

省エネ・新エネ対応及び電源品質改善のためのパワーエレクトロニクス

Power Electronics for Energy Saving, New Energy, and Electric Power Quality Improvement

吉野 輝雄
YOSHINO Teruo

川口 章
KAWAGUCHI Akira

芦崎 祐介
ASHIZAKI Yusuke

最近の産業用受電・電源システムのニーズは、環境保全に貢献する省エネルギー・新エネルギー(以下、省エネ、新エネと略記)システム及び生産設備安定運転のための電源品質改善の2点に集約される。当社は、これらの需要にこたえるため、オゾンナイザ電源、パルス電源、負荷回生装置、SVCS、アクティブフィルタなどの製品群を整備している。また、電源設備の課題を解決するための最新技術であるパワーエレクトロニクス(以下、PEと略記)装置を適用するにあたり、システム設計、システム解析ほかの技術サポート面をあわせて整備している。すなわち、PE装置の提案だけでなく、その適用方法を含め、新時代の電源設備の実現を総合的にサポートしようとするものである。

Two issues of increasing importance in the field of industrial electric power supply facilities are contribution to environmental preservation through energy saving and renewable power generation, and electric power quality improvement to ensure the stable operation of electronic and information devices in production facilities.

Toshiba has developed various power electronics products in response to these needs. Furthermore, Toshiba provides support in system design and system analysis in order to identify appropriate solutions with advanced power electronics. In other words, Toshiba proposes power electronics solutions from the aspects of both products and support for their application.

1 まえがき

1997年に開催された地球温暖化防止京都会議(COP3)において、温暖化ガスの排出量削減が義務づけられたことを契機に環境保全活動が広まり、ISO14001^(注1)の認証取得、省エネ・新エネ設備の導入、温熱併給発電設備(コジェネレーション)の導入などにより、化石燃料消費削減、二酸化炭素(CO₂)ガス排出削減などの環境保全活動が多く行われている。

また、一方、情報・通信技術の発展により、工場やオフィスでは、インバータモータ、パソコンなどのエレクトロニクス装置が多数使用されるようになった。エレクトロニクス装置を安定に運転するためには、瞬低(瞬時電圧低下)・電圧変動・電圧ひずみの少ない品質の良い電源が要求される。

このような背景の下、当社は、受電設備及び電源設備向けPE製品群の充実に加え、昨今の電源環境ニーズにこたえる設備を計画・構築するための技術サポートの準備を進めてきた。

2 PE製品群

2.1 自然環境保全のためのPE製品群

当社では、太陽光発電及び燃料電池発電向けのパワーコンディショナなどを既に製品化しているが、更に環境保全に

(注1) 国際標準化機構(ISO)の環境マネジメントシステム規格。

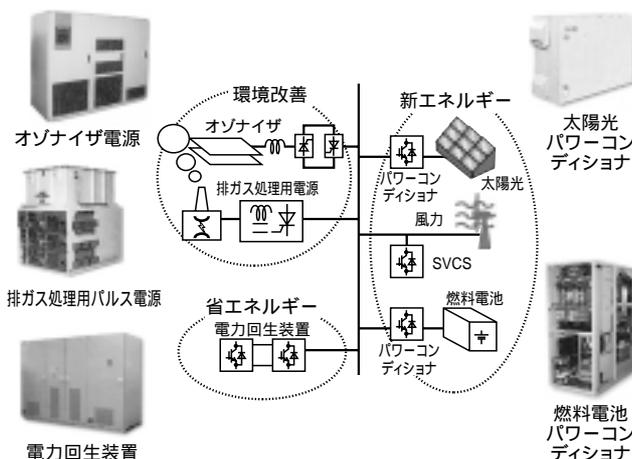


図1. 自然環境保全のためのパワーエレクトロニクス製品群 新エネ・省エネにより環境保全に寄与する製品群、また、直接的に環境改善に貢献する製品群を示す。

Power electronics products for environmental preservation

貢献する製品開発を続けている(図1)。

- (1) オゾンナイザ用自励式電源装置 上水道の浄化設備などに適用されるオゾンナイザの電源は、従来はサイリスタ式装置であったが、自励式変換器を適用した新シリーズ装置の開発が完了した。新装置は、PWM(Pulse Width Modulation)コンバータと負荷共振型インバータから構成され、高力率運転及び高調波低減が可能にな

った(表1)。また,オゾナイザは,脱臭,消毒,有機物の分解なども可能なので,多様な環境改善分野への応用を提案している。

表1.新旧オゾナイザ電源の比較

Comparison of new and conventional power supplies for ozonizer

項目	新型自動式	従来型サイリスタ式
入力率	0.97以上	0.8
高調波	総合2%以下	総合8%

(2) 排ガス処理用パルス電源装置 廃棄物焼却時に発生する排ガス中に含まれるダイオキシンなどの有害物質については,対策が急務である。対策の一つとして,コロナ放電により有害物質を分解するシステムが提案されている。当社では,コロナ放電を高効率で行うための半導体式パルス電源を開発した。直列共振型インバータ,磁気パルス圧縮などの最新パルスパワー技術を結集したコンパクトな電源であり,100kV程度の高電圧パルスを1秒間に1,000回出力できる。

(3) 電力回生装置 従来は,被試験装置の負荷として抵抗器などを接続し,試験電力を熱として消費していたが,試験電力を電源に回生(リサイクル)する装置を開発した。IEGT(Injection Enhanced Gate Transistor)素子を適用したPWM変換器で,電力変換する装置である。交流電力のリサイクル例を図2に示すが,直流電

力を含む様々な電力リサイクルに適用可能である。この装置は,当社府中事業所に設置,変換器通電試験の一部に適用され,約5,000kWh/月の節電効果を上げている。

2.2 電源環境改善用PE製品群

生産設備や情報通信設備を取り巻く電源環境には,新しい課題が現れてきた。これらの課題を解決するためのパワーエレクトロニクス製品群を図3に示す。また,これら製品の適用を簡単にまとめたものを表2に示す。

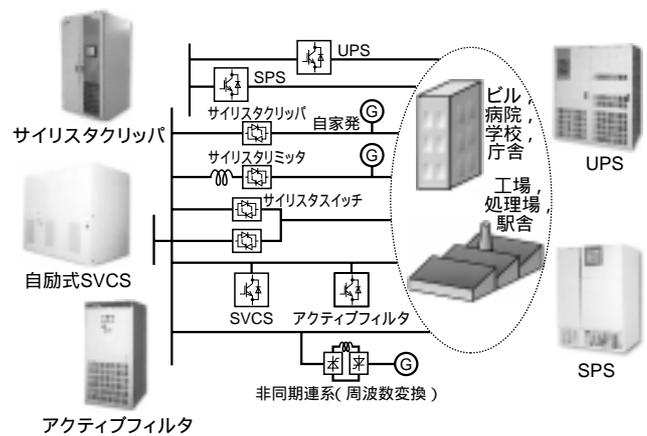


図3.電源環境改善のためのパワーエレクトロニクス製品群 エレクトロニクス化の進んだ生産設備に,安定した高品質の電力を供給する製品群である。

Power electronics products for electric power quality improvement

表2.パワーエレクトロニクス装置の適用一覧

Application of power electronics products

装置	現象	停電瞬低	電圧変動	力率改善	電圧平衡	高調波抑制
UPS		○	○	○ (1)	○	○ (1)
SPS		○	○			
SVCS			○	○	○	
アクティブフィルタ			○	○	○	○
サイリスタリミッタ・クリップ		○ (2)				
非同期連系		○ (2)				

- 1: PWMコンバータ採用
- 2: 自家発などの別電源との組合せ

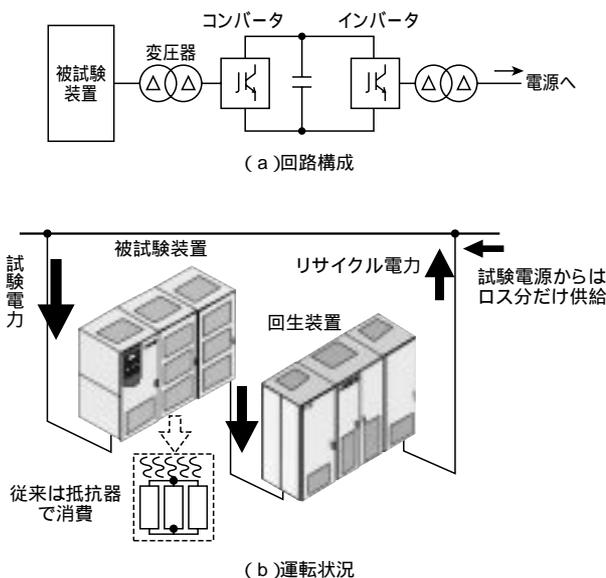


図2.電力回生装置 使い捨ての電力をリサイクルし,省エネに寄与する。

Electric power recycling equipment

(1) 瞬低 落雷・機器事故などで瞬低が発生すると,生産プロセスの停止,製品品質の低下,情報通信設備のシステムダウンなどの被害が発生するおそれがある。無停電電源装置(UPS),SPS(Stand-by Power Supply)による対策は既に良く知られているが,商用電源のほ

かに自家発電(以下,自家発と略記)などの別電源がある場合,サイリスタによる対策も可能である。すなわち,サイリスタにより自家発系統を高速に切り離し,買電系統の事故波及を軽減,運転継続を図る手法である。詳細は,次章で述べる⁽¹⁾⁽²⁾。

(2) 電圧変動 激しい負荷変動による高速な電圧変動は,静止型無効電力補償装置(SVCS)により対策可能である。特に,フリッカ現象は日常生活に直接影響があることから,従来から対策が進められている。当社は,70年代初頭にサイリスタ式SVCSを製品化,84年に世界初の光直接点弧サイリスタ適用SVCSを製品化した。87年には,更に高速制御が可能な自励式SVCSを製品化,20セット近くの納入実績がある⁽³⁾⁽⁴⁾。

(3) 電圧ひずみ 生産設備のインテリジェント・情報化に伴い高調波が増加傾向にあり,機器の誤動作・焼損などが顕在化している。アクティブフィルタは発生源からの高調波電流成分を打ち消す動作原理であり,受動フィルタに比較し,複数調波に対応可能,系統構成変化や負荷運転条件などの影響を受けにくい特長があり,当社は80年代に製品化,多くの設備に高調波対策設備として納入している。

3 パワーエレクトロニクス適用のための技術サポート

瞬低,高速電圧変動,波形ひずみは1サイクル程度の時間オーダの現象であるため,従来の設計手法では対策立案が困難な場合がある。したがって,単にパワーエレクトロニクス装置(ハードウェア)の提供だけではなく,システム評価技術(ソフトウェア)を含む総合的な技術サポートを提供する必要があると考えている。

当社では,SVCSやアクティブフィルタを導入する際,容量選定,導入効果予測などの技術サポートを実施してきた。また,大容量変換器適用設備では,システム解析を行い,設備計画・効果予測を行う技術を蓄積してきた。

3.1 システム解析のメリット

電源設備の計画・改善ステップは ①目的・課題の明確化, ②立案, ③効果評価, ④実施に分けられるが,システム解析を行えば,①~③の各ステップで施策案の効果が定量的に掌握でき,効果の高い設備計画が立案できる。システム解析により事前評価可能な項目の例を表3に示す。

システム解析には時間とコストが掛かるが,設備投資効果予測精度の向上が期待され,総合的なメリットは大きいと考える。

3.2 システム解析例

システム解析につき,サイリスタリミッタ(Thyristor Limiter)を例にとり説明する。サイリスタリミッタは,逆並列接続したサイリスタと直列リアクトルから成り,買電系統事

表3. 解析内容と評価項目の例

Examples of system analysis contents and evaluation items

解析項目	解析内容例	評価可能項目例
交流電圧低下	・瞬時電圧低下量	・対策装置による効果 ・対策装置定格・容量
周波数安定性	・解列時自家発安定性 ・負荷変動時の自家発安定性	・対策装置による効果 ・発電機安定性 ・選択負荷遮断の必要性
電圧安定性	・解列時の電圧変動 ・負荷変動による電圧変動	・調相との協調 ・発電機安定性 ・選択負荷遮断の必要性
自家発安定性	・系統事故時のストレス ・解列時の安定性	・対策装置による効果 ・発電機安定性
電圧変動	・電圧変動量 ・無効電力補償量	・対策装置による効果 ・対策装置定格・容量
高調波	・高調波量 ・高調波補償量	・高調波対策の必要性 ・対策装置による効果 ・機器耐量 ・対策装置定格・容量

故発生時,リアクトルによる自家発系統電圧維持,サイリスタによる高速解列を行う装置である(図4)。

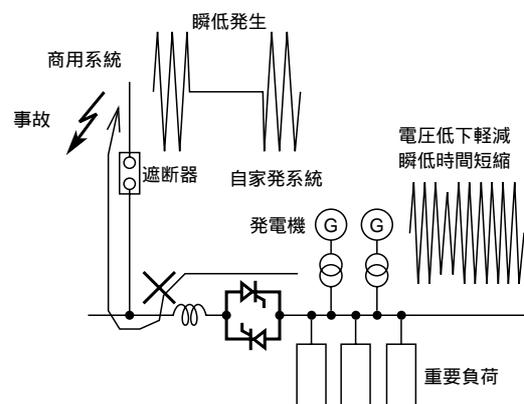


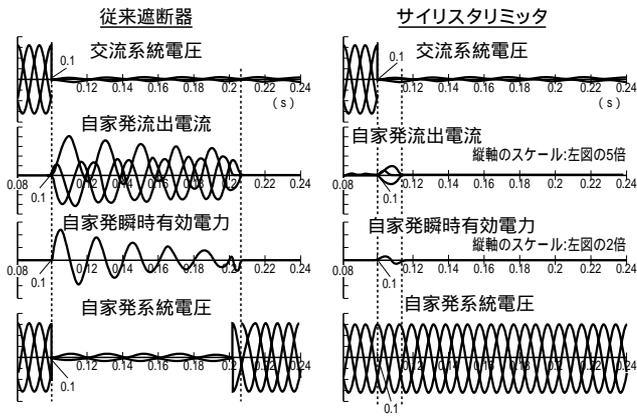
図4. サイリスタリミッタの動作
商用系統での事故の影響をサイリスタを適用し,高速に軽減する。
Operation of thyristor limiter

サイリスタリミッタ適用にあたり検討すべき課題として,例えば,高速検出整定及び発電機安定性を検討する必要がある。高速検出整定は,ミリ秒オーダで瞬時値評価を行う必要がある。一方,発電機安定性は,回転数・電圧変化を扱うので,数秒オーダの現象であり,実効値での評価を行う。当社では,解析ツールを適切に使い分け,二つの時間領域につきシステム解析を実施している。瞬時値解析及び実効値解析例を図5に示す。

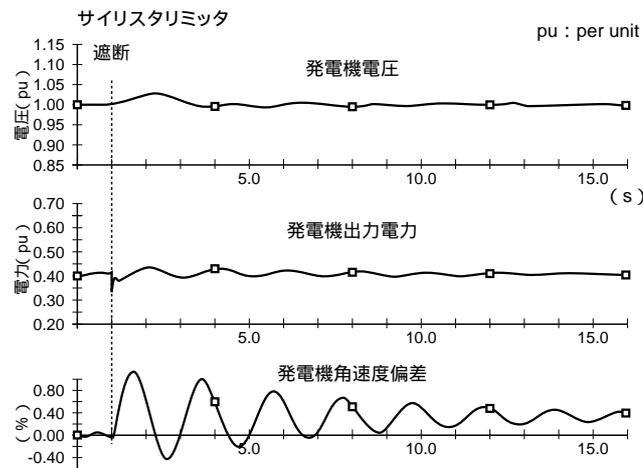
瞬時値解析ツールとしては,EMTP^(注2),EMTDC^(注3)など

(注2) Electro-Magnetic Transients Program: 電気回路の汎用過渡現象の解析プログラム。

(注3) EMTDCは,カナダManitoba HVDC Research Centre製の過渡現象解析



(a) 瞬時値解析例(EMTP)



(b) 実効値解析例(AC/DC)

図5. システム解析例 瞬時値解析, 実効値解析で, システム全体の動きを評価することができる。

Examples of system analysis

の汎用ツールを使用している。これらのツールを使用すれば, 図5(a)に示すように, 2方式の瞬間的な動きの視覚的比較評価などが可能である。実効値解析ツールとしては, 当社にて開発したAC/DCプログラムを使用した例を図5(b)に示す。このプログラムは, 交流機器に加え, PE機器を含むシステムの解析ができる。また, 発電機のモデルが充実しており, 周波数変動, 回転数変動, 電圧変動などを解析・評価できる。

このようなシステム解析技術は汎用性があり, 他のシステムにも適用可能である。また, 電源設備のデータを収集, 解

析データベースを構築しておけば, 逐次必要な修正を加えることで, 将来の電源設備の解析・評価を行う際に活用することができる。

4 あとがき

新エネ・省エネにより間接的に環境保全に貢献する製品に加え, 直接的に環境改善を行うPE製品, また, 産業用電源設備の新しい課題を解決するPE製品について述べた。

今後も, 自然環境保全や電源環境改善に, PEがますます貢献できるよう, 新素子IEGT適用をはじめとする技術開発, 技術サポートの充実を継続し, 電源設備への適用技術を含めた総合的なPE技術の向上に努力を続ける所存である。

文献

- (1) 堺 高見; 吉野輝雄. 電源の高信頼化・高品質化及び省エネルギーに適用されるパワーエレクトロニクス装置の動向. 紙バ技誌. 54, 4, 2000, p.34 - 42.
- (2) Yoshino, T.; Irokawa, S. "Trends of the Power Electronics Application to FACTS and Energy Management in Japan" 2000. IEEE PES WM 2000 Singapore.
- (3) 芦崎祐介. 新しいフリッカ分析技術とアクティブフィルタを用いたフリッカ制御装置. エレクトロヒート. No.90, 1996, p.15 - 23.
- (4) 青山文夫. 産業システムへの自動式インバータの適用 - 電圧フリッカ抑制装置. 東芝レビュー. 51, 4, 1996, p.28 - 30.



吉野 輝雄 YOSHINO Teruo

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 パワーエレクトロニクス部主幹。大容量パワーエレクトロニクス装置の開発に従事。電気学会, IEEE会員。
Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services.



川口 章 KAWAGUCHI Akira

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 パワーエレクトロニクス部グループ長。パワーエレクトロニクスの開発に従事。電気学会会員。
Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services.



芦崎 祐介 ASHIZAKI Yusuke

情報・社会システム社 府中情報・社会システム工場 パワーエレクトロニクス部主幹。パワーエレクトロニクス適用システムのエンジニアリングに従事。電気学会会員。
Fuchu Operations - Information and Industrial Systems & Services.