

道路電源システム技術

Technologies for Road Power Supply Systems

大塚 隆 安達 俊朗

■ OTSUKA Takashi

■ ADACHI Toshiro

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の普及、発達により、道路インフラ設備は多種多様化し、高度化が進んでいる。これら設備に電力を供給する道路電源システムは、本来の目的である“安定した電力供給”はもとより、コスト削減や環境保全を考慮した付加価値も求められている。

このような市場のニーズに適したシステムを、信頼性や保守性を損なうことなく構築することが重要な課題となっており、東芝は、長年培ってきたノウハウに新規技術を連携させて、取組みを進めている。

Road infrastructure facilities have been expanding and progressing with the development and diffusion of Intelligent Transport Systems (ITS). Road power supply systems, which supply electric power to these facilities, must not only fulfill their original purpose of providing a stable supply of electric power, but are also now being required to offer added value in consideration of cost reduction and environmental preservation.

The construction of systems that conform with these market requirements without any deterioration in reliability and maintenance is therefore an important issue. Toshiba is tackling this issue using the latest technologies and long-accumulated know-how in this field.

1 まえがき

道路電源システムは、トンネルやインターチェンジなどの付帯設備に電源を供給するシステムであり、道路照明や道路情報板など従来のインフラ設備のほか、VICS (Vehicle Information and Communication System : 道路交通情報通信システム) やETC (Electronic Toll Collection system : ノンストップ自動料金収受システム) をはじめとするITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の設備にも電源供給を行っている。

近年におけるITSの普及、発達は著しく、道路インフラ設備は多種多様化し、高度化が進んでいる。これに伴い、道路電源システムの重要度は増しており、高信頼性と高品質はもちろんのこと、経費削減や環境保全の観点から、省スペース化、省エネルギー化、及び新エネルギーの活用といったニーズも高まっている。

2 道路電源システムへの適用技術

2.1 遠方監視制御機能付き道路電源システム

道路インフラ設備及び道路電源システムを正常かつ効率的に運転するためには、これら設備の状態を常に的確に把握し(監視)、安全かつ正しく操作すること(制御)が必要である。

道路設備は各所に数多く点在しており、一定の地区ごとに集中的に監視制御を行うことが多い。遠方監視制御設備は

各設備と中央監視室間の伝送を行う設備であり、従来、道路電源システムと遠方監視制御設備は、その用途や構成部品の相違、危険分散の観点から別々に構成されていた。

しかし、保護継電器や計測機器、シーケンスコントローラなど、道路電源システムの構成部品の電子化が進み、信頼性も向上したことから、両設備の一体化は容易となった。このような技術的背景と、図1に示すような需要家のニーズを考慮して、両設備を一体化し機能向上を図った遠方監視制御機能付き道路電源システムを開発、製品化し、需要家へ納入している。

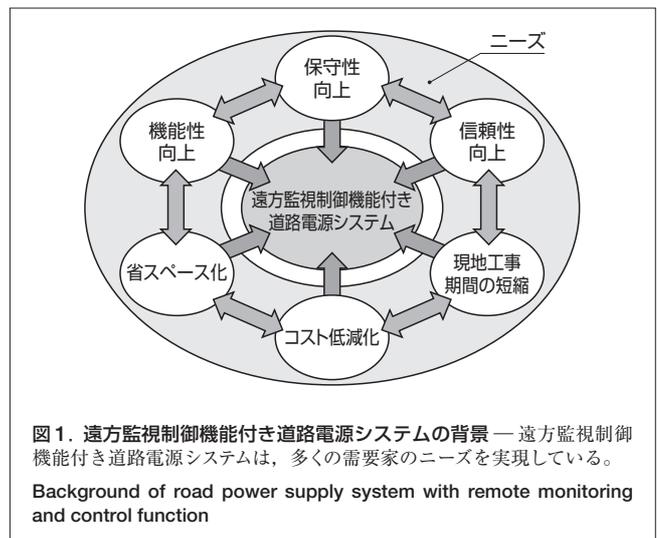
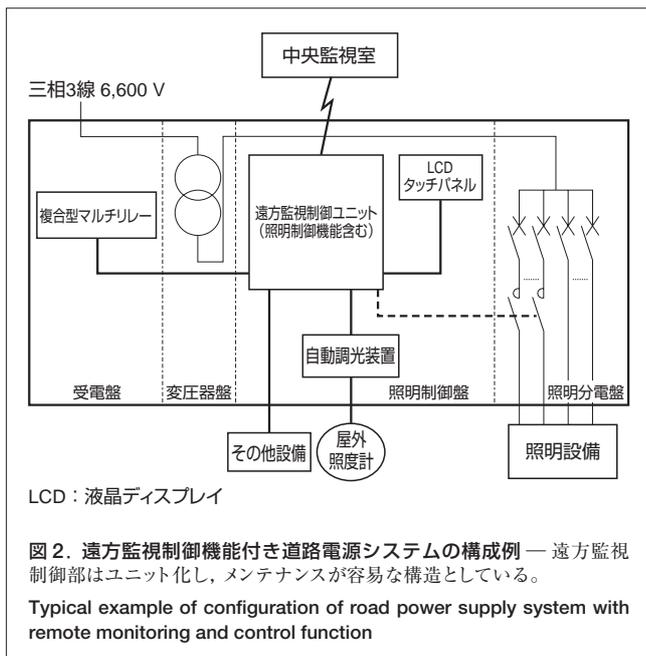


図1. 遠方監視制御機能付き道路電源システムの背景 — 遠方監視制御機能付き道路電源システムは、多くの需要家のニーズを実現している。

Background of road power supply system with remote monitoring and control function



当社における遠方監視制御機能付き道路電源システムの構成例を図2に示す。

現在、遠方監視制御機能付き道路電源システムは、主にインターチェンジやサービスエリア、パーキングエリアなどの小規模設備において普及が広まっており、今後は中短距離トンネルなどの中規模設備においても普及していくことが見込まれる。

設備規模が大きくなると、保守性や信頼性への配慮が必要となる。当社は、信頼性、保守性、及び電源システム機器と電子機器寿命の相違による機器更新時の対応などを考慮し、遠方監視制御部をユニット化することで、機器更新時や故障時などの対応が比較的容易に行える構造としている。

遠方監視制御ユニット内においても、Windows[®](注1)を搭載し24時間稼働が可能なコンピュータモジュール、照明制御をつかさどるシーケンス制御モジュール、他設備との取合いを行うインタフェースモジュールなどに細分化して構成し、機能分担と危険分散を図っている。

2.2 シェルター型道路電源システム

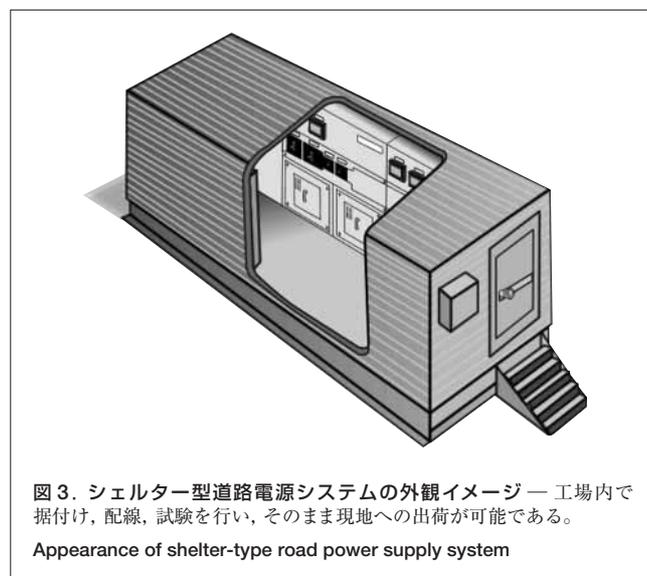
現在、道路電源システムの省スペース化に対するニーズが高まっているが、これは、道路電源システムを設置する電気室の建築費用削減に起因するところが大きい。

シェルター型道路電源システムはその名のとおりに、道路電源システムをシェルター内に収納して一体構造とすることで、省スペース化及び現地工事の工数削減による低コスト化を図ったものである。当社では、シェルター型道路電源システム用として、保守・メンテナンス時の作業性を損なわないよう

(注1) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。

に、構造についてもシェルターに適した設計を行っている(図3)。

シェルターの寸法が幅2,480 mm × 奥行10,100 mm × 高さ2,960 mm以内であれば、トラックで運送が可能であるため、工場内でキュービクルの据付けや配線作業を済ませ、組合せ試験完了後にそのまま出荷することができ、現地での作業を大幅に削減することができる。



2.3 トップランナー変圧器

電源システムで数多く使用されている変圧器は、2002年12月に省エネ法(正式名称:エネルギーの使用の合理化に関する法律)における特定機器に指定され、油入変圧器は2006年度から、モールド変圧器については2007年度から、トップランナー方式が導入される。トップランナー方式とは、“現在商品化されている製品のうち、もっともエネルギー消費効率が優れている機器の性能以上にする”というものであり、これにより、高压配電用変圧器は一部の機種を除き、事実上トップランナー変圧器が出荷されることとなる(表1)。道路電源システムにおいても、使用される変圧器はこの適用を受け、新規製作品についてはトップランナー変圧器が納入されつつある。

表1. トップランナー変圧器の対象範囲
Applicable range of top runner transformer

適用機種と範囲	除外機種
油入変圧器・モールド変圧器 一次電圧：6 kV又は3 kV 二次電圧：100～600 V 単相 10～500 kVA 三相 20～2,000 kVA 電力会社向け柱上変圧器を除く一般用途	ガス絶縁変圧器 H種乾式変圧器 スコット結線変圧器 モールド動灯変圧器(油入は適用) 水冷又は風冷変圧器 多巻線変圧器

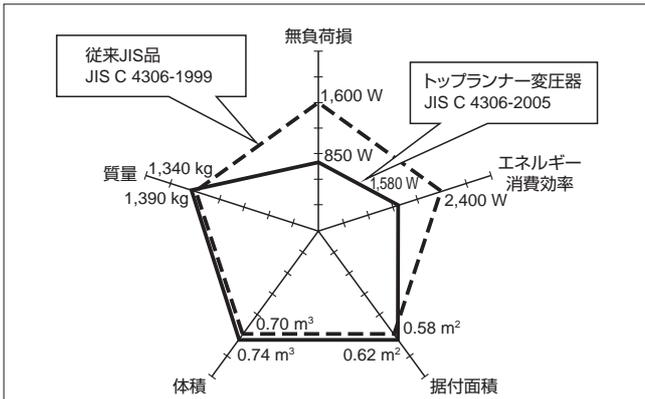


図4. トプラランナー変圧器と従来品との比較例 — 寸法は従来JIS品とほぼ同等で、40%の省エネルギーを実現している(三相モールド50 Hz-500 kVA 6.6 kV-210 Vの場合)。

Example of comparison between top runner transformer and conventional transformer

図4の例に示すように、トプラランナー変圧器は従来のJIS標準品(JIS C 4304-1999準拠の油入変圧器及びJIS C 4306-1999準拠のモールド変圧器)に比べ、質量や寸法はほぼ同等であるが、損失は約40%低減している。また、当社は、質量や寸法は標準品の約1.5倍となるが、損失を約50%低減した高効率変圧器も製作している。

道路インフラ設備の多くは24時間(h)稼働であり、一般的に20年間運用されることを考慮すると、その累積効果は大きい。トプラランナー変圧器導入による省エネルギー効果を試算した例を以下に示す。

(1) 試算条件

- ・型式：三相モールド変圧器
- ・容量：500 kVA
- ・平均負荷率：40%
- ・運転時間：24 h
- ・稼働日数：365日

(2) 試算例

(a) 標準変圧器の損失による年間消費電力：

$$((\text{無負荷損}) + (\text{負荷損}) \times (\text{負荷率})^2) \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ 日}$$

$$= (1,600 \text{ W} + 5,020 \text{ W} \times 0.40^2) \times 24 \times 365$$

$$= 21,052 \text{ kWh/年}$$

(b) トプラランナー変圧器の損失による年間消費電力：

$$((\text{無負荷損}) + (\text{負荷損}) \times (\text{負荷率})^2) \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ 日}$$

$$= (850 \text{ W} + 4,580 \text{ W} \times 0.40^2) \times 24 \times 365$$

$$= 13,865 \text{ kWh/年}$$

(c) トプラランナー変圧器導入による二酸化炭素 (CO₂)

の削減量：

$$(\text{変圧器の電力損失}) \times (\text{CO}_2 \text{換算係数})$$

$$= (21,052 \text{ kWh} - 13,865 \text{ kWh}) \times 0.378 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$$

$$= 2,717 \text{ kgCO}_2/\text{年}$$

よって、トプラランナー変圧器の導入により、年間7,187 kWhの電力量削減(11円/kWhとすると、年間79千円の電気料金削減)、2,717 kgのCO₂削減効果が期待できる。

2.4 NaS 電池システム

NaS 電池システムはナトリウム (Na) と硫黄 (S) を活物質として用いた電力貯蔵システムである。排気ガスやCO₂は発生せず、エネルギー密度が高く、省スペースで大容量化が可能なことから、電力貯蔵システムとして需要が高まっている⁽²⁾。

NaS 電池と他の電力貯蔵用電池との特性比較を表2に示す。

表2. NaS 電池と他の電力貯蔵用電池との特性比較

Comparison of characteristics of sodium sulfide (NaS) battery and other batteries for electric power storage

電池の種類	NaS	レドックスフロー	鉛	
開路電圧	(V)	2.08	1.0	2.04
理論エネルギー密度	(Wh/kg)	780	100	110
	(Wh/l)	1,000	120	220
充放電効率	(%)	90	80	85
作動温度	(°C)	280~350	40~80	5~50
電解質	ベータアルミナ 固体電解質	バナジウム硫酸 水溶液	硫酸 水溶液	
補機	ヒータ	酸循環ポンプ 冷却装置	補水装置	
副反応	なし	水素発生	水素発生	
自己放電	なし	あり	あり	

NaS 電池システムの主な用途は、大容量電力の充放電能力により電力系統と電力授受を行うLL (Load Leveling : 負荷平準化) である。

道路インフラ設備の電力需要は、換気負荷と照明負荷が中心であり、道路通行台数に大きく影響されるため、夜間は少なく、昼間にピークを迎えることが多い。図5に示すように、電気料金の安い夜間に充電し、昼間の電力使用ピーク時に放電することで電力負荷の平準化が行え、次のメリットがある。

- (1) 契約電力低減による電気料金の削減
- (2) 昼夜間の電気料金格差による電気料金の削減

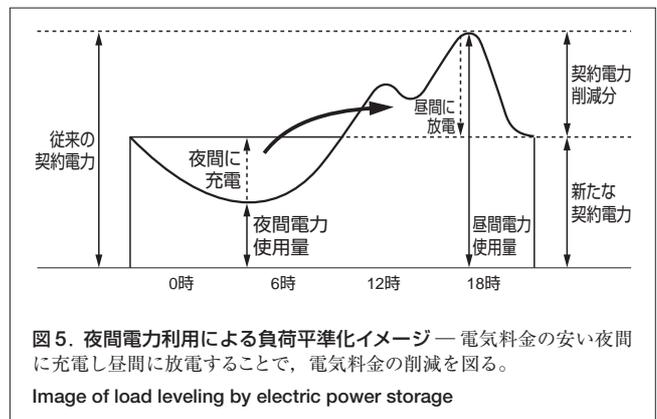


図5. 夜間電力利用による負荷平準化イメージ — 電気料金の安い夜間に充電し昼間に放電することで、電気料金の削減を図る。

Image of load leveling by electric power storage

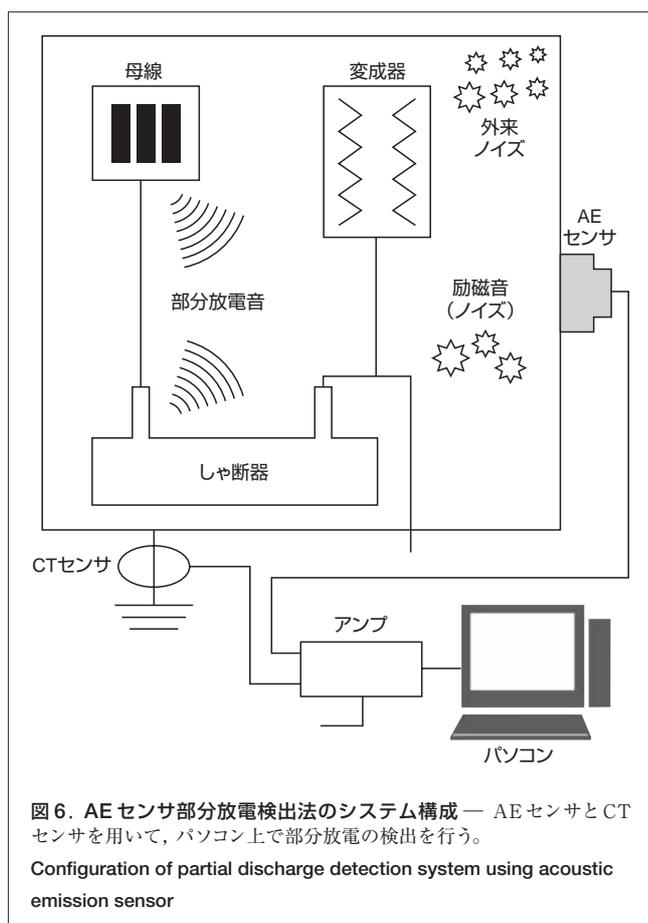
2.5 電源システムの絶縁劣化診断

設備診断は主に、更新推奨時期に近づいた設備あるいは更新推奨時期を経過した設備に対して実施される。更新推奨時期は安全性や信頼性の考慮のほか、“標準使用条件下で、製造メーカーによって定められた保守・点検を行って使用した場合に、機器構成材の老朽化などにより、新品と交換したほうが経済性を含めて一般的に有利と考えられる時期”とされており、運用・保守も含めた低コスト化という観点からも設備診断は重要である。

電源システムの診断には、設備を停止して実施する停電診断や、通電状態で実施する活線診断、製造業者の工場で行う分析診断など様々な手法があり、実際にどの手法を用いるかは、設備の設置状況や運用条件に加えて、診断の技術的な有効性と経済性の兼合いがポイントとなる。

前述のとおり、道路インフラ設備の多くは24時間稼働であるため、完全停電での設備診断は一般的に困難である。

ここでは、受配電設備に対して、活線状態で行える絶縁劣化診断技術“AEセンサ^(注2)部分放電検出法”について紹介する。



(注2) Acoustic Emission センサ。材料の微小破壊に伴って放出される弾性波を検知する装置。

機器の絶縁物において空隙(くうげき)などの欠陥があるとその部分で放電が生じ、その部分放電は絶縁物の劣化を促す。長期的にこの部分放電が生じた場合は絶縁破壊につながるおそれもあり、部分放電測定は、設備の絶縁劣化診断の代表的な手法として実施されている。

当社では、可搬型の検出装置を用いた部分放電測定を行っており、通電状態のままAEセンサと高周波CT(Current Transformer)センサによって部分放電を検出することができる。

この際、放電とノイズを識別するため、パソコン上で解析を行う。この作業時のシステム構成を図6に示す。

また、診断時だけの一時的な測定ではなく、部分放電、結露、温度、圧力などの状態を常時監視し、自動異常判定するシステムも提供しており、継続的な保全管理能力の強化も可能としている。

3 あとがき

電子機器の高信頼化により、電源システムの電子化が、段階的ではあるが確実に進んでいる。ITSの発達は著しく、道路電源システムは今後ITSとの連携が更に強くなっていくことが予想される。当社は、ITSのトータルソリューションカンパニーとして、ユーザーの視点にたったシステム構築を目指していく。

文献

- (1) 望月敏明, ほか. 道路電源システム. 東芝レビュー. 57, 12, 2002, p.27-31.
- (2) システム開発. NGKレビュー. 60, 3, 2004, p.33-37.



大塚 隆 Otsuka Takashi

社会システム社 社会システム事業部 官公システム技術部。
道路システムのエンジニアリング業務に従事。
Infrastructure Systems Div.



安達 俊朗 Adachi Toshiro

社会システム社 社会システム事業部 官公システム技術部
参事。道路システムのエンジニアリング業務に従事。電気設備
学会会員。技術士(電気・電子部門)。
Infrastructure Systems Div.