

革新的なエネルギーシステムの実現に向けた ユニバーサルスマートパワーモジュール (USPM) を開発

1. 概要

長岡技術科学大学工学研究院 技術科学イノベーション系 伊東 淳一教授(代表研究者)は、共同研究者の北海道大学 小笠原 悟司教授、折川 幸司助教、東京電機大学 横山 智紀教授、京都大学 引原 隆士教授、九州大学 野下 裕市助教、ヘッドスプリング株式会社 杉田 貴紀氏、日立 Astemo 株式会社 野中 賢一氏と共に内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP: エスアイピー)「IoE 社会のエネルギーシステム」において、テーマB: IoE 共通基盤技術の部門で平成30年からの4年間、「エネルギーデバイスへの応用を見据えた IoE 共通基盤技術」の研究開発に取り組みました。

本研究では、太陽光や風力などの再生可能エネルギーが主力電源となるエネルギー社会の実現に向け、図1のような高効率かつ安い値段でどこにでも使える新しい高速高性能電力モジュールであるユニバーサルスマートパワーモジュール (USPM) を開発しました。このモジュールは電力用インバータ (注1) の一種であり、これまではその開発に熟練した技術者と多数のノウハウを必要としたため開発期間が長くなり、開発費が増える問題がありました。この問題に対して、USPM はあらゆる要素技術を1つのパッケージに高度に詰め込んだ画期的なモジュールであり、それらをおもちゃのブロックのように組み合わせることで従来の電力用インバータをととても簡単に作ることができます。その結果、電力用インバータを短期間で開発・生産することが可能になりました。この研究成果は令和4年に開催された International Power Electronics Conference (IPEC) などの国際会議にて公開されました。

2. 本研究のポイント

電力用インバータは①大電力を変換する主回路、②主回路を制御するコントローラ、③半導体スイッチング素子を駆動するためのゲートドライブ回路、④電磁ノイズ (注2) を抑制するためのノイズフィルタの4つから構成されます。本研究ではこれらを高いレベルで1つにまとめる技術として、以下を開発しました。

- ・ 多数台の USPM を相互に連携し運用する自立分散制御手法
- ・ 指令値に高速高精度で追従する超高速フィードバック制御手法

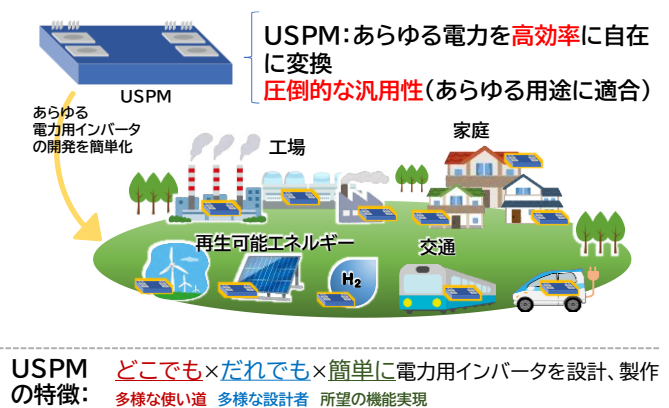


図1 USPM の概要

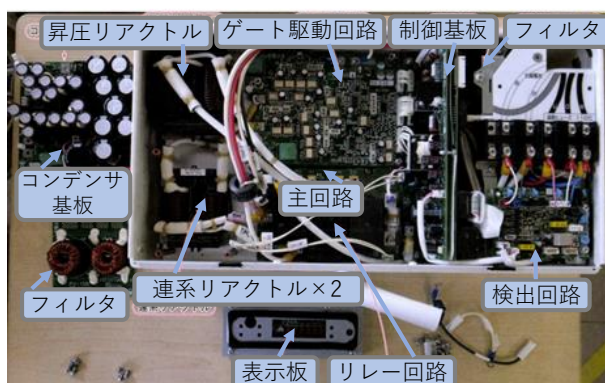
- ・ 半導体スイッチング素子の駆動電圧を自在に変えて、サージ抑制（注3）と低損失化するアクティブゲートドライバ
- ・ 小型安価な構成で広い周波数範囲の電磁ノイズを抑制可能なアクティブコモンモードノイズキャンセラ

3. 研究背景

電力用インバータは太陽光発電用パワーコンディショナや各種産業用機器、家電など、電気エネルギーを利用するあらゆる機器の中に使われています。これまでの電力用インバータはそれぞれの用途ごとに個別に最適設計されていました。しかし電力用インバータの設計には大電力を扱う強電部分と、制御を扱う弱電部分（部品間のアナログ・デジタル信号）、電磁ノイズ対策や放熱設計など、様々な分野の専門知識と複雑なノウハウが必要なため、熟練した技術者にしか開発ができませんでした。一方で、電気エネルギーの利用は、電気自動車をはじめとした新たな分野を含めて一層増加することが予想されます。こうした社会要求に対応するには、よりスピーディな開発と一般社会への普及が大切です。そこで本研究チームでは、先述のノウハウを持たない技術者であっても高性能な電力用インバータを簡単に作ることができる電力モジュールの開発を始めました。

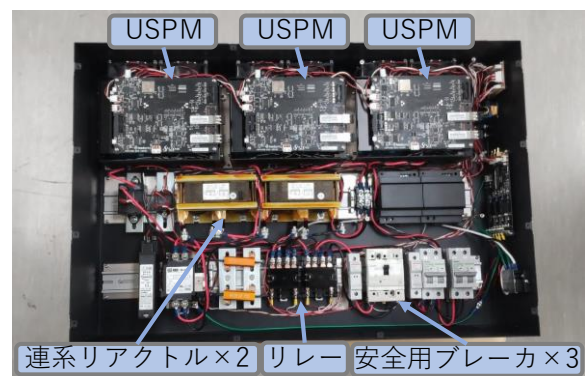
4. 研究内容・成果

USPM の最大の特徴は、USPM 自体が高い制御能力を持ち、電力を様々な形（直流、交流）に変換できるという点です。実現したい製品に応じて、おもちゃのブロックのように多数の USPM を組み合わせることで電力用インバータを組み立てます。一方で USPM は比較的大きな電力（数キロワット程度）を扱うため、周囲の機器に悪影響を与える電磁ノイズの抑制や、冷却体の小型化（電力損失の抑制）、高品質な電力供給が必要となります。また、あらゆるニーズに対応するための超高速制御、複数の USPM の動作を管理して一つの電力用インバータとして機能させるための統括制御手法の確立も必要となります。そこで本研究チームは電磁ノイズを効果的に抑制するアクティブコモンモードノイズキャンセラ、半導体スイッチング素子を低損失に駆動するアクティブゲートドライバ、超高速フィードバック制御技術、自立分散制御技術を統合した USPM を開発しました。



動力線,検出線,複数の基板で煩雑化
熱やノイズを考えた構造が必要

(a) 従来の電力用インバータによる構成



並べて配置して中身はスッキリ
(バッテリー機能やブレーカも追加)

(b) USPM による構成

図 2 USPM による電力用インバータの簡素化の例(パワーコンディショナ)

今後の展開

今後は USPM のさらなる小型化を目指し、損失が小さい次世代半導体スイッチング素子の適用や、無線通信技術による簡素化、USPM の種類を増やす開発を行っていきます。これにより USPM の使いやすさを極限まで高め、あらゆる電力用インバータの大量導入を促進します。本研究によって電力用インバータが誰でも簡単に作れるようにすることで、カーボンニュートラルの実現に貢献できます。

<用語説明>

注1： 電力用インバータ： 電力の形（直流、交流）を別の形に変える装置。装置の構成により、直流から交流、周期が短い交流から周期が長い交流、高い直流電圧から低い直流電圧などさまざまな変換が可能。

注2： 電磁ノイズ： 電子機器から漏れ出す強力な電磁波。他の機器の誤動作や故障を誘発する。

注3： サージ： 半導体スイッチング素子がスイッチングする際に発生する過大な電圧。機器の故障や電磁ノイズの原因となる。

【研究に関するお問い合わせ】

国立大学法人長岡技術科学大学

技学研究院 技術科学イノベーション系

教授 伊東 淳一（いとう じゅんいち）

電話：0258-47-9533 メール：itoh@vos.nagaokaut.ac.jp

【報道に関するお問い合わせ】

国立大学法人長岡技術科学大学

大学戦略課企画・広報室

電話：0258-47-9209 ファックス：0258-47-9010

メール：skoho@jcom.nagaokaut.ac.jp