

XTAP 例題集		番 号	PQ-02-B
例題名	お客さま変圧器加圧時の励磁突入電流の計算 (残留磁束が考慮可能な励磁回路モデルを用いた場合)		
分 野	電力品質解析, 励磁突入電流計算		
文 献	<p>[1] 徳永, 久保田, 「巻線形状の設計手順を用いて推定した機器定数による二巻線電力用変圧器の励磁突入電流解析」, 電気学会論文誌 B, 128 巻 9 号, pp. 1075 – 1081, 2008.</p> <p>[2] 米澤, 野田, 鈴木, 長嶋, 野見山, 山口, 本間, 北村, 「励磁突入電流および残留磁束の解析を目的とした変圧器励磁回路モデルの開発」, 電気学会論文誌 B, 134 巻 9 号, pp. 749 – 758, 2014.</p>		
概 要	<p>励磁突入電流の例題 PQ-02-A では, 変圧器の励磁回路に線形インダクタンスと線形抵抗を並列接続したモデルが用いられているが, このモデルでは初期磁束 (残留磁束) の模擬ができない。本例題では, 文献 [2] で提案された, 残留磁束を設定可能な励磁回路モデルを PQ-02-A の励磁回路モデルとして用いた場合の励磁突入電流計算を行う。</p>		

解析回路・解析条件

後述する励磁回路以外の各種条件（上位系統，短絡インピーダンス，遮断器，変圧器，解析条件など）は PQ-01-A と同一であるため，PQ-01-A の例題票を参照。

【励磁回路】

変圧器の励磁回路には，図 1 に示す励磁回路 [2] を用いる。

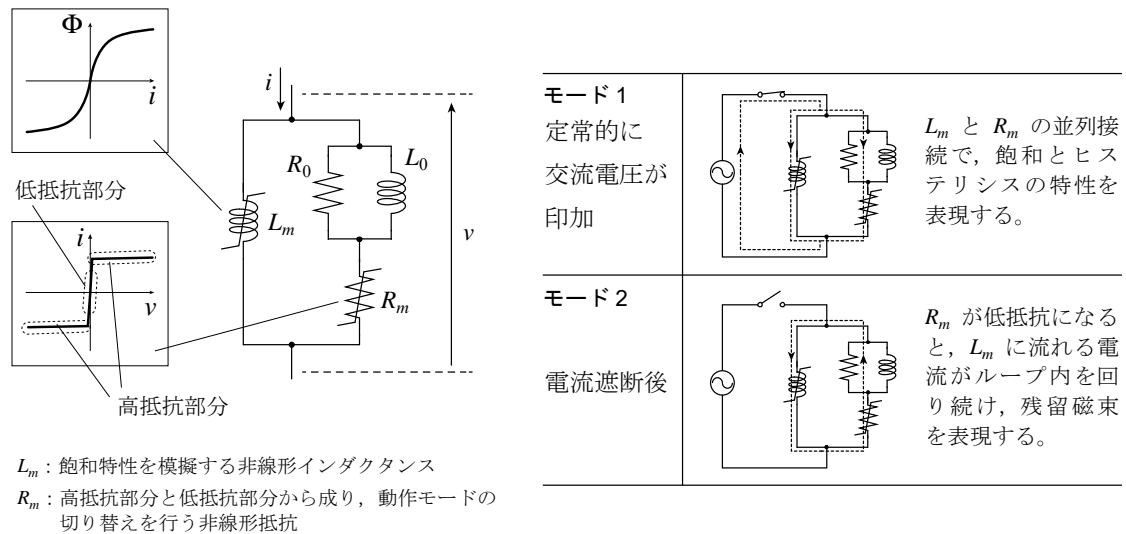


図 1 励磁回路モデル [2]

この回路は，励磁回路のモデルとしてよく知られた Chua モデル（非線形インダクタンスと非線形抵抗の並列接続を並列接続したモデル）を改良したものである。等価回路中の非線形インダクタンス L_m は鉄心の飽和特性を表す。非線形抵抗 R_m は，次の 2 つのモードを切り替える。定常的に交流電圧が印加されているときは，高抵抗部分を動作点とするモードで，その抵抗は鉄損を模擬し，ヒステリシス特性を与える。一方，電流遮断後に残留磁束を確立する過程では，低抵抗部分を動作点とするモードとなり，非線形インダクタンスとともに大きな時定数の循環電流を形成する。この循環電流が残留磁束を表現する。なお， R_0 と L_0 の並列回路は，この 2 つのモードの切り替えを確実なものとする。

図 1 に示す 4 つの素子のパラメータは，鉄心の i - Φ 特性と，変圧器の銘板，試験成績書から入手可能な情報から算出可能である。詳しくは文献 [2] に記載があるが，XTAP では専用の部品が用意されており，決められたパラメータを入力するだけでモデルを構築できる。

図 2 に，励磁突入電流解析用励磁回路部品と，そのパラメータ画面を示す。パラメータ 1 には，定格電圧，定格周波数，巻線の結線，電流－磁束特性，残留磁束，鉄損抵抗を入力する。本例題では，残留磁束以外の値は，PQ-02-A と同じ値を入力する。パラメータ 2 は，デフォルトの数値を用いる。

TrMagCirc1

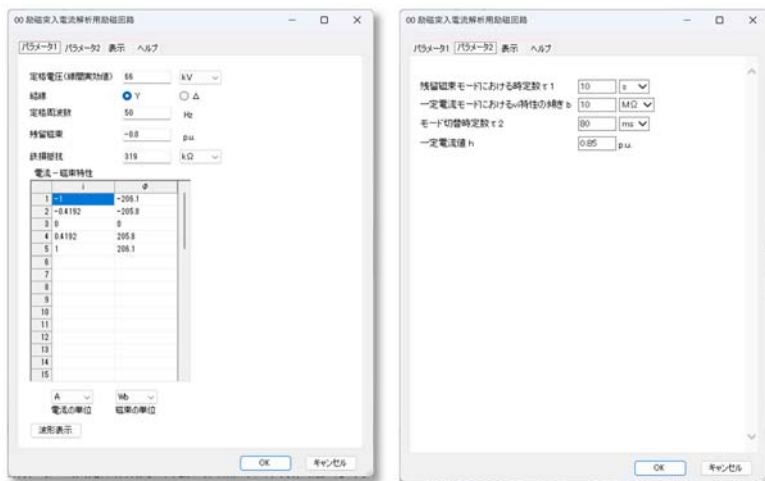
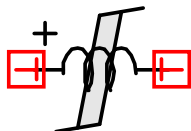


図2 励磁回路モデル部品の外観とパラメータ設定画面

【残留磁束】

残留磁束は、三相三脚鉄心の場合、三相の和は通常零となる。本例題では、 a 相 -0.8 p.u., b 相 0 p.u., c 相 0.8 p.u.とした場合（ケース1と呼ぶ）と、 a 相と c 相の符号を逆にした場合（ケース2と呼ぶ）、および、三相のいずれも飽和しない条件（遮断器投入後の磁束の値が、定常状態における同じ電圧位相の磁束値と一致する磁束値）である a 相 0.8910 p.u., b 相 -0.8387 p.u., c 相 -0.0523 p.u.（ケース3と呼ぶ）の3通りについて解析を行う。（例題ファイルでは、ケース1の条件である a 相 -0.8 p.u., b 相 0 p.u., c 相 0.8 p.u.が設定されている。）

【XTAP 入力例】

本例題を XTAP 上に作成した例を図3に示す。

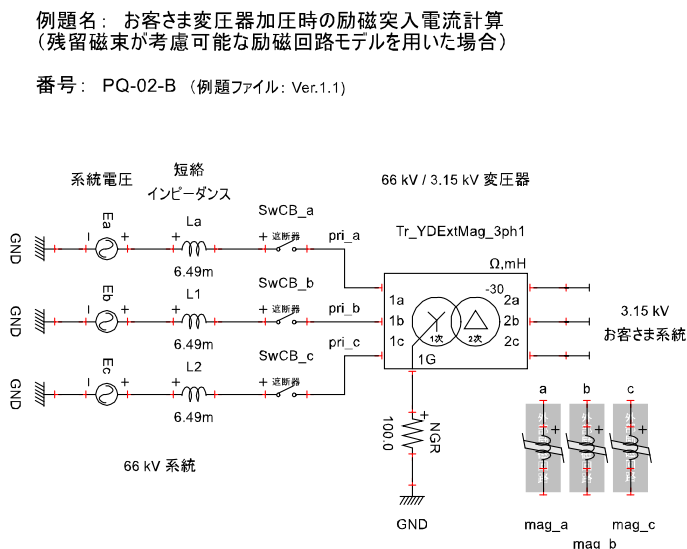
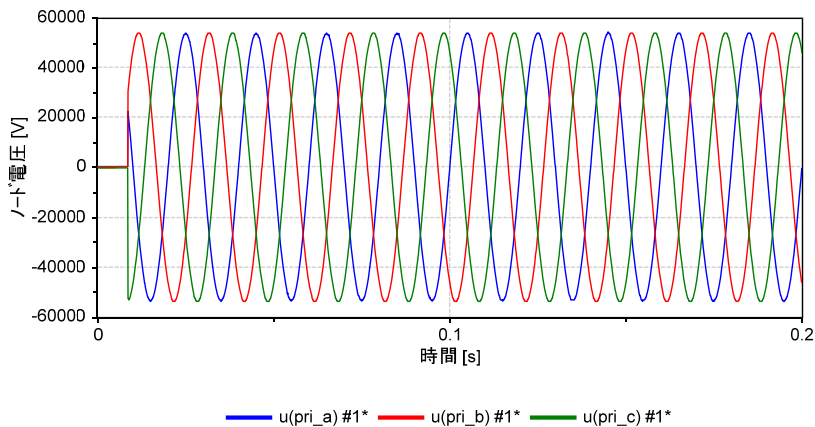


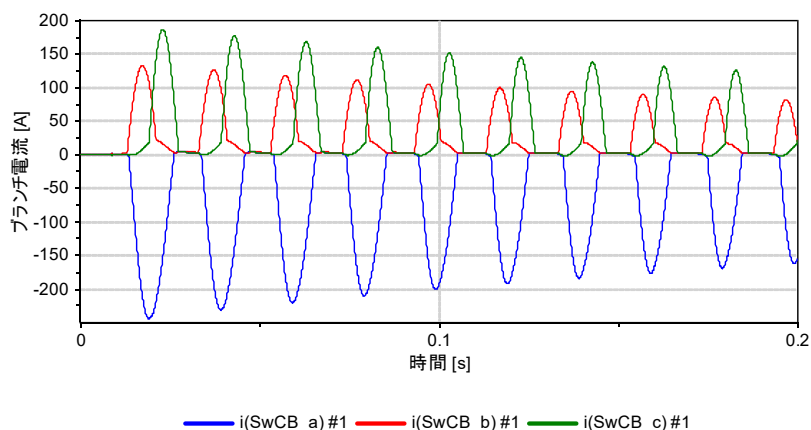
図3 XTAP 解析ケース

解析結果

本例題を XTAP により実行した結果（ケース 1）を図 4 に示す。PQ-02-A の結果と比べて、残留磁束が設定された a 相の電流波形の絶対値が大きくなっていることが確認できる。ケース 2 の電流波形を図 5 に示す。ケース 1 の結果と比較して、 a 相の電流が小さくなっていることが確認できる。これは、電圧印可後の磁束の増加の向きが、残留磁束を打ち消す向きになっているため、その結果として a 相の巻き線は飽和せず、励磁突入電流が流れなくなったためである。ケース 3 の電流波形を図 6 に示す。このケースでは、遮断器投入後の磁束の値が、定常状態における同じ電圧位相の磁束値と一致するため、励磁突入電流は流れないことが予想されるが、解析結果でも同様の結果となることが確認できる。

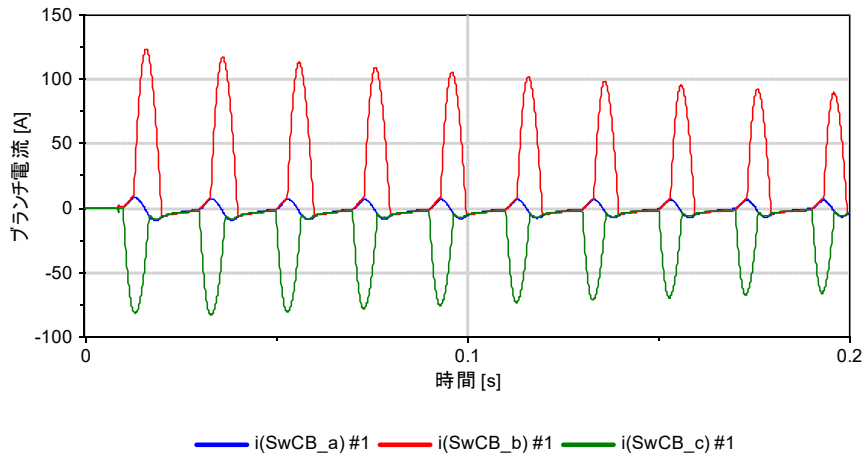


(a) 変圧器 1 次側電圧



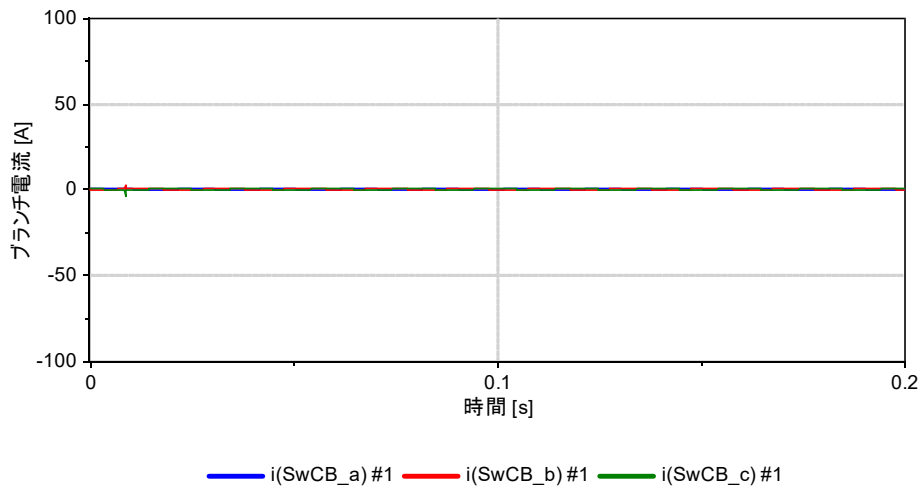
(b) 励磁突入電流

図 4 ケース 1 の結果（残留磁束： a 相 -0.8 p.u., b 相 0 p.u., c 相 0.8 p.u.）



(a) 励磁突入電流

図5 ケース2の結果 (残留磁束: a 相 0.8 p.u., b 相 0 p.u., c 相 -0.8 p.u.)



(a) 励磁突入電流

図6 ケース3の結果 (残留磁束: a 相 0.8910 p.u., b 相 -0.8387 p.u., c 相 -0.0523 p.u.)

以上

更 新 履 歴

日 付	例題ファイル バージョン	変 更 内 容
2023/10/10	1.11	文章の誤植を修正（例題ファイルに変更はなし）
2019/12/19	1.1	Ver. 3.20 からの励磁突入電流解析用励磁回路モデルの変更に伴い、同部品を変更。
2017/12/14	1.0	初版作成