

XTAP 例題集		番 号	FACTS-02
例題名	STATCOM モデル		
分 野	パワーエレクトロニクス		
文 献	なし		
概 要	<p>本モデルは基本的な制御系，及び保護系を備えているため，本モデルをコピーし，定格値を変更することで，その他のシミュレーションに応用することが可能である。</p> <p>本例題では STATCOM の回路シミュレーションを行う。STATCOM とは自励半導体素子を用いて無効電力の制御を行う機器であり，高速かつ連続的に無効電力を制御可能であるため，系統電圧の急変にも高速に対応できる。</p> <p>本例題で扱う STATCOM の特徴を下記に記す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・変換器の回路方式は基本的な 2 レベル変換器である。</li> <li>・系統電圧の大きさにかかわらず一定の無効電力を出力する無効電力一定制御 (AQR)動作を行っている。</li> <li>・機器起動時の充電は抵抗を介して充電する抵抗充電方式を採用している。</li> <li>・PWM 制御により半導体素子のゲートに与えるスイッチングパルスを作成している。</li> </ul>		

## 解析回路・解析条件

図 1 に解析回路を示す。

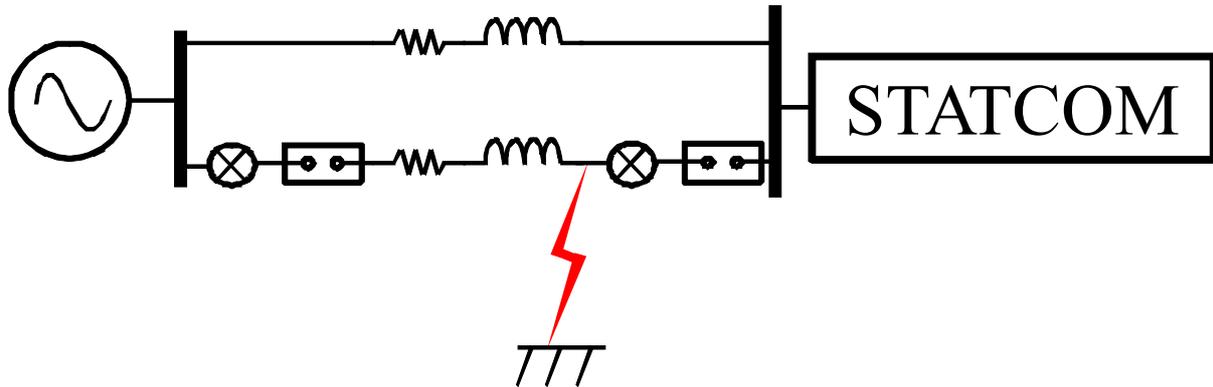


図 1 解析回路

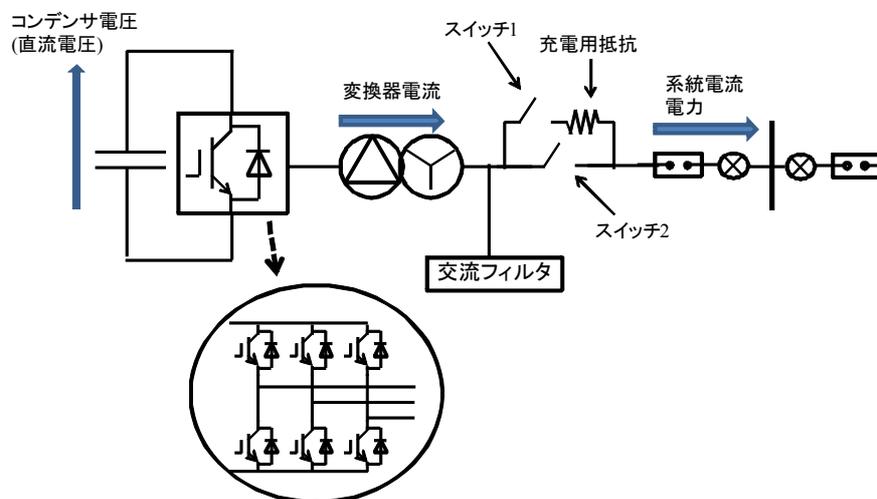


図 2 モデルの概略図

- ・ 定格機器容量: 10 MVA, 1 次側定格電圧: 66 kV, 2 次側定格電圧: 5.6 kV, 定格直流電圧: 12.5 kV
- ・ STATCOM は系統の短絡容量模擬のインピーダンスを介して系統(66 kV)と連系されている。
- ・ シミュレーション時刻  $t=0.5$  秒に 3 線地絡事故が発生し,  $t=0.6$  秒で地絡事故が遮断器により除去される。

## 解析結果

最初に STATCOM 起動時の波形を示す。図 3 に STATCOM のコンデンサ電圧を, 図 4 に STATCOM が出力する無効電力を, 図 5 に変換器から系統に流れる電流を示す。

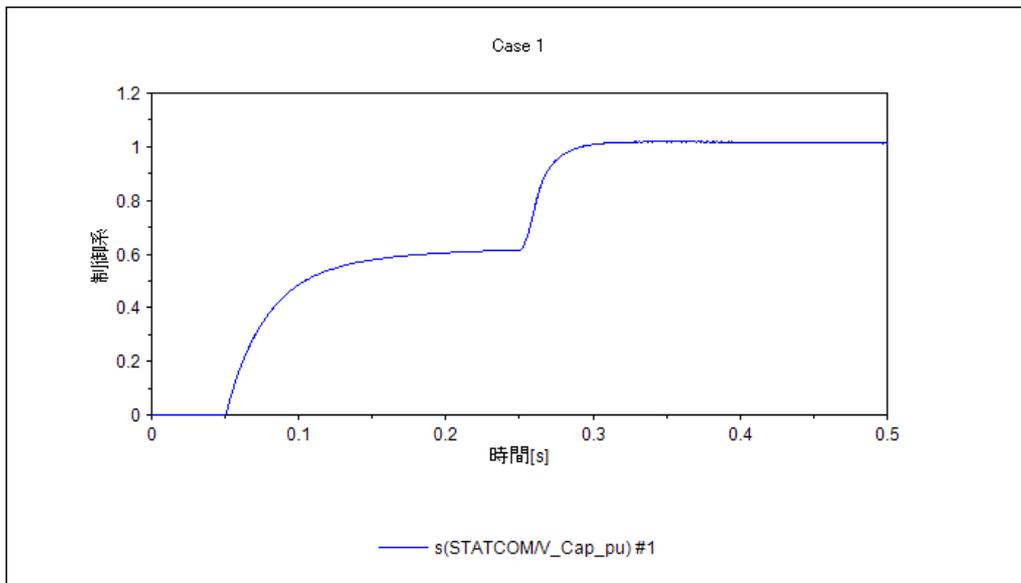


図3 エネルギー蓄積用のコンデンサ電圧 [p.u.]

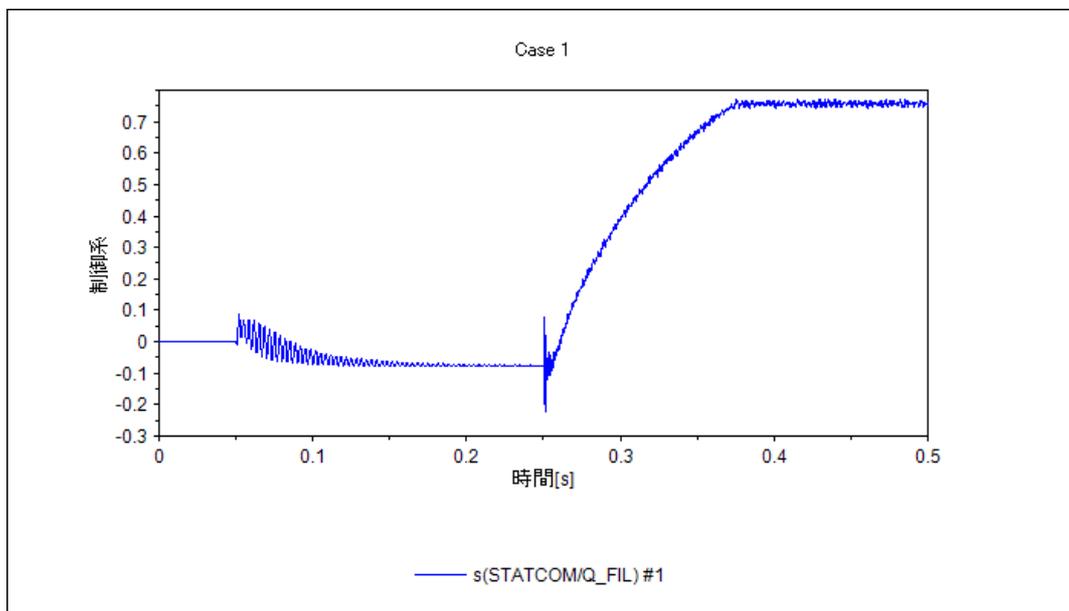


図4 STATCOMが出力する無効電力 [p.u.]

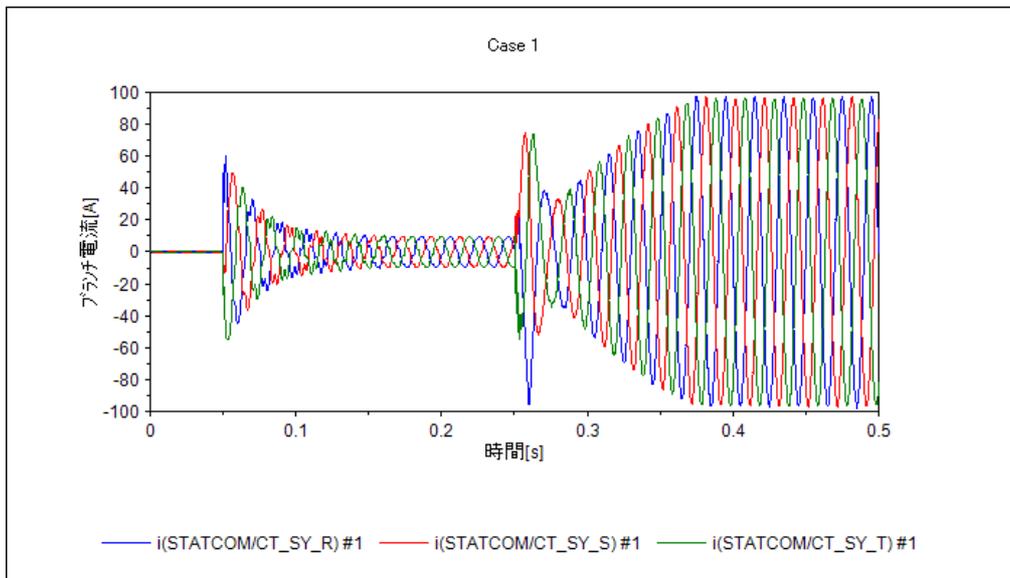


図5 系統側出力電流 [A]

t = 0.05 秒でスイッチ 1 が閉じて、STATCOM と系統が充電用抵抗を介して連系されることとなりエネルギー蓄積用の直流コンデンサが 0.6 p.u.程度まで充電される。その後 t = 0.25 秒でスイッチ 2 を閉じて、STATCOM と系統が直接連系されると同時に、制御系が動作を開始する。制御系が動作するとコンデンサの電圧が 1.0 p.u.になり、STATCOM の無効電力出力が指令値（ここでは 0.8 p.u.）に追従する。STATCOM の無効電力制御は一次遅れ制御を用いているため定常偏差が生じており、指令値と実際の STATCOM の無効電力出力は若干異なる。

図 6、図 7 に定常状態における変換器電流と系統側出力電流を示す。STATCOM は PWM 制御を行っているため、変換器電流は PWM 変調波に由来する高調波を多量に含んだ波形となる。この高調波は変換器と系統との間に接続されている交流フィルタにより除去されるため、系統を流れる電流は正弦波となる。

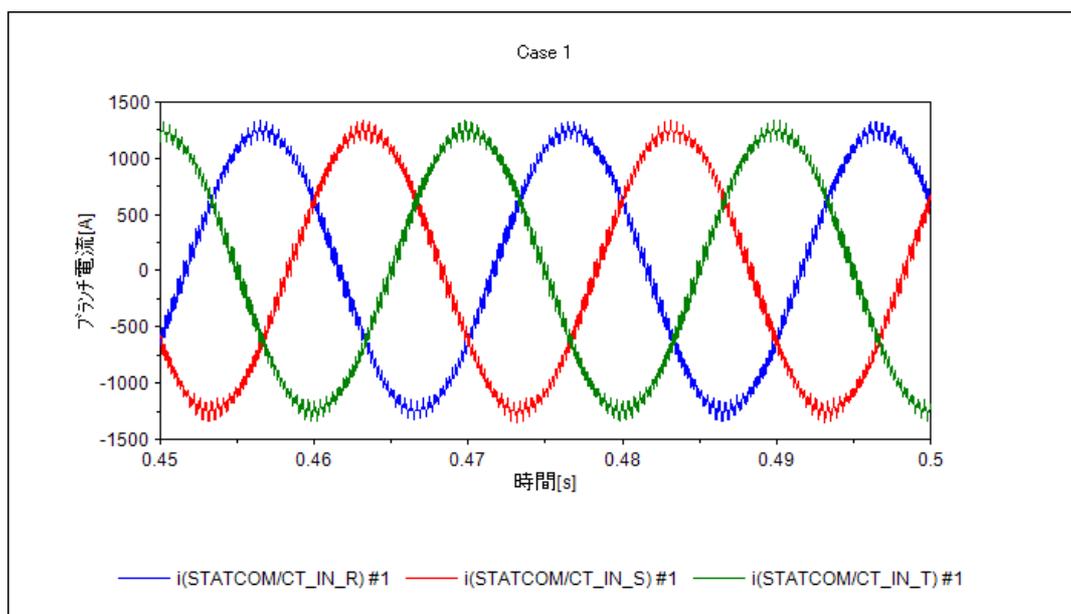


図6 変換器電流の拡大図

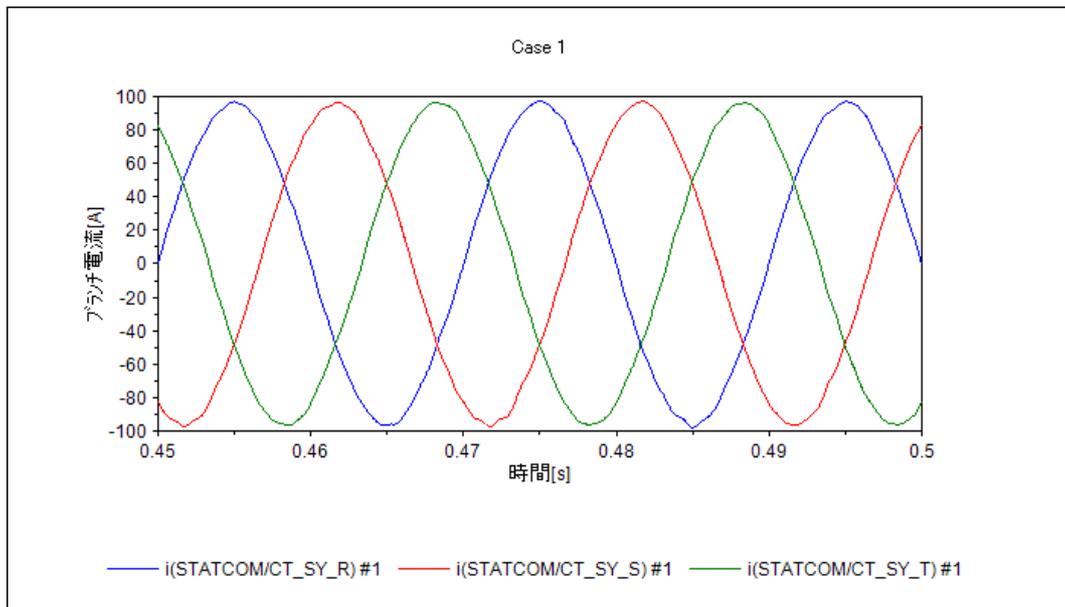


図 7 系統側出力電流の拡大図

また、3相地絡事故時の系統電圧を図8に、変換器電流を図9に示す。本シミュレーションでは系統電圧低下時に、STATCOMはゲートブロック(GB)後、再起動操作を行う。図8から見て取れるように、GB後は変換器が停止しているため変換器電流は零となる。事故が除去され系統電圧が回復すると変換器は自動的に再起動する。

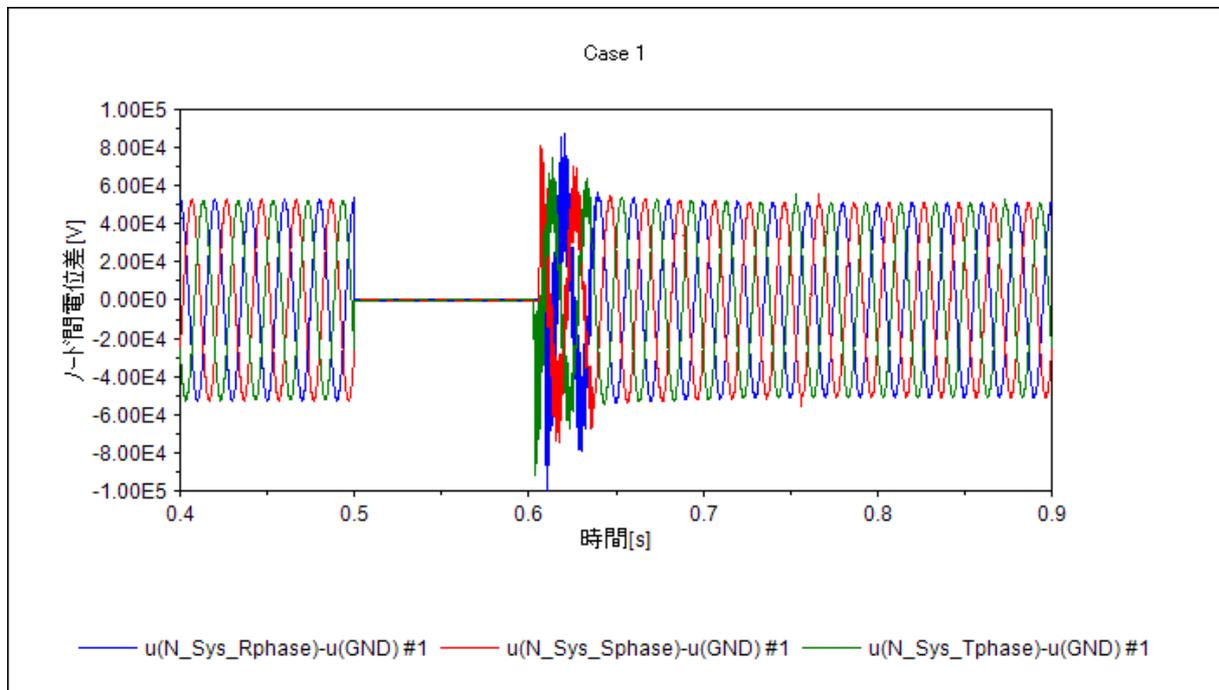


図 8 系統電圧

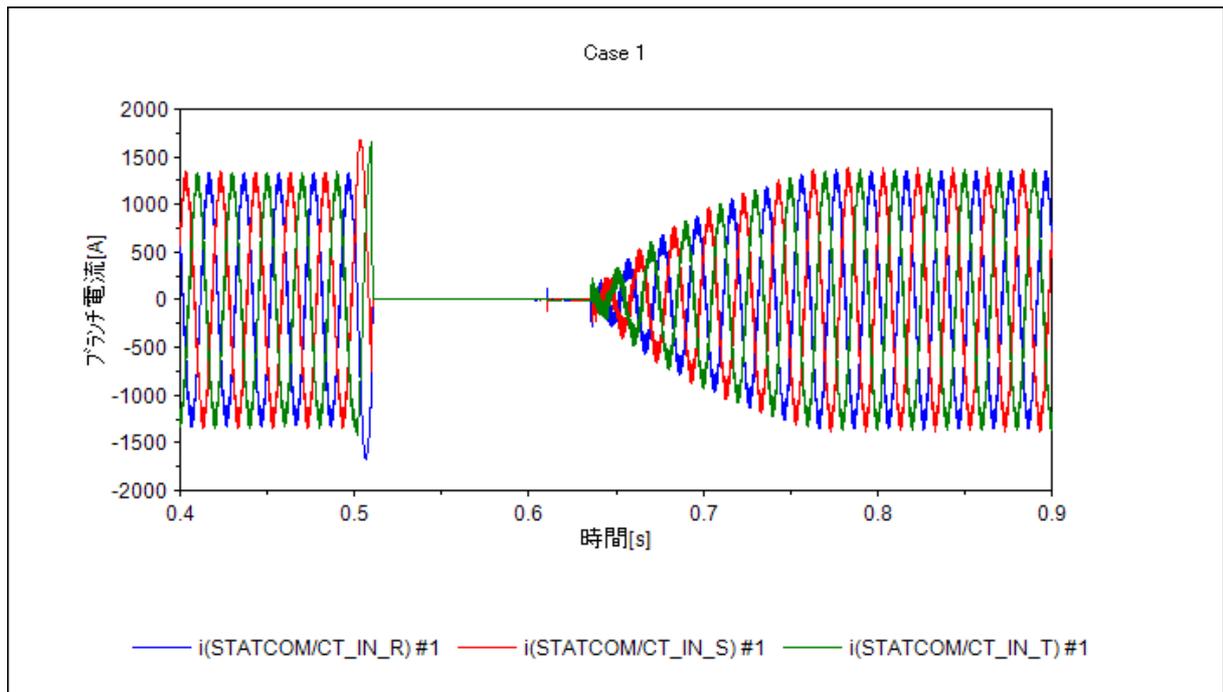


図9 系統側出力電流

次ページにモデルの各パラメータとその内容を示す。

Name	Unit	Item
SystemFrequency	Hz	系統周波数
Rate S	VA	定格容量
Rate V1 Itol	V	変圧器 1 次側線間電圧実効値
Rate V2 Itol	V	変圧器 2 次側線間電圧実効値
Rate Vdc	V	定格直流電圧
PWMPulseNumber	-	PWM パルス数(一周あたり)
R TransGND	$\Omega$	変換器用変圧器の接地抵抗
H	s	静電定数
Flag ACAVR	-	ACAVR フラグ(1:採用, 0:不採用), Flag AOR との選択
Flag AOR	-	AOR フラグ(1:採用, 0:不採用), Flag ACAVR との選択
Vdc order	p.u.	直流電圧指令値(DCAVR 指令値)
Vac order	p.u.	交流電圧指令値(ACAVR 指令値)
O order	p.u.	無効電力指令値(AOR 指令値)
PWMPhase	deg	PWM 搬送波の位相角
R connect pu	p.u.	変換器用変圧器の抵抗
L connect pu	p.u.	変換器用変圧器のインダクタンス
Spu filter1	p.u.	高次フィルタ 1 の基本波容量 (分母は変換器の定格容量)
O filter1	-	高次フィルタ 1 の先鋭度
Spu filter2	p.u.	高次フィルタ 2 の基本波容量 (分母は変換器の定格容量)
O filter2	-	高次フィルタ 2 の先鋭度
Gain ACR	-	ACR ゲイン
T ACR	s	ACR 時定数
Gain DCAVR	-	DCAVR ゲイン
T DCAVR	s	DCAVR 時定数
Gain AOR	-	AOR ゲイン
T AOR	s	AOR 時定数
Gain ACAVR	-	ACAVR ゲイン
T ACAVR	s	ACAVR 時定数
IinvLimit	p.u.	変換器最大電流 (分母は変換器定格)
Threshold OC	p.u.	過電流リレー閾値
Threshold DCOV	p.u.	直流過電圧リレー閾値
Threshold DCUV	p.u.	直流不足電圧リレー閾値
Threshold OV	p.u.	交流過電圧リレー閾値
Threshold UV	p.u.	交流不足電圧リレー閾値
Threshold OF	p.u.	周波数上昇リレー閾値
Threshold UF	p.u.	周波数低下リレー閾値
VAMP LAG	s	交流電圧検出の一次遅れ時定数
FREQ LAG	s	周波数検出の一次遅れ時定数
RecoveryTime	-	故障リレー解除から実際の保護操作解除までの遅れ
GBTime	s	GB 実施時間
NoDetectPeriod	s	起動時の一部リレー不動作時間
SSRelayOffTime	s	シミュレーション開始時のリレー不動作時間
CalculationTime	s	制御周期
DeadTime	s	デッドタイム
Flag DirectSample	-	電圧, 電流量直接検出フラグ (3 種の中から選択)
Flag AverageSample	-	電圧, 電流量の移動平均による検出フラグ (3 種の中から選択)
Flag PeakTopSample	-	電圧, 電流量のピークトップ検出のフラグ (3 種の中から選択)
ChargeCircuitCloseTime	s	STATCOM 起動時刻 = 充電開始時刻 (過渡状態からシミュレーション開始なら負の大きい値を代入)
ChargeTime	s	充電時間
Control StartDelay	s	充電終了から, 制御系動作開始までの時間

以上

## 更 新 履 歴

日 付	例題ファイル バージョン	変 更 内 容
2018/6/29	2.2	部品のアイコンを変更 変圧器の接地端子を追加
2018/1/26	2.1	HOLD 信号の作成ロジックを修正
2014/11/19	2.0	XTAP Version 2.00 用に修正
2013/04/15	1.3	モデル中の図の修正とパラメータ入力フォーマットの変 更に伴う更新
2012/08/29	1.2	STATCOM モデルの修正に伴う更新
2012/07/19	1.1	XTAP Version 1.20 用に修正
2011/10/18	1.0	初版作成 (XTAP Version1.11 用)