

XTAP 例題集		番 号	SSW-01
例題名	500 kV 垂直配列 2 回線送電線の開閉サージ計算		
分 野	開閉サージ計算		
文 献	<p>本研修コースのために作成した例題であるため、文献なし。</p> <p>※ 開閉サージ計算に関する一般的な情報については以下を参照のこと。</p> <p>電力中央研究所 総合報告 121</p> <p>「電力系統における開閉サージ性過電圧の検討」</p>		
概 要	<p>開閉サージ過電圧は、送電線や発変電所機器の絶縁レベルを決定する上で重要なファクタの一つである。</p> <p>本例題では、我が国でよく用いられる 500 kV 垂直配列 2 回線送電線における投入サージ計算を行う。上位変電所と下位変電所を結ぶ 500 kV 送電線を想定し、上位変電所において第 1 回線 (1L) の遮断器を投入したときの線路始端および終端に発生する過電圧の波形を計算する。実際の 500 kV 系統では、投入サージ過電圧軽減のため抵抗投入方式 (まず数 100 Ω 程度の抵抗を介して投入し、次いで 10 ms 秒程度後に抵抗を短絡して投入を完成する) が採用されているが、本例題では進行波現象の理解がしやすいよう、あえて抵抗なしの投入としている。なお、線路モデルには、電線および大地の表皮効果とその周波数特性を考慮できる周波数依存線路モデルを用いる。</p>		

## 解析回路・解析条件

投入サージ計算を行う系統の単線結線図を図1に、500 kV 送電線の装柱を図2に示す。

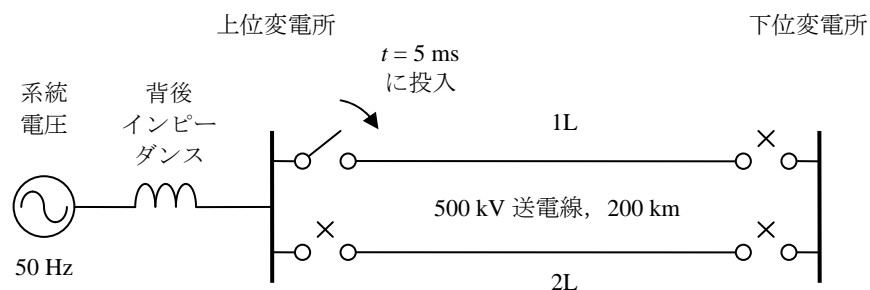


図1 投入サージ計算を行う系統の単線結線図

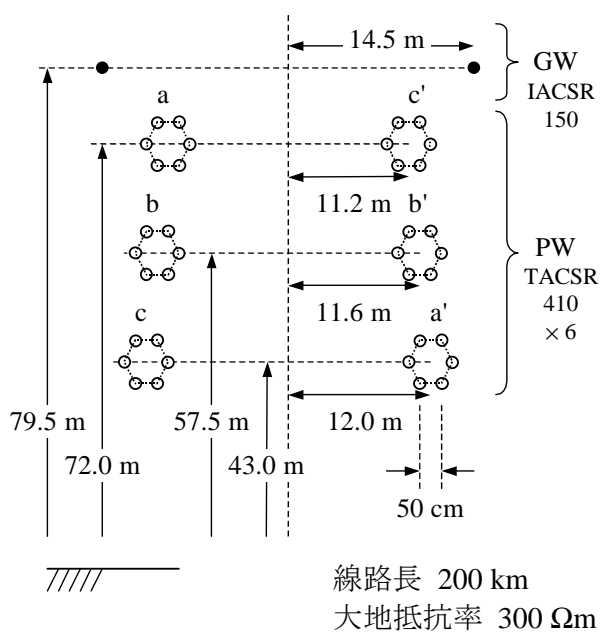


図2 500 kV 垂直配列2回線送電線の装柱

なお、図2の装柱は、例題 TL-02 のものと同じである。

### 【解析する現象】

上位変電所において 1L の遮断器を投入すると、送電線 1L の始端に電圧が印加される。3 相のうちいずれか 1 相において、投入のタイミングが系統電圧（正弦波）の  $90^\circ$  近くであれば、その相に大きな電圧が印加されることになる。本例題では、系統周波数を 50 Hz、系統電圧の a 相の初期位相が  $0^\circ$  であると仮定し、時刻  $t = 5 \text{ ms}$  で遮断器を投入することで、1L の a 相が波高値において投入される最過酷条件とした。多相分布定数線路上の進行波現象を直感的に理解することは難しいため、仮に 1L の a 相だけの単相分布定数線路を考える。1L の a 相に印加された電圧は、進行波として送電線上を伝搬し、約  $670 \mu\text{s}$  後（伝搬速度を光速として線路長から概算）に終端に到達する。終端に到達した進行波電圧は終端が開放条件（インピーダンス  $\infty$ ）であるため、正反射して 2 倍の過電圧を発生することになる。この過電圧が開状態である下位変電所 1L の遮断器の極間や近傍の母線・送電線のがい子間に発生して絶縁設計上の問題となる。その後、進行波は送電線上を往復反射し、線路長により決まる振動波形を示す。1L の a 相以外の電線には、誘導電圧が発生し、その誘導電圧も往復反射することになる。

上記のように単純に考えれば、通常運転時の対地電圧波高値の 2 倍の過電圧が発生することになるが、実際には、電線や大地の表皮効果とその周波数特性、他の相および他の回線との誘導現象などにより過電圧値が異なってくる。また、上位変電所もしくは下位変電所の母線に別の送電線が接続されている場合には、これらの線路で生じる往復反射現象も重畳され、一層複雑な過電圧波形となる。このような過電圧波形を手計算で得ることはほぼ不可能であり、計算には XTAP などのプログラムが必要となる。なお、実際の投入サージ解析では、遮断器投入タイミングのランダム性を考慮してモンテカルロ計算（統計計算）を行う。現状の XTAP にはこの処理を自動化する機能は無いが、近く追加する予定である。

### 【線路モデルの作成】

線路モデルには、電線および大地の表皮効果とその周波数特性を考慮できる周波数依存線路モデルを用いる。例題 TL-02 と同一の線路であるため、そちらを参照されたい。

### 【線路モデル以外の回路要素】

系統電圧模擬には「SIN 波電圧源」を用いる。上位系統の背後インピーダンスは、50 Hz、500 kV、1000 MVA ベースで 5 % 相当のインダクタンスを算出し、39.8mH とする。遮断器には、「遮断器ロジック付スイッチ」を用い、時刻  $t = 5 \text{ ms}$  で投入するよう設定する。

### 【解析条件】

解析条件は以下の通りとする。

- 計算時間刻み            10.0  $\mu$ s
- 計算終了時間            20.0 ms
- 表示開始時間            0.0 ms
- 表示終了時間            20.0 ms

### 【XTAP 入力例】

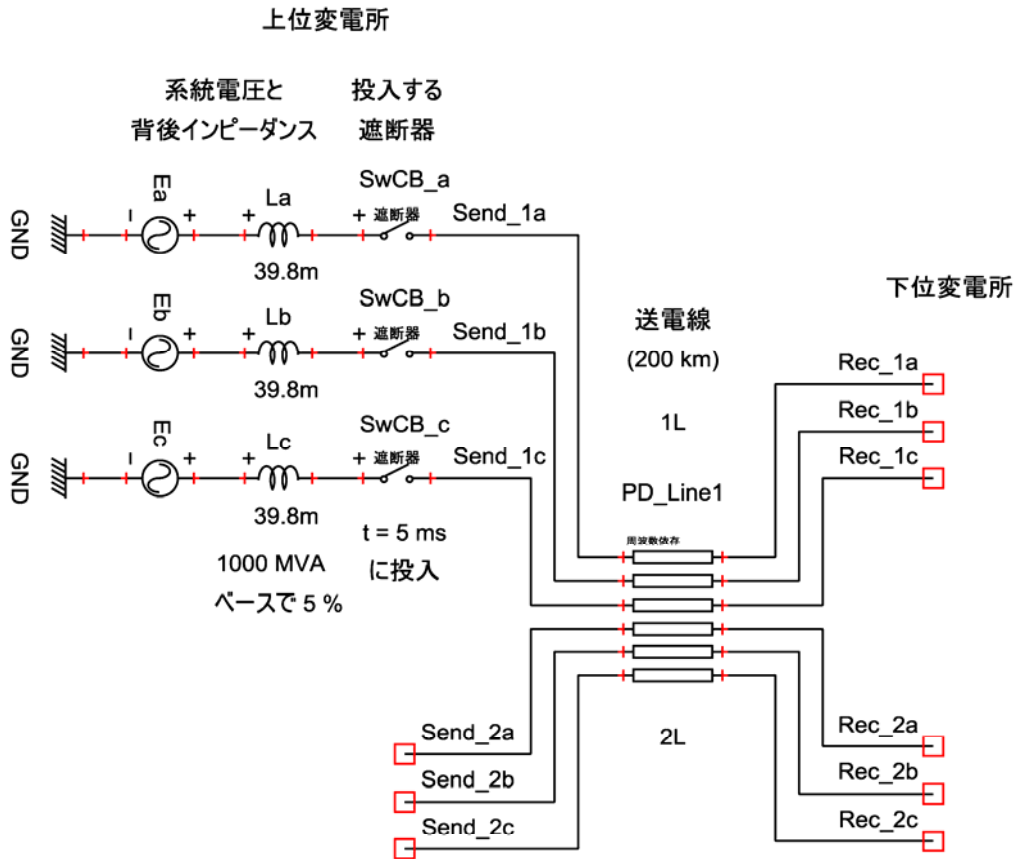
本例題を XTAP 上に作成した例を図 3 に示す。

## 解析結果

本例題を XTAP により実行した結果を図 4, 5 に示す。

以上

例題名：500 kV 垂直配列 2 回線送電線の開閉サージ計算 番号：SWS-01



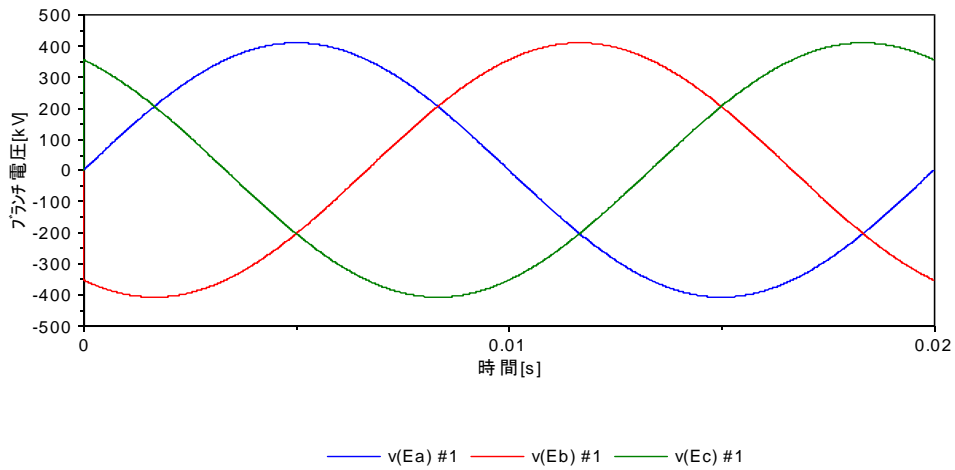
解析条件

- ・計算時間刻み： 10.0  $\mu$ s
- ・計算終了時間： 20.0 ms
- ・表示開始時間： 0.0 ms
- ・表示終了時間： 20.0 ms

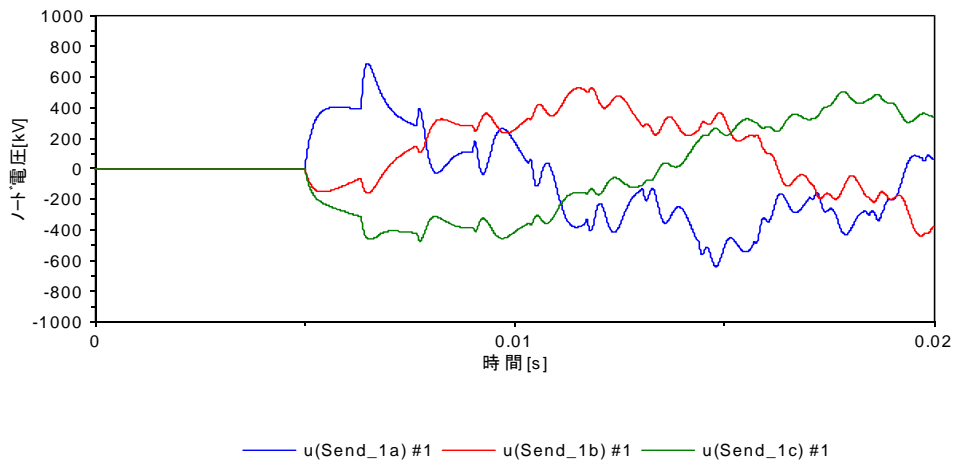
線路定数は以下の条件で XTLC にて計算

- ・周波数依存線路モデル
- ・周波数サンプル 0.1 Hz ~ 10 MHz (400 点)
- ・装柱は例題票を参照のこと

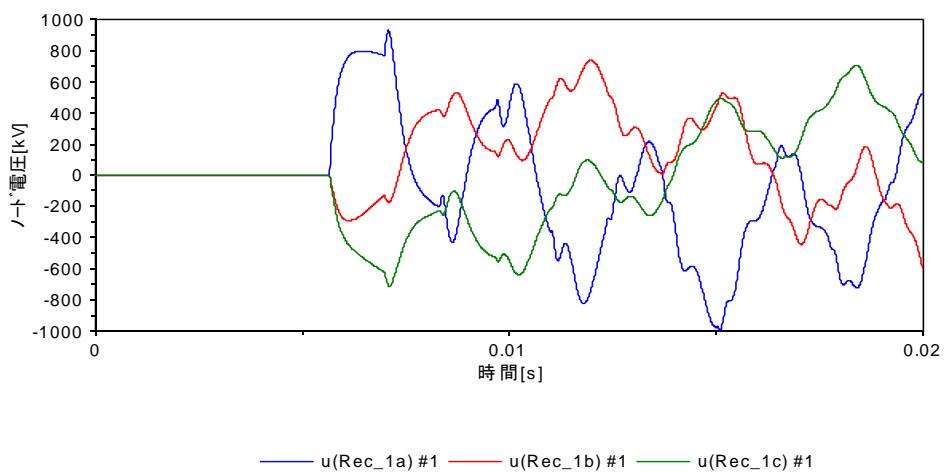
図 3 XTAP 入力例



(a) 系統電圧波形

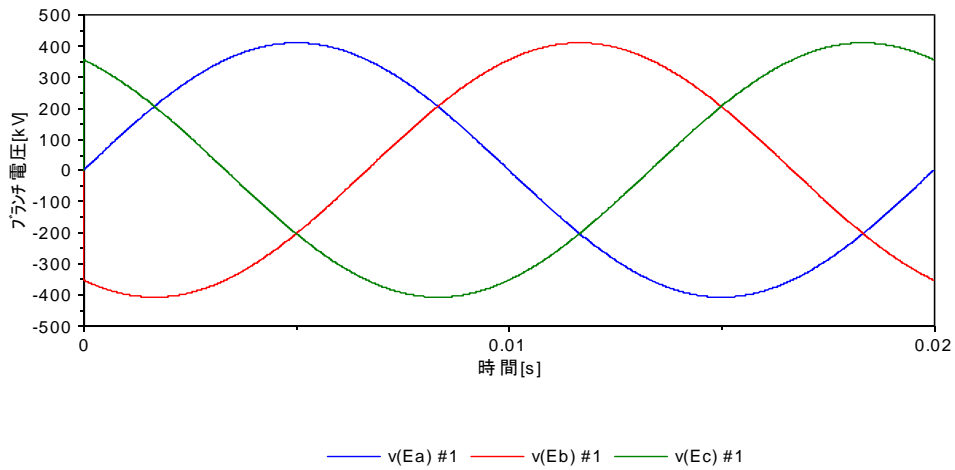


(b) 1L 始端電圧波形

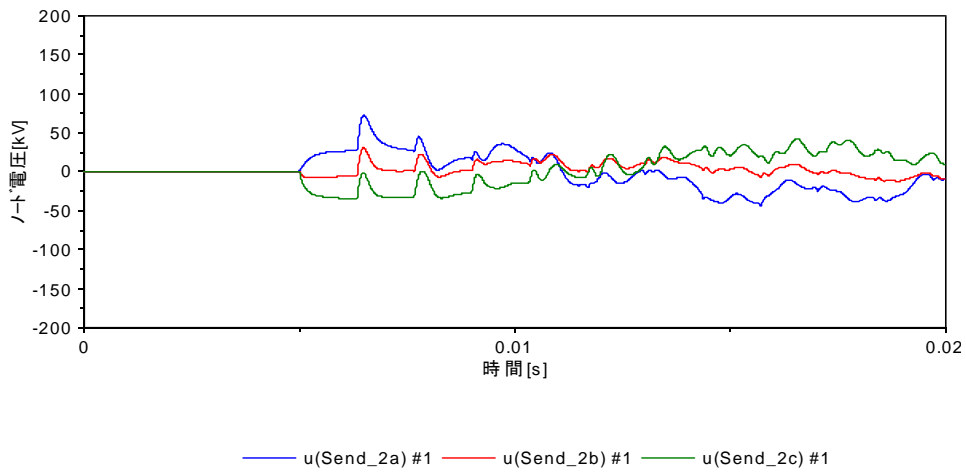


(c) 1L 終端電圧波形

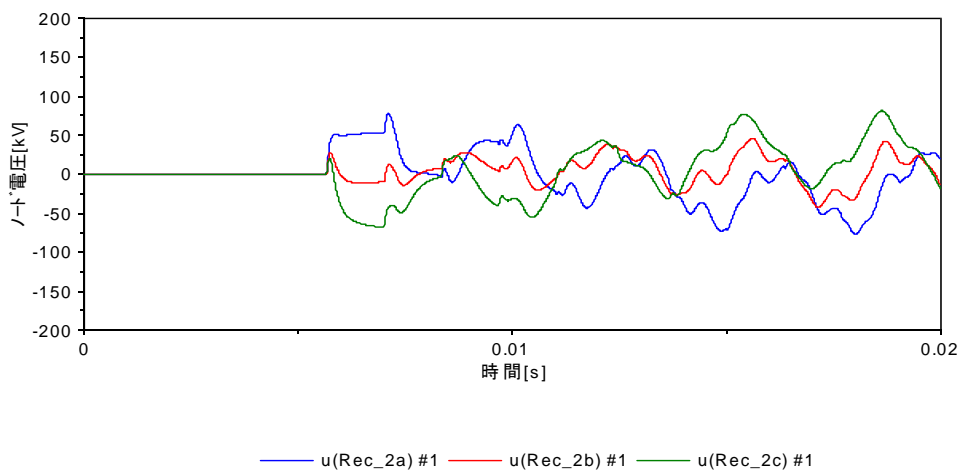
図4 XTAPによる解析結果 (1Lの電圧波形)



(a) 系統電圧波形



(b) 2L 始端電圧波形



(c) 2L 終端電圧波形

図5 XTAPによる解析結果(2Lの電圧波形)

## 更 新 履 歴

日 付	例題ファイル バージョン	変 更 内 容
2014/11/19	2.0	XTAP Ver. 2.00 用に修正 XTLC の変更に伴い，線路定数を再計算
2012/07/19	1.2	XTAP Version 1.20 用に修正
2011/10/18	1.1	XTAP Version 1.11 用に修正 XTLC の有効桁数を変更したため，線路定数ファイルを変更した。
2010/07/16	1.0	初版作成（XTAP Version 1.10 用）