

# 保護・制御システムの高度な付加機能を実現するイントラネット技術

Intranet Technologies Realizing Additional Smart Functions for Power System Protection and Control Systems

犬飼 道彦  
INUKAI Michihiko

長谷川 修  
HASEGAWA Osamu

高荷 英之  
TAKANI Hideyuki

特集  
②

変電所に設置されている保護・制御装置をネットワーク端末化することによって、保護・制御システムに高度な付加機能を備えることができる。保護・制御装置をネットワーク端末化するための手段として、当社では、イントラネット技術を応用したNCU( Network Computing Unit )基板を開発した。保護・制御装置にNCU基板を組み込むことにより、例えば、遠隔保守機能や故障点標定機能を備えた保護・制御システムを容易に、しかも経済的に構成することができる。

Power system protection and control equipment in substations can be provided with additional smart capabilities by operating them as network terminals. We have developed the network computing unit (NCU) board as one of the solutions for such applications. By inserting NCU boards, a protection and control system integrated with additional functions, such as remote maintenance and fault location, can be easily and economically constructed.

## 1 まえがき

変電所に設置される保護装置は、電力系統設備を保護するために系統事故を瞬時に検出して事故除去を行う。また、制御装置は、系統設備の監視制御を効率よく運用するために使用される。従来、これらの装置を遠隔保守するパソコン(PC)には、専用ソフトウェアをインストールする必要があった。また、送電線上の故障点を演算する故障点標定装置では、専用の装置や設備を追加設置する必要があった。しかし、保護・制御装置にイントラネット技術を適用することによって、従来より容易に、しかも経済的に遠隔保守システムや故障点標定システムを構築することができる。

ここでは、保護・制御装置をネットワーク端末化するために当社が開発したNCU基板について述べる。また、適用事例として、中部電力(株)佐久変電所に納入した保護・制御装置の遠隔保守システムと、佐久変電所とその対向端となる変電所に納入した故障点標定システムについて述べる。

## 2 ネットワーク端末化

NCU基板は、保護・制御装置をネットワーク端末化して保護・制御装置が処理している情報をもっと有効に利用するために、当社がイントラネット技術を応用して開発したものである。

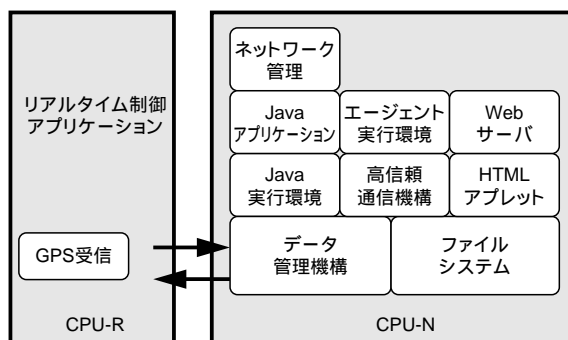
従来の保護・制御装置において、HI(Human Interface)画面の表示とユーザーとの対話的操作の処理をしていた基板を、この基板と同等の処理をネットワーク経由で行える

(注1) Javaは、米国SunMicrosystems社の商標。

NCU基板に置き替えることによって、保護・制御装置をネットワークに容易に加入させることができる。なお、NCU基板が組み込まれても、保護・制御装置がもともと持っている電力系統の保護・制御にかかわる基本機能には影響しないように配慮されている。

NCUのソフトウェア構成を図1に示す。CPU-Rで得た電流量情報や接点情報、装置状態情報などをCPU-Nで必要な形態に加工して、ネットワークに送出することができる。

CPU-Nは、Java<sup>(注1)</sup>アプリケーションソフトウェア(以下、アプリケーションと略記)を実行するためのプラットフォームであり、Webサーバ機能や高信頼通信機構、データを一元的に扱えるデータ管理機構、モバイルエージェントの動作環



HTML : HyperText Markup Language

図1 . NCUのソフトウェア構成 NCUは、保護・制御装置で必要とされるリアルタイム演算を行うためのCPU( CPU-R )と、ネットワーク対応の処理を行うCPU( CPU-N )を搭載している。二つのCPUは相互に情報を授受する。

Software configuration of NCU

境などを備えている。そのため、保護・制御装置にNCUを組み込めば、容易にイントラネット応用システムを構築できる。

また、NCU基板は、GPS(Global Positioning System)インタフェースを備えており、電流・電圧のサンプリングデータにGPSから得た正確な時刻を付加できる。それゆえ、広域に分散設置された保護・制御装置で得られた電流・電圧データの時刻合わせができ、故障点標定システムや系統現象解析システムへ容易に応用できる。

### 3 遠隔保守システム

#### 3.1 ネットワーク構成

中部電力(株)佐久変電所の遠隔保守システムのネットワーク構成を図2に示す。

遠隔保守システム用サーバは、複数のモデムを制御可能なルータを内蔵し、所掌となる複数の変電所にアクセスできる。保守箇所と変電所は、電力会社所有の専用線によって結ばれており、電力会社外部からのアクセスが排除可能であり、セキュリティが確保されている。各変電所には1組のルータとモデムを設置し、遠隔保守対象となるすべての装置で伝送回線を共有している。これにより、変電所の任意の保護・制御装置に遠隔の保守箇所からアクセスできる。

#### 3.2 遠隔保守システムのHIソフトウェア

遠隔保守するためのHI画面は、PCの汎用ブラウザで表示できる。従来の遠隔保守システムで、遠隔PCにインストールしていた専用ソフトウェアは不要になる。



図3 . HI画面の例 汎用ブラウザで表示できる。  
Example of human interface display

ユーザーがPC上の保護制御装置一覧から任意の装置を選択すると、選択した装置のNCUのWebサーバ機能によって、選択した装置のHI画面がブラウザで表示される。HI画面の例を図3に示す。

#### 3.3 リモートHIとローカルHI

遠隔保守システムの導入によってユーザーの利便性は向上するが、一方で保護・制御装置の運用に関するユーザーの基本的な考え方は変えないことが求められる。

そこで、遠隔で実施してはいけない作業と、遠隔で実施してもよい作業を切り分け、この分類に従ってアクセスができるローカルHIとリモートHIと呼ぶ2種類のHI画面を用意した。ローカルHIとリモートHIそれぞれから操作・表示できる項目を表1に示す。

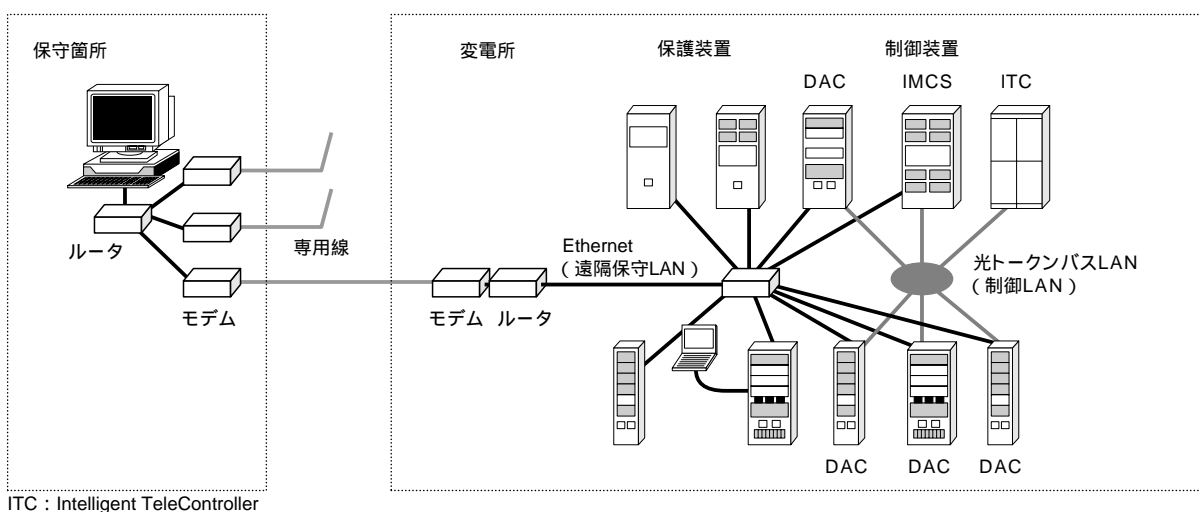


図2 . 遠隔保守システムのネットワーク構成 遠隔保守システムのネットワークは、変電所構内に構築したEthernet<sup>(注2)</sup>LANと、保守箇所に設置された遠隔保守システム用サーバと変電所を結ぶ専用線によって構成される。NCUを組み込んだ保護装置やDAC、集中監視制御装置(IMCS)がEthernet LANに接続されている。

Network configuration of remote maintenance system

表1. ローカルHIとリモートHIの機能概要  
Functions of local and remote human interfaces

項目	機能概要	ローカル	リモート
整定	リレー整定(設定)変更・表示	可	不可
試験制御	強制制御,試験設定,オシログラフ設定	可	不可
自動点検	自動点検設定(点検時刻設定)	可	不可
補助設定	現在時刻設定,記録消去	可	不可
運用状態	運用状態,リレー動作,入力電流量	可	可
動作内容	最新動作内容,動作履歴	可	可
異常内容	最新異常内容,異常履歴	可	可
装置概要	保護方式,収納リレー要素,特記事項	可	可

保護・制御装置前面のコネクタに直接PCを接続した場合に表示されるのがローカルHI画面である。

一方,ユーザーが支援システムLAN経由で装置へアクセスした場合には,すべて遠隔操作とみなし,リモートHI画面をユーザーに提供している。

リモートHIでは,保護装置の動作情報や装置の故障情報などに限って表示を行い,整定や設定ができる画面は表示できない。

#### 4 故障点標定(FL: Fault Locator)システム

##### 4.1 FLシステムのねらい

中部電力(株)佐久変電所とその対向端子となる変電所を結ぶ送電線において,高機能のFLシステムを構築した。

このシステムは,佐久変電所に納入した回線単位制御装置(DAC)に組み込んだNCU基板に,FLシステムの情報収集端末としての機能を持たせて実現したものである。NCU基板を内蔵した保護・制御装置のない既設変電所には,NCT(Network Computing Terminal)と呼ぶ小形で安価なネットワーク情報端末を設置して電流量や機器状態情報の

取得ができるようにした。NCTについては,この特集の論文“イントラネット技術を実現するコンポーネント(p.53)”を参照願う。

DACやNCTを端末装置として用いたFLシステムが,従来のFLに比べてネットワーク指向であることから,総括してネットワーク型FLと呼ぶ。

ネットワーク型FLシステムの構成を図4に示す。このようなシステムを実現することによるメリットは,以下のとおりである。

- (1) 第二世代デジタルリレーハードウェアを適用した保護・制御装置では,高速・高精度のAD(アナログ-デジタル)変換により高精度で高速サンプリングの電流量(電圧,電流)情報を取得している。それゆえ,送電線の両端に設置された保護・制御装置のサンプリングタイミングを高精度に一致させるだけで,高精度なFLを実現するための電流量情報が容易に得られる。
- (2) 機器状態情報を組み合わせることにより,系統事故発生時の系統状態に最適な演算アルゴリズムを自動的に選択することができる。
- (3) 電流量情報を取得する箇所と故障点標定演算を行う箇所との間に伝送路が必要となるが,伝送路は遠隔保守システムと共用することができる。また,昨今のPCの高性能化から,FL親装置と遠隔保守システム用サーバの兼用もできる。

##### 4.2 FLシステムの処理概要

ネットワーク型FLの端末機能を持つ装置は,GPSによって得られる同期用時刻情報によって高精度にサンプリングタイミングを同期させている。

FLシステムの動作の流れを図5に示す。故障点標定対象となる送電線で系統事故が発生すると(①),FL端末となっている装置はFL用内蔵リレー要素の動作により,故障継続

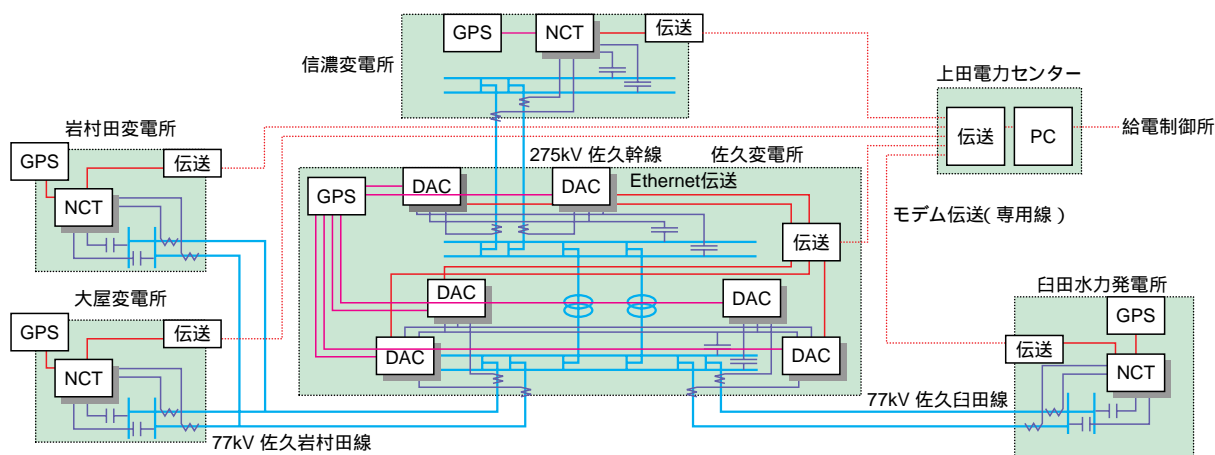


図4. ネットワーク型FLシステムの構成 変電所のNCU, NCTをFL端末とし,保守箇所にあるFL親装置とFL端末を伝送ネットワークで接続する。  
Configuration of network-centric fault location system

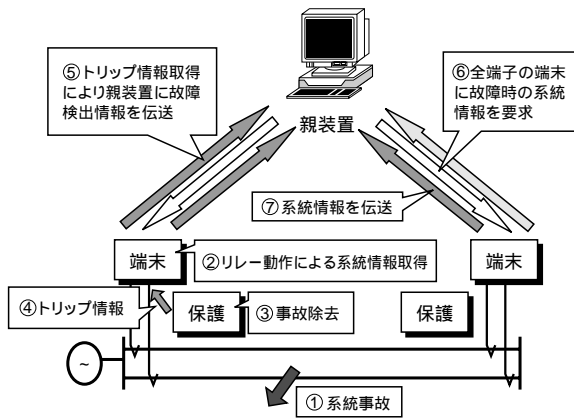


図5 . FLシステムの動作の流れ 系統事故発生から系統情報の伝送までの処理の流れを示す。

Operation sequence of fault location system

中の電気量情報を取得する(②)。送電線保護装置は事故除去すると(③)、トリップ情報をFL端末に送る(④)。FL端末装置はFL親装置に対して電気量情報及び機器状態情報から成るFL用情報の伝送を行う(⑤)。なお、保護装置の動作情報がなかった端子についても、FL親装置からのリクエストによってFL用情報の伝送を行う(⑥、⑦)。

FL用情報は、伝送プロトコルとしてTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)を用いて、COMTRADE<sup>(注3)</sup>に準拠したデータフォーマットで伝送している。

FL用情報は、機器開閉状態を表すデジタル情報と、電気量情報を表すアナログ情報などから成る。アナログ情報としては、FL端末がサンプリング周波数を5,760 Hz、AD変換精度を16ビットとして得た電気量情報を基に、電気角15度(1,440 Hz)ごとの情報を生成して用いる。

伝送されたFL用情報は、保守箇所には設置されているFL親装置のデータベース上に記録される。

FL親装置は、系統事故のあった送電線の機器開閉状態から運用状態を判別し、最適な故障点標定アルゴリズムを選択しFL演算を行う。FL演算結果は、FL親装置のディスプレイ上に表示されるとともに、FL親装置に内蔵したCDT (Cyclic Digital Telemeter: サイクリックデジタル情報伝送装置)伝送機能を用いて給電制御所に伝送される。

(注3) COMTRADEは、電力系統の過渡現象を記録するIEEE規格。

系統事故発生からFLシステムの仕上がりまでの時間は、伝送上のボトルネックとなる変電所 - 保守箇所間の伝送が9,600 bpsである場合でも5分以内となるように考慮されている。以上の処理は、人間系を介さず全自動で行われる。

なお、FL端末が設置されていない分岐負荷からは事故発生中の負荷量情報を得ることができないため、事前にユーザーが設定した値をFL演算に用いる。ところが、実際の負荷量が事前設定値と異なっていると、その差異が原因となって故障点標定誤差が現れる。このため、ユーザーが負荷量を修正して再演算できる機能も備えている。

## 5 あとがき

保護・制御システムに付加する機能として、佐久変電所の遠隔保守システムとFLシステムについて述べた。佐久変電所では、遠隔保守システムとFLシステムでネットワーク設備を共用したこと、変電所制御装置で取得される電気量情報をFLにも利用したことによって、システム構築費用を大幅に低減することができた。

イントラネット技術を応用したNCUやNCTの適用により、保護・制御システムに更に高度な機能を付加することができる。当社では、オシログラフ機能の統合やモバイルエージェントによる巡視点検や事故速報作成の機能などに、現在取り組んでいる。



犬飼 道彦 INUKAI Michihiko

電力システム社 電力事業部 電力系統技術部。電力系統の保護・制御システムのエンジニアリングに従事。電気学会会員。  
Transmission, Distribution & Hydraulic Power Systems & Services Div.



長谷川 修 HASEGAWA Osamu

電力システム社 府中電力システム工場 電力システム制御部 主査。変電所監視制御システムの開発・設計に従事。電気学会会員。  
Fuchu Operations - Power Systems



高荷 英之 TAKANI Hideyuki

電力システム社 府中電力システム工場 電力システム制御部 主務。保護継電器の開発・設計に従事。電気学会会員。  
Fuchu Operations - Power Systems