

## 電力系統瞬時値解析プログラムの開発(その1)

## - 基本設計 -

## 背景

電力系統の瞬時値解析の分野では、従前の過電圧解析に加えて導入が進むパワーエレクトロニクス機器を含む系統の解析や電力品質の解析が必要とされ、瞬時値解析に対する需要が高まっている。しかしながら、現在、標準的に用いられている EMTP<sup>(1)</sup> には、計算過程でインダクタ電流やキャパシタ電圧が急変<sup>(2)</sup> した場合には実際には生じない数値振動が発生する等の問題がある。また、既開発のプログラムであるため解析ニーズに対応して柔軟に拡張、変更を行うことができない。以上より、解析性能が高く拡張性に優れた電力系統瞬時値解析プログラムが必要とされている。

## 目的

解析性能が高く拡張性に優れた電力系統瞬時値解析プログラムを開発する。

## 主な成果

1. 電力系統瞬時値解析プログラム XTAP (eXpandable Transient Analysis Program) を開発した。解析性能に関する EMTP-RV<sup>(1)</sup> との比較を表 1 に、拡張性に関する比較を表 2 に示す。また、表 1 の (a) に関する計算例を図 1 に示す。
2. 実用的回路規模の解析例として、XTAP により 3 相 PWM インバータの解析を行った結果を図 2 に示す。PWM パターンに応じた線間電圧が発生し、設計値通りの電流波形が計算されている。

(1) Electro-Magnetic Transients Program の略で電力系統の瞬時値解析に標準的に用いられているプログラム。最新版は EMTP-RV で、2004 年に開発が終了した。(2) パワーエレクトロニクス機器を含む解析で頻繁に生じる。

表 1 解析性能に関する XTAP と EMTP-RV の比較

	XTAP	EMTP-RV
(a) インダクタ電流、キャパシタ電圧急変時の計算	積分手法に 2 段対角型陰的ルンゲクッタ法 <sup>*1</sup> を用いているため、計算結果に数値振動を生じない。	積分手法に台形則と後退オイラー法を併用。台形則の使用により、現実には生じない数値振動を生じる場合がある。
(b) インピーダンス値が大きく異なる素子が共存する回路の解析	定式化にスパースタブロー法 <sup>*2</sup> を用いているため、ほとんど桁落ちが生じず、精度良く解析できる。	定式化に節点解析法の一つを用いているため、桁落ちが生じて計算精度が悪化する場合がある。
(c) 非線形素子を含む回路方程式の求解法	非線形特性 <sup>*3</sup> のほとんどが区分折れ線近似で与えられることに着目し、区分折れ線近似を利用したニュートンラプソン法を採用。収束の判定が簡単に収束性が良い。	従来のニュートンラプソン法を採用。複数の条件を複合的にチェックして収束を判定する必要がある。また、そのための収束定数の設定が難しい。

<sup>\*1</sup> 台形法とほぼ同等の精度および数値安定性を有し、かつ数値振動を生じない積分手法。当所研究報告 T01051 に電力系統長時間動特性解析への適用を目的とした詳しい検討がある。

<sup>\*2</sup> キルヒホッフの電流則、電圧則、各回路素子の特性方程式をそのまま書き下す方式の回路方程式定式化手法。行列のサイズが大きくなるが、疎行列(スパース)となることを利用すれば効率的に解くことができる。

\*3 避雷器 of 電圧 - 電流特性や変圧器鉄心の電流 - 磁束特性等。

表 2 拡張性に関する XTAP と EMTP-RV の比較

	XTAP	EMTP-RV
(a) 新規モデルの追加	C++ 言語を用いたオブジェクト指向に基づく設計により、解析コード本体を変更することなく新規モデルを追加できる。これにより今後のモデル開発作業が容易となる。	FORTRAN90 を用いた構造化言語による設計。新規モデルを追加するには、解析コード本体の改変が必要。
(b) 制御系の模擬	当所開発の電力系統動特性解析プログラム（通称 Y 法）と同等の制御系模擬ルーチンを有しており、これを用いた制御系を含む解析が可能。	独自の制御系模擬用の部品ライブラリを有しており、これを用いた制御系を含む解析が可能。

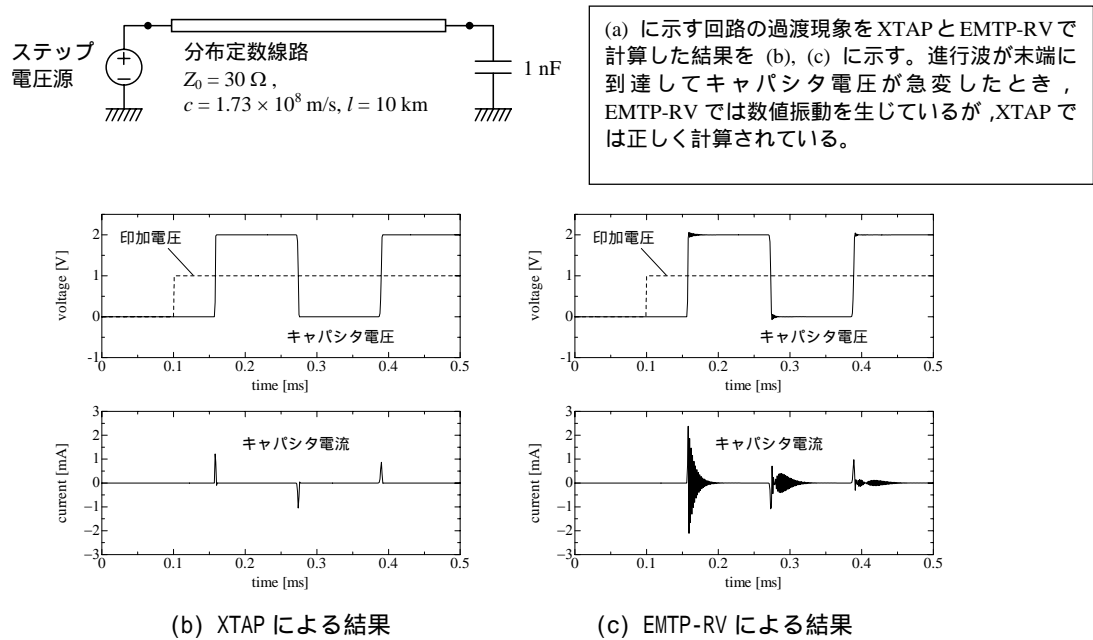


図 1 キャパシタ電圧が急変する回路の解析例

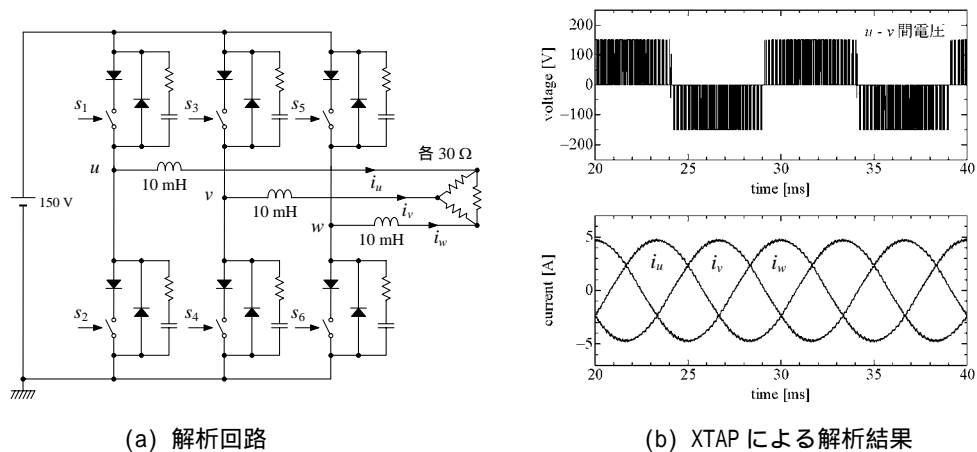


図 2 3相 PWM インバータ回路の解析

研究報告 H06002	キーワード：電力系統、瞬時値解析、数値積分手法、拡張性、パワーエレクトロニクス回路
担当者	野田 琢（電力技術研究所・高電圧・電磁環境領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 電力技術研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail : eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp