省エネルギー推進機運の高まるなか、システム化による対応という観点から紹介を行った。今後さらに現場受配電機器との連携・親和性を含めた開発に努力していく所存であり、需要家各位のご指導をお願いするとともに、本稿が受配電設備の新設・リプレース時に少しでも参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- (1) 電気学会：保護継電工学，オーム社（1993）



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。