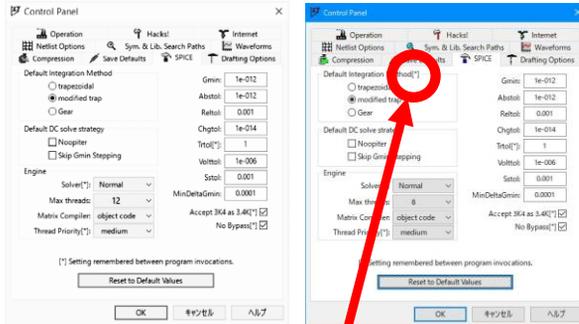


modified trap を推奨

コントロール・パネルの中のそれぞれのタブの中に

[*] Setting remembered between program invocations.

という注意書きがある。すなわち、LTspiceをいったん終了し、つぎに起動したときに、[*]が付いた項目はリセットされずに再利用される・・・ということである。



変更前

変更後

SPICEタブの中に

Default Integration Method という項目があり、その中で3つの選択肢・・・

trapezoidal
modified trap
Gear

のどれかを設定するようになっている。LTspiceの規定値では「modified trap」になっているが、2020/9/4からは、規定値に戻らなくなっているので注意が必要である。

Integration Method

SPICEシミュレータの基本部分は、キルヒホッフの法則に従った回路網方程式を解くこと（行列式の対角化）と、微分方程式（積分方程式）の解を求めることである。しかし、非線形要素を多く含むモデルを導入した現実の回路網では、数学的な演算では答えが求まらないものがほとんどで、そのため実際のシミュレーションとして活用しているのが、数値解析手法である。

また、たとえ近似的ではあっても、できるだけ精度良く解を求めようとする様々な工夫が、LTspiceでは採用されている。

その工夫の一つとして、積分近似で使われる「台形法（trapezoidal）」をさらに精度を上げた「modified trapezoidal (mod trap)」がある。

Gear法もこの積分近似の一つの手法で、1970年代にバークレーSPICEをはじめ、広く利用されてきたようだが、以下に述べる問題点があった。これを改善したものが「modified trapezoidal (mod trap)」である。

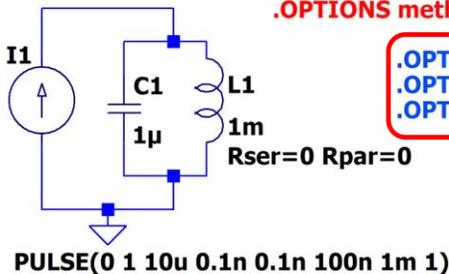
Gear method とは違うか

LCの並列共振回路に、一瞬電流パルスを注入すると、共振回路中に抵抗成分（ダンピング要素）がなければ、振動電流が回路を流れ続ける。これは、物理現象を理論的にとらえれば、正しい理解である。

これをLTspiceで確認してみよう。まず、回路図を示す。

回路図中でmethodを設定すると、コントロール・パネルの設定よりも優先される

`.tran 100m`



`.TEXT 1="Gear" 2="Trapezoidal" 3="trap"`

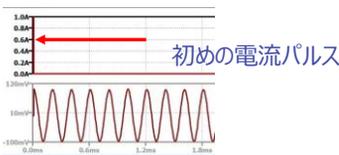
`.OPTIONS method=|3|` ← |n|のnに1,2,3を入れて切り替える

`.OPTIONS method=trap`
`.OPTIONS method=Trapezoidal`
`.OPTIONS method=Gear`

← method に使う TEXT を定義する

← このように.OPTIONSをあらかじめ用意しておいて、この中の一つだけspice directiveとしてアクティブにすることで、methodを切り替えることができる。

それぞれのシミュレーション結果



左に示すように、LCのタンク回路に電流パルスを注入した後、modified trap と trapezoidal では理論的な期待値通り、LC回路の中に振動電流が発生した後、減衰せずに振動が続いていることがわかる。一方、Gear では減衰振動となり、物理現象の理論値とは大きく乖離していることがわかる。

すなわち、積分手法としては、Gear法を使うことは好ましくはないことがわかる。しかし、modified trap (あるいはtrapezoidal) では収束できない条件で、シミュレーションが進まなくなったりエラーになってしまうことがあっても、Gear法を使うとシミュレーションが進んでいく・・・ということがある。このため、Gear法が使い勝手が良い・・・というように誤解されている部分がある。

LTspiceでは電流・電圧の変化が大きい部分ではシミュレーションの時間ステップを短くし、急激な信号の変化もより正確に計算する工夫をしているが、Gear法では、その急激な変化を通過（無視）して、先に進めてしまうため、詳細な解析ができていないと考えられる。この急激な変化が起きる大きな理由の一つが、回路中にある「特異点」の場合で、何らかのダンピングを追加すれば、収束する可能性もある。

重要なことは、trapを使うことは、より正確なシミュレーションを追求している結果であって、Gear法より使い勝手が悪い・・・ということではない。より正確に計算すると、回路図中の「特異点」が際立って見えることがある・・・と理解したほうがよい。

現在、[*] Setting remembered between program invocations の対象として、Default Integration Method が含まれたので、もしGear法を使った場合には、trapに戻すが、回路図中にmethodを書き入れておくことが望ましい。

