

XTAP 例題集		番 号	FACTS-01
例題名	STATCOM の起動シミュレーション		
分 野	基本計算（電力系統）		
文 献	無し		
概 要	<p>本例題では STATCOM の起動シミュレーションの計算を行う。</p> <p>ここで対象とした STATCOM は最も基本的な 2 レベル変換器である。変換器設計は省略し、$\pm 20\%$ の直流電圧変動に対応可能なものとした。通常、変換器は初期充電装置により外部から変換器の直流コンデンサを充電して直流電圧 $1pu$ の状態から電力系統に連系して起動を行う。本例題では自励変換器のダイオードにより直流コンデンサをチャージし、その後、起動するシーケンスとした。この起動シミュレーションを通じて変換器制御の理解を深めることを狙っている。</p> <p>変換器制御は、電力系統用 STATCOM で採用例の多い $d-q$ 回転座標をベースとしたベクトル制御とした。実際にスイッチングを行うパルス生成は PWM 方式とした。ベクトル制御と PWM 制御の換算係数は定格変調率を乗じるが、教科書や論文に具体的に記されていないため本例題が参考になるだろう。また、最大変調率からベクトル制御出力（例題では V_{dref}, V_{qref}）の最大値が定まる。これも記載例が少ないので勉強してもらいたい。これは制御のお話であり、実際の変換器設計（電力系統からの要求事項から定まる機器仕様）と制御は密接に関連しているため、この例題を通じて理解を深めて欲しい。</p>		

解析回路・解析条件

図1に解析回路を示す。

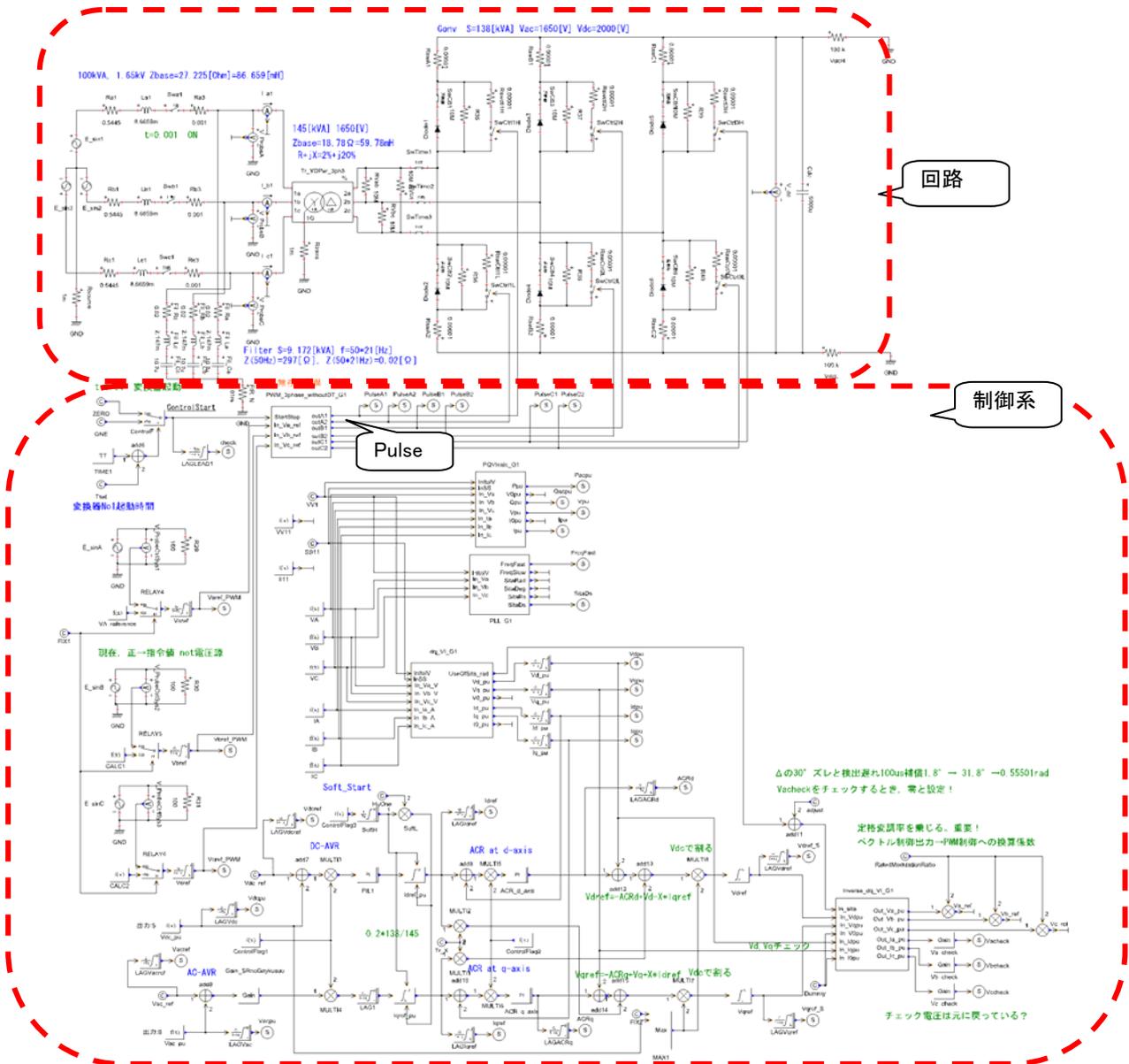


図1 解析回路

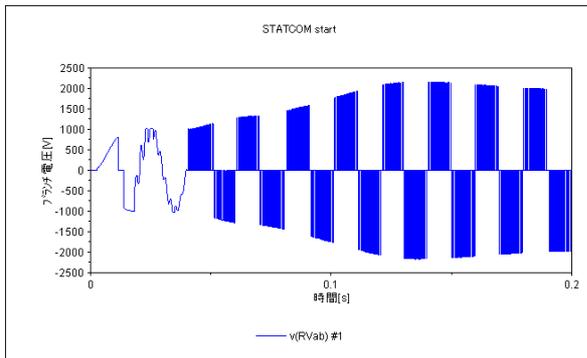
[基本的な条件]

電力系統側：100kVA, 1.65kV Zbase=27.225[Ohm]=86.659[mH]

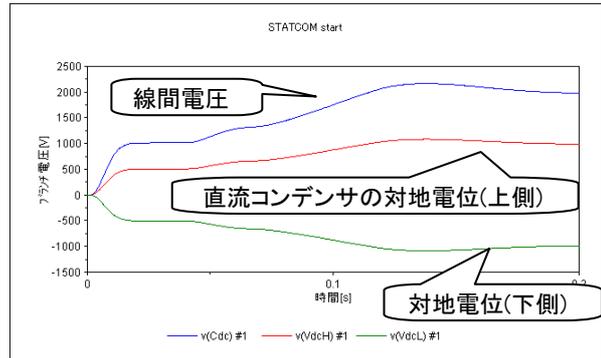
変換器用変圧器：145[kVA] 1650[V] R+jX=2%+j20%

変換器：S=138[kVA] Vac=1650[V] Vdc=2000[V]

解析結果

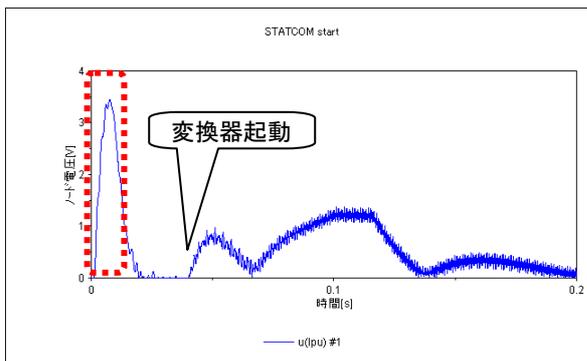


変換器用変圧器二次側 ab 線間電圧[V]

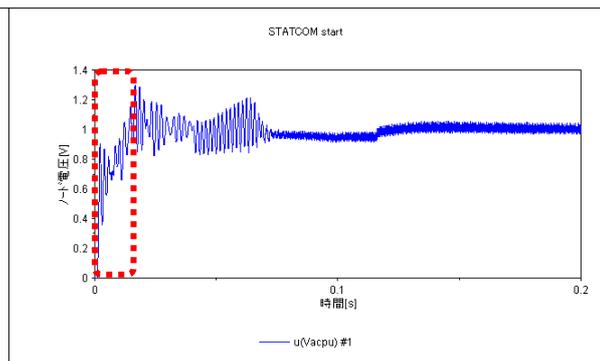


直流回路の線間電圧, 対地電位[V]

○直流線間電圧を切り刻んで変換器用変圧器二次側に交流電圧源を作っている。この電圧源と電力系統の電圧の位相差・電位差により有効・無効電力の授受が行われる。直流回路側は非接地としているため、直流コンデンサの両端の対地からみた電位は、 $\pm V_{dc}/2$ となる。もし、低抵抗で接地した場合、コンデンサ（上側）の電位は V_{dc} であり、コンデンサ（下側）の電位は零となる

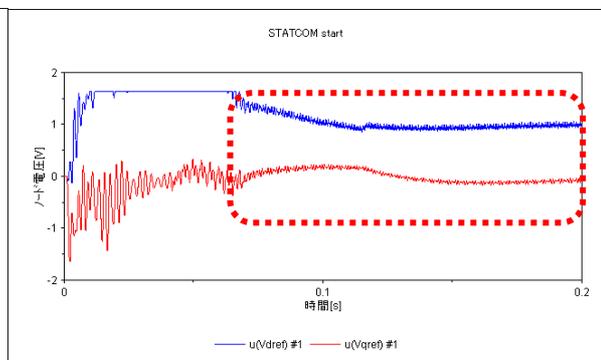
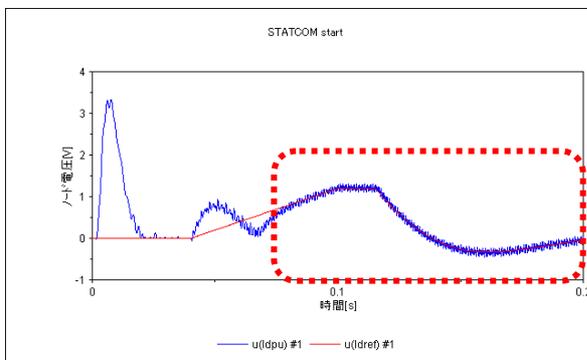


変換器用変圧器一次側電流[pu]



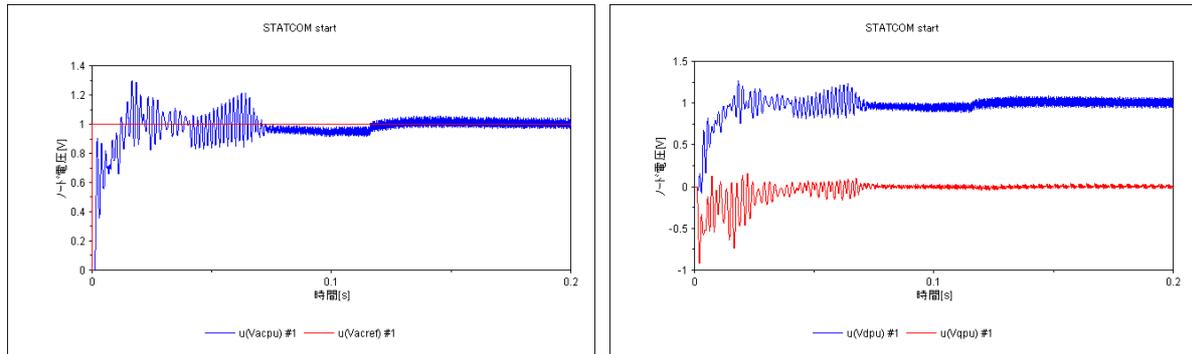
変換器用変圧器一次側電圧[pu]

○AC-CB を閉じるとダイオードを介して系統から直流コンデンサが充電される。目分量で交流電圧は $0.7pu$ まで低下している。変換器用変圧器の漏れインピーダンスは 20% 程度であるので、 $\Delta I = \Delta V/Z = 0.7/0.2 = 3.5pu$ 程度の電流が流れることになる。



○有効電流指令値 (I_{dref}) と有効電流 (I_d) は赤枠の範囲で追従できている。このとき、ベクトル制御出力 (V_{dref} , V_{qref}) もリミッタ範囲で動作を行っている。変換器機器仕様として $\pm 20\%$ の直流電圧変動に対応できるものとしているため、 V_{dc} がその範囲内のとき追従性が確保される。

このように、変換器制御だけで物事が決まるのではなく、変換器設計（電力系統からの要求事項から定まる機器仕様）と制御は密接に関連していることがわかる。



○交流電圧指令値（Vacref）と交流電圧（Vac）は比較的よく追従できている。制御回路は一次遅れ回路であるため、定常偏差が生じるのは仕方がない。d q 回転座標で見たものが右側の波形である。Vd=1pu, Vq=0pu が定常状態で実現されている。ベクトル制御は d q 軸電流の制御系が独立になる理論であり、PQ が独立になるわけではない。Vq=0 となる d q 軸を時々刻々 PLL で追いかけることにより $P=Vd \cdot Id + Vq \cdot Iq = Vd \cdot Id$ のように PQ が独立となっている。

AC-CB が投入されると電圧低下が大きいなど、厳しめの系統条件でシミュレーション解析を行っている。解析結果が妥当かどうかの判断は、多くの電気回路や制御工学などの基礎を習得することで可能になるので基礎勉強は大切と思う。

以上

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 Version 2.00 用に修正
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
2010/09/02	1.0	初版作成 (XTAP Version 1.10 用)

