Aug. 19, 2007 Rev.0 Rev.1 2016 年 7 月 22 日 URL 変更

# <sup>初めての方のための</sup> ATPの使い方

ATP(EMTP)の小さな研究室 高橋賢司著

当研究室のその他の解説書は下記からアクセスできます。 <u>http://atp-emtp-reserch.o.oo7.jp/</u>

前書き	4
1. Basic set でダウンロードされるもの	5
1-1 atpmingw のプログラム	6
1-2 ATPDraw	6
1-3 PlotXY	7
1-4 GTPPLOT	7
1-5 ATPLauncher	7
2. Additional set でダウンロードされるもの	7
<ol> <li>ATP で計算させる時の作業手順の概要ご紹介</li> </ol>	8
4. 各作業手順の詳細	9
4-1 事前の設定	9
4-2 ATPDraw を起動します	10
4-3 計算の設定をし、データを入力し、計算用入力データを作りましょう	11
1) 計算の設定をし、ファイル名を付けましょう	11
1-2) Project file の名前のつけ方と保存	13
2) アイコンを呼び出し、データを入力し結線し、入力データを作りましょう	14
2-1) ATP に登録されているアイコンの一覧	14
2-2) ATPDraw Ø Manual	15
2-3) 対象回路	15
<b>2-4</b> ) 計算回路構成上留意しなければならない点	15
2-5) 電源のアイコンと入力	16
2-6) インダクタンスのアイコンと入力データ	
2-7) アイコンの移動方法	10
2-8) 結線の仕方	10
200 和林ジログ	10
200 年 200 10 200 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	10
210) 電圧 (k 田 ) ビー )	10
2117 工四四電流(次山ノビーノ	<u>2</u> 0 20
2 12) アイス 「 9-19) フナバー回敗	
2 10 (() () () () () () () () () () () () ()	<u>2</u> 1 91
211) / //// / / / / / / / / / / / / / / /	
2 15) 0.01 2 の回時141加と 20 2 の頁前145加のアイニンの下成 9-16) 亚過キャパシスタンスの作成	<u>44</u> 99
210) $+ (f + (f + f)) > f > f > f > f > f > f > f > f > f$	
2.17) わかりくりい Noue 石とつけよしょう	20 94
211) フロマエクドノナイルが元成したり上音さ体付しより。	
44 可昇天门相下を子んてみよしよノ	
4-5 山川ノアイル(LXA_1_IIEW.LID)の)エック(エノースタビーンの)エック)	
470 FIOLAI (計算した) 1) DL-4VV の知動	
1) PlotAY の起動	
2) PIOLAY の機能の説明	30
2·1) Factor の機能	30
2-2) Allow Multiple files の機能	
2-3) ノロットアータを読みやすくするためにクリット線を入れてみましよう	34
2-4) マリスによる波形の拡大機能	34
2-0) ノロツト波形の止帷な胆を読み取る機能	35
2-6) 波形回士の通昇	
2-7) Ottset 機能	36
5. ブロット結果を吟味しましょう	38
6. Project ファイル(ATP の回路図)の Word 文書への貼り付け方法	38
7. Plot 波形の Word 文書への貼り付け方法	38
8. ATPLauncher を使い Benchmark の例題を計算してみましょう	39

9. Rule book と Theory book について	40
10. ATP を使う上で留意したい事項	40
10-1. 数値振動について	40
1) スイッチングによる数値振動の発生	40
2) インダクタンス回路の数値振動例	41
3) キャパシタンス回路の数値振動例	44
4) ATP で台形積分法を使う理由	45
5) 台形積分法を使用すると鋸歯状波の数値振動が現われる理由についての説明	45
5-1) インダクタンス回路に数値振動が現われる理由	45
5-2) キャパシタンス回路の場合	46
6) 数値振動の対策	47
6-1) インダクタンス回路の数値振動対策	47
6-2) インダクタンスの並列ダンピング抵抗挿入による誤差	49
6-3) インダクタンス用の数値振動軽減用並列抵抗値はどのように決めれば良いのでし	ょう
	49
6-4) ATPDraw のインダクタンスの数値振動軽減用並列ダンピング抵抗	49
6-5) キャパシタンス回路の数値振動軽減用並列ダンピング抵抗の理論背景	50
6-6) キャパシタンス用の数値振動軽減用直列抵抗値はどのように決めれば良いか	50
6-7) ATPDraw に用いられているキャパシタンスの数値振動軽減用直列ダンピング抵抗	1.50
6-8) 別のキャパシタンス回路の数値振動例と振動対策例	51
10-2. 注意すべき Floating 回路、Disconnecting 回路	54
11. 入力データの算出を楽に行うために工夫しましょう	54
12. 本稿の最後にあたり	55
13. 参考文献	55
14. ATP 入力データの一例	56

# 前書き

始めて ATP を使う方のための Manual として、ATP のプログラムのダウンロードから始めて、 ATPDraw で ATP の入力データを作成する手順、作成した入力データを基に ATP で計算し、計 算結果をプロット表示させるという一連の基本的な作業内容と留意事項を概説してみました。

本来ならば分布定数回路、変圧器、同期機、TACSなど、使用頻度の多いものについてもATPDraw への入力方法の詳細を説明すべきでありますが、膨大な作業量となってしまうため、とりあえず 初めて ATPDraw を使う方の場合を想定して、集中定数回路である単相整流器回路の説明に限 定させて戴いています。

この解説は最新版 ATPDraw の Version 5.1p2 を使用して解説しています。 ライセンスを受けた団体又は個人の方は、この ATPDraw の最新版を JAUG の公式ホームペー ジのパスワード保護サーバからダウンロードできます。

未だ License を受けていない団体の方は、JAUG の Licensing term(この内容は ATP の各種 Resources を商用化しない、また EMTP を商用化している団体に開示しないという内容で難し いものでありません)に同意すれば、使用 License を受けられ、Royalty free で ATP と付属する ソフトを使うことができます。詳しくは JAUG のホームページをご覧になってください。 http://thunderbird.kuee.kyoto-u.ac.jp/jaug/index.htm

本稿では C:¥ATP¥project¥example の内の Exa\_1.acp の単相整流器回路の Project ファイルと 同じ回路を例として取り上げて、一連の操作と留意点を解説しています。 (以前の ATPDraw の Version ではこれは Exa\_1.adp という Project ファイルでしたが、Version up と共に拡張子が Exa\_1.acp.acp に変更になっています。)

10-1 で説明している数値振動の話は ATP を少し手がけた方用の内容であるかも知れません。 しかし、この点を避けていると結果の解釈が誤ったものとなるため敢えて、本稿に収録しました。 難しいことは抜きにして、数値振動とはいかなるものか、また対策はどうすれば良いかと言う観 点から読んで戴ければと思います。

ここに説明している、作業内容の流れと留意事項は基本的なものですので、他の計算ケースにも 応用できるのではと考えます。

今後多くの方が ATP を身近な Tool として使われることを願って

2007/08/17

本解説書は御自由にご利用ください。

尚、本書の内容については私の PC 上ですべて検証しておりますが、PC 環境が異なることにより、この解説書どおりにならないこともあるかとおもわれます。またこの解説書にしたがって発生したいかなる不具合についても責任は負いかねます。 あしからずご了承のほどお願いいたします。 1. ATP プログラムのダウンロードとインストール

ATP の使用ライセンスを受けたら ATP をダウンロードしてインストールしましょう。 ATP の必要なプログラムはすべて JAUG のホームページからダウンロードできます。 JAUG のホームページの URL は「<u>http://thunderbird.kuee.kyoto-u.ac.jp/jaug/index.htm</u>」 です。

この HP の左側のフレームの中から「ダウンロード」をクリックするとユーザ名、パスワードを 聞いてくるのでそれらを入力します。

ダウンロードサイトは ATP の各種 Resources の商用化を防ぐ目的でユーザ名、パスワードが設 定されています。

使用ライセンスを取得すればこれらの情報は連絡されます。

ライセンスを既に受けている団体に所属されているならば、その団体のATPの管理者に問い合わせればユーザ名、パスワードを教えてもらえます。

自分が所属している団体が ATP の使用ライセンスを取得しているかどうかは JAUG の HP の左 側のフレーム中の「ユーザリスト」から調べることができます。

「ダウンロード」をクリックした後、ユーザ名、パスワード入力すれば「ATPDraw + ATP/MinGW Easy Installer」が現れます。

「ATPDraw + ATP/MinGW Easy Installer」の 3. Download のところに 3 種類のダウンロード セットが示されています。

始めの内は Basic set と Additional set のインストールで ATP を駆使して各種シミュレーションが十分できます。

最初に Basic set をダウンロードしてインストールし、次に Additional set をダウンロードしイ ンストールすれば完了します。

最後の Library set も install しておきたいと思われれば additional set のインストールの後にダウンロード、インストール作業をすれば大丈夫です。難しいことは一切ありません。 Library set は中、上級者向けの ATP のサポート機能が入っています。

同サイトの 5. Install のところに Install 上の説明が記されているのでこれを読んだ上でダウン ロード作業を始めましょう。

この Easy Installer が開発される前までは ATP の環境設定作業がかなり大変でしたが、 今や開発に携わられたお方達のご努力により、ボタン押すだけでインストールできるまでに簡便 になりました。

次に Basic set と Additional set で Download set の中に含まれるソフトの説明をしましょう。

1. Basic set でダウンロードされるもの

atpmingw のプログラム、ATPDraw, PlotXY, GTPPLOT, ATP prompt, ATP Launcher, PlotXY manual などです。

これらがどういうものであるか次に簡単に説明します。

# 1-1 atpmingw のプログラム

ATP(EMTP)の本体プログラムです。

#### 1-2 ATPDraw

従来、ATPを動かす入力データはカードイメージの入力フォーマットに従って、 テキストエディタなどを使い手作業で巻末に付した「ATP入力データの例」のようなATP入力 データを作成していました。

現在でもこの ATP 入力データは ATP を動かすために必須のものですが、今はこの ATP 入力 データを人間系で直接作成する必要は無く、ATPDraw が代わりに作成してくれます。

ATPDraw にも入力が必要なのは当然ですが、この入力作業が従来に比して簡便になっているため、入力作業が一昔前に比べ、格段に楽になっています。

カードイメージのデータ入力に慣れてしまった方を除いて、これからはATPDrawを使ってATPの入力データを作った方が楽です。

ATP 入力データを従来のカードイメージに従って手作業で作成すると、次の点で苦労します。 ①結線情報を正しく入力するにはノード名を付した回路図を作成し、それを元にすべての結線が なされたかチェックする必要があり、この作図とチェック作業に手間がかかります。

②各種入力データは Rule book でデータ毎に指定されているカラム内に左又は右詰めで入力しなければなりませんが、この入力作業はカラムずれなどの入力ミスが発生しやすい。

③後日この入力データを見る時、英数字の羅列であるので、これから直ちに内容を理解するのは 困難です。データの中身を知るために時間がかかり、入力データの修正もなかなか大変です。

しかし今や ATPDraw によって、PC 画面上に必要な各種電源、R,L,C などの各種回路素子、発 電機などの各種機器、制御系を構成する各種ブロック図などのアイコンを呼び出し、それらにカ ラム指定の制限無しに各種データを入力できます。カラム指定のデータ入力から開放されたので カラムズレによるミスから開放されました。

アイコン間の接続もマウスで作図できて、結線状況も Visual に確認できます。接続の変更も接 続状況が見えていますからマウスで簡単にできます。

以前に比べて格段に優しくなったこの入力作業を終えてから、ATPDraw から ATP 入力データ の作成指令を出せばたちどころに ATPDraw は入力した情報を基に自動的に巻末の例のごとき カードイメージの ATP 入力データを作成してくれます。

また ATPDraw 上で必要な入力作業を終えてから直ちに計算指令を出すこともできます。 この場合は ATP 入力データの作成はバックグランドで行われ、その後引き続いて自動的に計算 に入ります。

ATPDraw はアイコンへの入力データ、結線情報を基にして ATP 入力データを自動作成してく れるので ATP の Preprocessor とも呼ばれます。

従来は人間が手作業でATP入力データを作っていたので人間系がいわば Preprocessor の役割を 担っていました。

ATPDraw は ATP の入力データの作成のみならず、次の一連の作業を次々と ATPDraw 上から マウス操作で行わせることが出来ます。

① ATP 入力データを基に ATP を走らせる(計算させる)ことができます。

② 計算が正しく行われたかエラーチェックをするため、出力ファイル(.LIS の拡張子の付いた ファイル)を開くことが出来ます。

③ プロット描画ソフト、PlotXY を起動できます。.LIS の出力ファイル確認後直ちにしてプロ

ット作業に入れます。

④ 作成された ATP 入力データの表示や変更も行え、変更した ATP 入力データを走らせること ができます。

⑤ カードイメージで作成されている既存の入力データファイル(拡張子.atp 及び dat ファイル) を走らせることが出来ます。ATP Benchmark の内、完全な形で作られているものも走らせるこ とも出来ます。

ATP Benchmarkとはカードイメージで作成された教材となる各種のATPの入力データ集です。 残念ながらこれらに対しての詳細な説明はありませんが、これらは Expert 達が作成した完全な 入力データ又はその一部分のデータであって、後日解読する価値が十分あるものです。

最初から最後までカードイメージで完全に作成されているものは一部で、それらは ATPDraw からは知らせることができますが、一部のデータの入力方法を示しているだけの入力データも多く収録されていますが、これらは一部の入力データだけなので ATP は走りません。これらは入力データを開いて入力方法を学ぶ目的で使用します。

#### 1-3 PlotXY

ATP で計算した計算結果の波形を PC 画面上にプロット表示させるプログラムです。 プロットの拡大、縮小機能や、他の計算ケースのプロットデータも同一画面に同時に表示させて

それらを比較することもできます。

計算結果の波形の高調波のフーリエ解析も可能です。

マウスですばやくプロット波形を拡大でき、拡大したプロットにカーソルを当ててその位置のプ ロット値の正確な値を読み取ることができます。

# 1-4 GTPPLOT

PlotXY と同様 ATP で計算した計算結果のデータをプロット表示するものです。

# 1-5 ATPLauncher

これを起動して、この Launcher から ATP 入力データファイル(拡張子.atp 及び.dat ファイル) を指定して、その入力データで計算させることも、プロットプログラムを起動してプロットを表示させることもできます。

ATP 入力データの修正や計算結果のデータの表示もさせることもできます。 ATP Benchmark の内、完全な形で作られている Benchmark を走らせることも出来ます。

#### 2. Additional set でダウンロードされるもの

Additional set でダウンロードされるものは、ATPDraw manual, GTPPLOT manual, ATP Benchmark, Models Sample などです。

#### 3. ATP で計算させる時の作業手順の概要ご紹介

この作業にはいろいろバリエーションがありますが、始めの内は以下に述べる順序で作業するのが良いでしょう。

本稿では C:¥ATP¥project¥example¥ Exa\_1.acp と同じ内容の Project ファイルを作成する時 の作業手順を説明します。(Project 名は以前 Exa\_1.adp でしたが ATPDraw のバージョンアッ プに伴い拡張子が Exa\_1.acp に変更になっています。最新の ATPDraw version5.1p2 で支障な く開けます)

各手順の更なる詳細説明は次項で説明しています。 ここでは手順の概要だけをご理解戴ければと思います。

- 1) 最初に ATPDraw を起動します。
- 2) ATPDraw 上で計算刻み時間と最大計算時間の設定をした後、回路を構成する必要なアイコン(電源、抵抗、インダクタンスなどのアイコン)を呼び出し、これらにデータを入力し、各アイコン間を結線して回路図を完成させ、適当な名前を付けて保存します。拡張子は自動的に.acpとなります。 ここでは Exa\_1\_new.acpという名前で保存しましょう。これが ATPの入力データを作る上で基になる project ファイルです。もし ATP 入力データの変更が必要になった時はこのファイルを開き、必要な入力データや

結線の変更を加えます。
3) ATPDraw の作成回路が示されている状態で、引き続き ATPDraw のメニューバーから ATP の計算指令を出します。

計算指令を出すと計算に先立ち、Exa\_1\_new.atp という ATP 入力データファイルが work ホルダー内に自動的に生成されます。これがカードイメージの ATP 用の入力データです。

引き続きパソコンは計算指令に従って、この入力データ Exa\_1\_new.atp を走らせます。

計算結果は Exa\_1\_new.LIS というファイルが自動生成され、その中に示されます。また 計算結果のプロットデータは Exa\_1\_new.pl4 というファイルに収納されます。

- 4) 計算が終了したら ATPDraw 上から Exa\_1\_new.LIS を開き、中にエラーメッセージが無い かチェックします。無ければ正しく計算が終了しています。もし何らかのエラーメッセージ があれば、そのエラーメッセージに従い上記 2)のステップに戻り、Exa\_1\_new.acp を修正 した上で保存し、3)に行きます。
- 5) Exa\_1\_new.LIS で正しく計算されているのが確認できたら、ATPDraw 上からプロット表示 プログラム PlotXY を起動し、Exa\_1\_new.pl4 及び、必要により比較したい計算済みの.pl4 ファイルも呼び出して諸量の波形を PC 上に表示させます。
- 6) プロット表示された波形の内容を「持てる知識を総動員して」吟味しましょう。 この吟味により2)のステップの入力データの入力間違い、結線の不適切などが発見される場 合があります。発見された場合は2)からやり直しましょう。

以上述べたところから、ATP を使う上で最も重要な作業は 2)の作業内容であることがお分かり 戴けることと思います。

2)の作業内容が正しければ正しい計算結果が得られ、間違えた入力をすれば当然間違えた結果が 出ます。 実際の作業で一番時間がかかるのはこの 2)の作業ですが、このように計算結果に直接影響を及ぼす重要作業ですので、慎重にじっくりとやる必要があります。

このステップの作業さえ、正しく行えれば後は PC がボタンの一押しで高速に計算してくれます。 次に、上記の各作業手順ごとの詳細を以下に説明致します。

# 4. 各作業手順の詳細

# 4-1 事前の設定

以下に詳細手順を述べますが、その前に、ATPLauncher を起動して少し便利な設定をしておき ましょう。

ATPLauncher のアイコンをクリックして起動します。

次の ATPLauncher の窓が開くので、Options の所の Delete temporary files の所にチェックマークを入れます。

この設定で計算の結果発生する dum\*\*\*.bin の temporary files が自動的に削除され、work ホル ダーが temporary files で一杯になるのを防げます。

🙀 ATP Launcher		
<u>F</u> ile <u>T</u> ools <u>H</u> elp		
Edit ATP-file	- ATP Data Name	<u>O</u> pen
Edit Lis-file	Options Output to disk	& screen
<u>P</u> lotXY	Close window	at end ctory
GTPPLOT	🔽 Delete tempo	rary files
PL4 -> <u>C</u> SV		E <u>x</u> it

又慣れて来たら、上図でチェックの入っている Output to disk & screen のチェックは外すと、 計算中の DOS 窓はプロンプトだけの表示になりますが計算速度が若干上がるので良いかも知れ ません。

設定が完了したら Exit ボタンを押します。

尚、これらの設定は一度実施すれば記憶されるので計算ケースごとに設定する必要はありません。

# 4-2 ATPDraw を起動します

スタート→すべてのプログラム→ATP→ATPDrawのアイコンをクリック、によりATPDrawを 起動させます。次図の如くATPDrawが起動します。 (ATPを多用されるお方はATPDrawとATPLauncherの二つのアイコンのショートカットをデ スクトップに出しておいたほうが良いでしょう。)

	🚊 ATP Draw
	<u>Eile View Library T</u> ools <u>Wi</u> ndow <u>H</u> elp
白紙のアイコン ――	

次に白紙のアイコンをクリックして白紙のキャンバスを出し、回路図を作成する準備をします。

白紙のアイコンをクリックすると次の窓が表示されます。これは結果として得られるファイル類 (ATP 入力データファイル(拡張子.atp)、や計算結果の出力ファイル(拡張子.LIS)及びプロットデ ータファイル(pl4))を work ホルダーに入れて良いかとの確認メッセージです。このままで構わ ないので OK ボタンを押します。

work ホルダーの下にサブホルダーを作り そこにこれらファイルを収納したい時は ここに¥renshuu などと入力して OK ボタ ンをおせば renshuu ホルダーが作成され 結果のファイルはそのホルダーに収納さ れます。最初の内は不要です





# 4-3 計算の設定をし、データを入力し、計算用入力データを作りましょう

この作業が ATP を使う上で最も重要な作業です。

1) 計算の設定をし、ファイル名を付けましょう

1-1) 計算の設定

ATPDraw のメニューバーの ATP にマウスポインタを当てると、下図のようにプロダウンメニ

ューが開くので「Setting」をクリックします。

🚊 ATPDraw - [Non	ame.acp]			
• <b>≝</b> • <u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew	<u>ATP</u> Library Tool	s <u>W</u> indow	Help	- 8 ×
	<u>S</u> ettings	F3		N [%] 100 👻
	run <u>A</u> TP	F2		
	<u>E</u> dit ATP-file	F4		<u> </u>
	Edit <u>L</u> IS-file	F5		
	<u>M</u> ake File As			
	Make <u>N</u> ames		ナリンバフは見上ルレアンナナ	
	<u>F</u> ind node	F6	ー イヤンハスは取入化しています	
	F <u>i</u> nd next	F7		
	Line C <u>h</u> eck (group)			-
	Edit <u>C</u> ommands			
	Plot <u>X</u> Y	Ctrl+Alt+0		
	GTP <u>P</u> LOT	Ctrl+Alt+1		
	run ATP (file)	Ctrl+Alt+2		
	GTPPLOT (file)	Ctrl+Alt+4		
	GN <u>U</u> PLOT	Ctrl+Alt+5		
1	A <u>T</u> P Launcher	Ctrl+Alt+6		×
MODE: EDIT		Changes /	ATP options.	

次図のように Simulation タグの次の窓が開きます。この窓は新しい計算ケースごとに、常に計 算ケースにあった設定にセッティングし直す必要があります。設定は以下の説明を参考にしてく ださい。

🚔 ATPDraw - [Noname.acp]	
📲 <u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>A</u> TP <u>L</u> ibrary <u>T</u> ools <u>W</u> indow <u>H</u> elp	_ = = ×
	🕺 🏷 DIA 🔍 🔍 Z (%) 100 🔽 N (%) 100 🖵
ATP Settings	
Simulation Output Switch/UM Format Record Variables	
delta T:       1E-6       Simulation type         Imax:       0.001       Imax         Xopt:       0       Imax         Copt:       0       Imax         Copt:       0       Imax         Imax:       0       Imax	
	✓

この窓の内、通常入力するのは、<u>delta T と Tmax</u> だけです。その他ものはデフォルト状態の 0 のままで差し支えありません。 以下に各入力項目について説明します。

#### <u>d</u>elta T

どのくらいの長さの Time step 毎に計算させるのかという指定です。 計算刻み時間と呼ばれています。この計算刻み時間は計算精度に影響を及ぼします。 短いほど計算精度は高くなりますが、一方、所用計算時間が長くなります。

表示されている 1E-6 (sec.) はデフォルト値です。新しい計算ケースごとに見直しをしましょう。 実際どのくらいの計算刻み時間が好ましいかというと集中定数回路の計算では 1E-5 (=1·10<sup>-5</sup>) sec.から 1.E-6 (=1·10<sup>-6</sup>) sec. ぐらいで良いでしょう。入力は sec.の単位で入力します。

分布定数回路の計算刻み時間は、シミュレーションする系統の中で最短の線路長に着目し、その 線路のサージ伝搬時間 τの 1/10 以下の刻み時間にすれば十分な実用精度が得られと言われてい るので、これを目安に delta T を決めます。

(例)線路長 200 Km の分布定数回路なら  $\tau = 200/c_0 = 200/300000 = 66 \times 10^{-5}$  sec. となるので 計算刻み時間 delta T は 66 × 10<sup>-6</sup> sec. 以下の値、例えばさらにメモリが許せばこの値の 1/4 など にします。

 $c_0$ は光速で単位はKm/sec.です。

実際の伝搬速度は光速以下になるケースが多いですが、計算刻み時間を検討する上では厳しめの 結果になる光速を使用します。

尚、シミュレーションする系統中に長い分布定数回路(送電線)と短い分布定数回路(例えば ガス絶縁母線など)が混在する分布回路が混在している場合、短い方の分布定数回路は $\pi$ 型 の集中定数回路で近似模擬しなければならない場合があります。なぜなら短い方の分布定 数回路を分布定数のまま取り扱うと delta T は一番短い分布定数回路の伝搬時間で決める必要が あり、極めて短い伝搬時間となります。これの更に 1/10 以下の刻み時間の $\Delta t$ になり、長い送電 線の伝搬時間を $\tau_{line}$ とすると $\tau_{line}/\Delta t$ が極めて大きくなるのでメモリ必要量が増大しこれによっ て計算不能になる場合があるからです。回避策は短い分布定数回路を集中定数の $\pi$ 型回路で模擬 します。

ここでは集中定数回路の計算であること又結果を C:¥ATP¥project¥example¥ Exa\_1.acp と比較したいので Exa\_1.acp と同じく、5E-5 sec.と設定しましょう。

#### Tmax

計算させる時間長を指定します。これは注目している現象によってµsのオーダーから十数秒という間でいろいろな値になりますがサージ計算なら数+µs、その他の場合は秒オーダーの適当な時間で計算させ、結果のプロット波形を見てから Tmax を再調整して再計算させれば良いでしょう。

表示されている 0.001 (sec.) はデフォルト値です。新しい計算ケースごとに見直しをします。 入力は sec.の単位で入力します。

ここでは C:¥ATP¥project¥example¥ Exa\_1.acp と同じく 0.05 sec.と上書きします。

Simulation タグ内にある以下の青字で示した項目は一般には入力が不要です。しかしこれ らの機能を使う場合の参考として概要を説明しておきます。

# Xopt

デフォルトの 0 の入力値は、これから呼び出して使う各種アイコン中のインダクタンスの大き さは mH の単位で入力するという宣言です。(したがって、すべての回路中のインダクタンスの データ入力は mH の単位で入力します。)

ここで始めて ATP を使われる方は入力値を mH で入力する点に「おやっ」と思われるでしょうね。

mH で入力する理由は電気回路の諸現象を広く計算する場合、周波数が一定で無くなるケースが 多々あるため、mH 入力の方が汎用性が出て来るためです。

0の代わりに任意の周波数値を入力することも出来ます。その場合、インダクタンスの大きさは その周波数におけるインダクティブリアクタンス値をΩの単位で入力します。

# Copt

デフォルトの 0 の入力値は、これから呼び出して使う各種アイコン中のキャパシタンスの大き さはμF の単位で入力するという宣言です。(したがって、すべての回路中のキャパシタンスの データ入力はμFの単位で入力します。)

キャパシタンスの大きさをμFの単位で入力する理由も前項のmHで入力する理由と同一です。

0の代わりに任意の周波数値を入力することも出来ます。その場合、キャパシタンスの大きさは マイクロモーの単位で入力します。マイクロモー値は1.*E<sup>6</sup>.ω*.*C*ですね。

次に Simulation タグ内にある Simulation type の3種類のラジオボタンについて説明します。

時間と共に電流や電圧などの諸量がどう変化するかという計算はデフォルト状態の **Time domain**の選択でかまいません。時間領域での計算をするという宣言ですね。

**Frequency scan**のボタンは電源周波数の周波数を時間と共に変化させた時の回路インピーダン スどのように変わるかという回路インピーダンスの周波数特性を調べる時に使います。

Harmonic は調波走査用電源(Harmonic frequency scan 電源=HFS 電源)を使って回路に様々な 大きさの各調波成分の電流や電圧を回路に印加した時の回路電流、電圧の大きさ位相などがどう なるか検討する時に使います。 (御注意-この機能はシミュレーションで得られた回路電流やノード電圧に含まれる高調成分の 大きさや位相を解析する高調波解析とは異なります。この高調波解析は PlotXY で 簡単にできます。解説書は別途アップロードの予定です)

# **Power frequency**

デフォルトの状態にしておきます。つまり Power frequency のところにチェックは入れません。 ここにチェックを入れて Power frequency を 50Hz にしても、電源アイコンに別の周波数を入 力すれば、最初の定常状態の計算も、Time step loop の計算も電源アイコンに入力した周波数を 基に計算が行われます。

以上で Simulation タグの入力は完了です。Simulation tag の OK ボタンを押して窓を閉じます。

ATP Setting の窓には、この他に Switch/UM, Format, Record, Variables のタグがありますが、 最初の段階ではこれらすべてのタグ内容はデフォルト状態で差し支えありません。

# 1-2) Project file の名前のつけ方と保存

未だ何も入力していませんがとりあえず、今から作る Project ファイルの名前をつけて置きましょう。

ファイル名は半角英数字で自由に名前が付けられます。数字が最初に来ても大丈夫です。

名前の長さには Long name がサポートされているので制限は無いようです(40 文字の長い File name を付けてみましたが正常に動きます)

但し名前を付ける時に注意点があります。

それは「名前の途中にスペースを入れない」ということです。区切りを入れたい時はスペースの 代わりにアンダースコアの\_や、ハイフンの-を使います。さもないとエラーになり計算できません。

ここではファイル名を C:¥ATP¥project¥example¥ Exa\_1.acp と区別するため、 Exa\_1\_new.acp と名前を付けて保存しましょう。メニューバーから File →Save as...で新しい File name を Exa\_1\_new.acp として保存します。

# アイコンを呼び出し、データを入力し結線し、入力データを作りましょう ATP に登録されているアイコンの一覧

いよいよアイコンを白紙のキャンバス呼び出して、データを入力し、結線して ATP の入力デー タを作る作業です。

最新の Version 5.1p2 の ATPDraw には次に示すアイコンが登録されています。

これらのアイコンを呼び出し、それぞれのアイコンに入力データを入れ、結線して ATP の入力 データを作成することになります。

これらのアイコンの鮮明なものは ATPDraw の Project ホルダー内の example ホルダーの All.acp を開けば見ることができます。



新しいアイコンを自分で新規に作ることもできます。

尚、これらアイコンのことを ATPDraw のマニュアルでは component 又は object と称していま す。この初心者用のマニュアルはアイコンということで説明させて戴きます。

# 2-2) ATPDrawの Manual

いよいよこれから ATPDraw を使って ATP の入力データを作る作業に入りますが、 ATPDraw の使い方や疑問点については ATPDraw の Manual 又は ATPDRAW.HLP を参照する ことができます。 これらは C:¥ATP¥ATPDraw 内にある、次のものです。 ①ATPDRAW.HLP ②Atpdraw\_v4\_new.pdf ③Readme.pdf

ここには以前の詳細な ATPDraw version3.5 用の User's Manual はありません。(これを見る必要がある時は JAUG のパスワード保護サーバの ATPDraw のところから電子化されたものをダウンロードしてください。atpman3r3.zip が該当するものです)

ATPDraw を用いてデータ入力をしている時、何のデータか不明な場合があります。それらについては各アイコンの入力窓の右下の「Help」ボタンを押してみてください。殆ど説明がなされています。初めての方にはこの説明が簡単すぎるきらいがあります。これを見てもよくわからない場合は Rule book を参照しましょう。

この例題ではこれから日本語で説明しますので今は Manual の参照は特に必要ありません。

# 2-3) 対象回路

下図はこれから ATP の入力データを作成する、元となる回路図です。 この回路図から ATPDraw の Project ファイルを作成し、電源電圧、電源供給電流、負荷 20Ω と平滑用コンデンサの電圧、電流を計算して表示してみましょう。



# 2-4) 計算回路構成上留意しなければならない点

ATP で計算させる時回路構成上、留意しなければならない点が少しあります。 これらは ATP の計算原理上から来る制約事項です。

これらを守らずに回路を構成して計算させても ATP はエラーメッセージを出し、計算が実行されなかったり、又は正しく計算がなされません。

初めて ATP を使い始める時の代表的な留意点は次のとおりです。

- ① 電源は片端を必ず接地して使います。(ノード間に直接電源を接続したい時に使える非接地 形の電源が用意されています。これらを使う時は片端接地の必要はありません)
- ② 回路は大地から浮いていてはなりません。同様に回路の両端が断路されている場合、結果として回路が浮くことになり計算が正しく行われません。対策として線路と大地間に漂遊キャパシタンスや漏れ抵抗を接続します。 又は計算結果に影響を与えないような大きなインピーダンスで接地します。

インピーダンス0の閉ループ回路があってはなりません。これは計算で電流値を特定できないためです。

# 2-5) 電源のアイコンと入力

電源は基になる回路図から電源は 120V rmsの大きさで、位相は余弦波の 90 度遅れのものですね。

電源のアイコンを呼び出し電圧値と位相を入力しましょう。次のようにやります。 電源のアイコンを出すには白紙のキャンバス上の任意の位置でマウスを右クリックします。 次のようにキャンバス上にフローティングメニューが表示されます。

🚆 ATPDraw – [C:¥ATP¥project¥HP_manual¥E	xa_1_new.adp]	
•≌• <u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew <u>A</u> TP <u>L</u> ibrary <u>T</u> ools <u>W</u> indow	<u>H</u> elp	_ 8 ×
<u> </u>	👗 📼 🎢 🗖 🕵 🧏 🕅 🔍 🔍 Z 🕅 100 _	• N [%] 100 •
	Probes & 3-phase	
	Branch Linear ・ Branch Monlinear ・ Lines/Cables ・	ーティングメニュー
	S <u>w</u> itches	
	Sources F M <u>a</u> chines F	-
	T <u>r</u> ansformers	
	MODELS + TACS +	
	User Specified ► Frequency comp. ► Standard Component	
<		Notes that the second secon
MODE: EDIT		1.

電源アイコンはフローティングメニューから Sources を選択します。下図のサブメニューが現 れます。交流電源は AC type 14 なのでこれをクリックします

<u>P</u> robes & 3-phase <u>B</u> ranch Linear Branch <u>N</u> onlinear Lines/Cables S <u>w</u> itches	• • •	
<u>S</u> ources	►	DC type 11
M <u>a</u> chines		<u>R</u> amp type 12
Transformers	•-	<u>S</u> lope-Ramp type 13
	_	<u>A</u> C type 14
<u>M</u> ODELS	•	Sur <u>ge</u> type 15
TACS	•	<u>H</u> eidler type 15
		S <u>t</u> andler type 15
<u>U</u> ser Specified	•	Cjgre type 15
<u>F</u> requency comp.	•	TACS source
Stan <u>d</u> ard Component	-	-
	-	AC <u>3</u> -ph. type 14
		A <u>C</u> Ungrounded
		DC <u>U</u> ngrounded

キャンバスに下図左側の電源のアイコンが現れます。緑色で且つ四角で囲まれている状態はこの アイコンが選択されていることを示します。

キャンバスの白紙の任意の場所を左クリックすると下図右側のようにアイコンが変わります。



左側のアイコンの状態でアイコン上にマウスポインタを置いてアイコンをダブルクリックする とアイコンの入力窓が開きます。又は右の状態でアイコンの上にマウスポインタを置いて右クリ ックすれば同様に入力窓が下図のように開きます。

この入力窓の開き方はすべてのアイコンに共通です。

言葉でいうとややこしい感じですが、慣れてしまえば、無意識の内に入力窓を開けるようになり ます。

さて、電源の入力窓は次のように開かれます。

Component: AC1PH						×		
Attributes								
			_					
DATA	UNIT	VALUE		NODE		PHASE	NAME	
Amplitude	Volt	10000		AC		1		
f	Hz	60						
Pha	Deg/Rad	0						
A1		0						
TStart	s	-1						
TStop	s	1000						
Copy Paste	entire data gric	i (	Order:	0		Label:		
Co <u>m</u> ment:								
Type of source							_	
C Current							🔲 Hi <u>d</u> e	
							🔲 Lock	
(• Voltage								
				1				
Edit definition:	s		<u>u</u> k		<u>[</u>	Jancel	<u>H</u> elp	

この入力窓でアイコンにデータを入れます。

最初この画面を見るとAttributes (Attributes とは電源の属性という意味です。)欄の DATA 名称が何を意味しているかおそらく不明でしょう。その場合は画面右下の Help のボタン を押せば説明が表示されます。

この説明で大体意味を把握できるケースが多いですが、それでもわからない時は Rule book を 参照すれば更に詳細な説明が得られます。

- イ) 一番上の Amplitude は振幅値(ピーク値)を入力します。(上図右下の Help をクリックすると 説明が表示されます)。
   120 V rms ですからピーク値は 169.7 V と入力すべきです(Exa\_1.acp の電源の入力窓を開 いてみますとピーク値の指定が 167.7 V となっています。これは入力ミスですね)が、後で Exa\_1.acp と計算結果を比較するため、敢えて Exa\_1 と同じく 167.7 V としておきましょ う。
- ロ) fの周波数は 60 に上書きします。(周波数のカラムを左クリックで選択し、60 と Key 入力します)
- ハ) Pha の位相は 90 度遅れの指定ですから Pha のカラムの 0 を-90 に書き換えます。(位相は度の単位で入力します。これは次の入力項目の A1 で 0 として「度」の単位で入力することを 宣言しているからです。)
- ニ) TStart は電源を生かす時間です。1 を入力すると、正弦波電源を使った回路全体の定常解 計算(ベクトル計算)が過渡計算に先立って実行され各部の電圧、電流分布が求まり、その実 部がt=0の初期値にセットされます。特別な場合を除き正弦波電源のTStartは1として おきます。+の任意の時間にすればその時間から正弦波電源が生きるようになります。-1で 無い場合、定常解は省略されます。
- ホ) TStop は電源を off する時間です。TStop の値はセッティングで指定した Tmax より長く セットしましょう。さもないと計算途中で電源が off になっておかしな計算結果になってし まいます。デフォルトの 1000 sec.で支障ないのでこのままにしておきます。

へ)アイコン入力窓の左下の Type of source にデフォルトで電圧源が選択されていますね。 今は 電圧源でよいのでそのままにしておきます。 電流源の時は Current のラジオボタンを選択しま す。

ト) Label:の窓には U が記されていますが U は電圧源の意味です。電源に任意の名前を付けた いときこの欄に12文字までの任意の英数字の名前を付けて他の電源と区別することもできます。 名称をつけておくと報告書などの文章から電源を参照する時に便利です。

ご参考: ATP では電圧源又は電流源のデフォルト設定は余弦波で位相は0になっています。 この例題では余弦波の90度遅れの指定ですから、波形は正弦波になりますね。)

これで電源の入力は完了です。 電源アイコンの OK ボタンを押して終了します。

次にインダクタンスのアイコンを呼び出しますがその前に ATPDraw を別に起動させ、 C:¥ATP¥project¥example¥Exa\_1.acp を開いておき、これを見ながら Exa\_1\_new.acp の回路 を作成して行きましょう。

# 2-6) インダクタンスのアイコンと入力データ

電源のアイコンの時と同様にフローティングメニューから、Branch linear を選択し、 サブメニューの Inductor を選択します。次に入力窓を開き L の値に 1 を入力します。1 にする 理由はインダクタンスを mH の単位で入力すると宣言したからですね。

入力窓の Kp はインダクタンス回路を切った時、実際には発生しない鋸歯状波の電圧振動が計算 結果に観察される場合があるので、その電圧振動を抑制するためにインダクタンスに並列に挿入 するダンピング抵抗値を決定するための係数です。

これから作ろうとする回路で示したように 300Ωの並列ダンピング抵抗を別に外付けにします から、Kpは0を入力してOKボタンを押します。

Kp=0を入力したため、インダクタンスのアイコンは右のように並列のダンピング抵抗がなくなります



このダンピング抵抗による数値振動抑制についての詳細解説は Theory book の 2.2 と 2.3 にあります。

Kp=0 で計算させて電圧プロットに鋸歯状波が観察されたら Kp を 5 から 10 の間にセットして 再計算させるか、あるいは 9-1 の 2)のように漂遊キャパシタンスと漏れ抵抗を考慮してみまし ょう。

# 2-7) アイコンの移動方法

アイコンにマウスポインタを当てクリックすると下図のようにアイコンが四角に囲まれ選択さ れた状態になります。

\_\_\_\_\_

クリックしたままこのアイコンをドラッグして任意の位置に移動できます。 Exa\_1.acp を参照して概略同じ位置に各種アイコンを配置してください。

#### 2-8) 結線の仕方

各アイコンの端子をクリックすると、マウスポインタは手の形にかわりそのままマウスを移動す ればその端子から結線用の線を任意の方向に引けます。

線の終端の位置で再度クリックすればその位置で線が確定されます。Exa\_1.acp を参考にして 電源とインダクタンスを結線してください。

#### 2-9) インダクタンス並列抵抗

フローティングメニュー から Branch linear →サブメニューの Resistor を選択し、入力窓を 開き、抵抗値を 300 に上書きし OK ボタンを押します。Exa\_1.acp を参照してアイコンをイン ダクタンスの近くにドラッグして、結線しましょう。

# 2-10) 電圧検出プローブ

電源電圧値を知るために電圧検出プローブを取り付けましょう。 プローブを取り付ける位置は電源電圧を検出できる場所ならアイコンの端子部分でも、結線の途 中に接続してもかまいません。 フローティングメニュー から Probe & 3-phase →サブメニューの Prove Volt を選択し、アイ コンを開くと相数選択の窓が開くので1になっていることを確認しOKボタンを押します。 (三相回路などに適用する場合で相数を3に変えたい場合はPhase窓の上向き矢印をクリックし 3にし、三相全部の値を出力させるならA-1, B-2, C-3をクリックします。)

#### 2-11) 主回路電流検出プローブ

インダクタンスとダイオードブロック間の主回路電流を検出するために電流検出プローブを設 けましょう。

フローティングメニュー から Probe & 3-phase →サブメニューの Prove Current を選択し、 このアイコンの入力窓を開くと相数選択の窓が開くので 1 になっていることを確認し OK ボタ ンを押します。

このアイコンを Exa\_1.acp を参照してインダクタンスとダイオードブロック間に接続します。

# 2-12) ダイオード

ATP のダイオードはスイッチの一種として扱われています。 フローティングメニュー から Switches →サブメニューの Diode (type 11)を選択します。 Diode アイコンの入力窓を開きます。

デフォルト状態で、CLOSEDは1になっています。この意味は初期の定常解の時にダイオード を導通させておくという意味です。

一方、Exa\_1.acp の Diode を調べて頂くとわかりますがすべての Diode アイコンの CLOSED が 0 になっているため、すべてのダイオードは不導通の状態で定常状態の計算をする指定になっています。

定常状態計算時すべての Diodes を、導通させておくと、下図の如くダイオードを通して赤で示したインピーダンス 0 の閉ループ回路ができてしまい、この回路電流値を特定できず、定常状態の計算が正しくできません。



このため4つのダイオードのCLOSEDは0に上書きして不導通にしておきます。

ATP を初めて使う頃は無意識の内にこのようにインピーダンス 0 の閉ループ回路をスイッチで 作ってしまうことが多々あります。注意したいところです。

この例ではスイッチはダイオードですが時間で開閉を制御するスイッチ、Switch time controlled を使う場合でも気をつけましょう。

もしこの閉ループに気づかずに、Exa\_1\_new.acp を完成後、計算指令を出すと、入力エラーなので ATP はエラーメッセージを Exa\_1\_new.LIS のファイルに出力して計算を途中で停止させます。

エラーメッセージの見方は後述の 4-5 で説明します。

話をダイオードの設定に戻します。

ここではダイオードの入力値は Exa\_1.acp と同じ設定にしておきます。ダイオードを 4 個 Exa\_1.acp を参照して配置しましょう。

次に電流の電源への帰路回路を作りましょう。下図の青丸のようにダイオードの端子を接地します。



地しました

アイコン端子を接地するには次のようにします。

接地したいアイコン端子をクリックします→下図のノードデータの窓が開きます。 →Ground にチェックを入れ OK ボタンをクリック→端子が接地されます。

Node data	
CAT: UserNamed	QK] Help

アイコンを 90 度回転するには当該アイコンを左クリックし(アイコンが四角で囲まれた状態に し)、ATPDrawのメニューアイコンの Rotate アイコンを一回クリックするごとに選択されたア イコンは 90 度ずつ回転します。回路のある部分又は全体も、マウスで当該部分を選択した上で、 この Rotate アイコンを押して回転させることができます。

#### 2-13) スナバー回路

ダイオードと並列に入っているスナバー回路を作成しましょう。 アイコンはフローティングメニュー から Branch Linear →サブメニューの RLC を選択します →RLC アイコンが表示されます

スナバー回路の定数は回路図より、抵抗 33 $\Omega$ 、キャパシタンス 1 $\mu$  F なので、RLC アイコンの 入力窓を開き、抵抗には 33、インダクタンスは 0、キャパシタンスは 1 を入力します。 OK ボタンを押すと、RLC のアイコン形状が R,C 直列回路に変わって表示されます。

# 2-14) データ入力したアイコンのコピー

スナバー回路は四つあるので最初に作ったスナバー回路をコピーして残り3つを作りましょう。 次のようにします。

作成済みのアイコンを左クリック→アイコンが四角で囲われます。メニューアイコンの Duplicate をクリック→アイコンの輪郭が消え、アイコンは赤で表示され、その場所に新たにア イコンが入力データごと複製されたことを示します(重複して表示されています)→アイコンに マウスポインタを当て、任意の場所にドラッグすると基のアイコンの上に重複して表示されてい たアイコンだけがドラッグされます。

# 2-15) 0.01 Ωの回路抵抗と 20 Ωの負荷抵抗のアイコンの作成

上記 9)と同じ操作で作成し、Exa\_1.acp を参照して配置し結線します。

これらの抵抗アイコンからその抵抗の両端電圧、その抵抗を通る電流などの出力するよう指定が できます。

指定方法は次のとおりです。

アイコンの入力窓の左下に下図の如く Output の窓があります。

G	omponent:	RESISTOR						X
Ē	<u>\</u> ttributes							
Γ	DATA	UNIT	VALUE		NODE		PHASE	NAME
Ī	RES	Ohms	0.01	1	From		1	
				-	То		1	POS
1		1						
	Copy Paste	entire data grid	t I	Order:	0		Label:	
	Co <u>m</u> ment:							
_	このボタンを押して出							
	output			〕侯補	<b>を選</b>	択しる	ます	∏ Hi <u>d</u> e
	1 - Current							
	≸Vintage,1							
	Edit definitions	5		<u>0</u> K		<u>(</u>	Cancel	<u>H</u> elp

この窓の下向き矢印ボタンをクリックすると出力できる諸量の候補一覧が表示されます。 マウスで電流だけ出力するなら 1-Current を、電流と電圧を出力するなら 3-Current & Voltage

を選択します。

この例題では 0.01Ωの抵抗からは電流の出力を、20Ωの負荷抵抗からは電流と電圧を出力させ るようにセットしましょう。

この出力指定は抵抗のみならず Linear と Non Linear のブランチ用アイコン及びスイッチ類ア イコンなどで可能です。

# 2-16) 平滑キャパシタンスの作成

基の電気回路図を御参照願います。

平滑キャパシタンスに U(0)=150 V と書かれています。U の括弧内の 0 は t = 0 を示し、U(0)=150 とは t = 0 でこのキャパシタンスは 150 V に充電されているという初期状態のコメントです。

このためこのキャパシタンスに使うアイコンは初期状態で既に充電されたキャパシタンスのアイコンを選択する必要があります。(充電されていないキャパシタンスも当然用意されています)

この充電されたキャパシタンスのアイコンはフローティングメニュー から Branch Linear → サブメニューの「C:U(0)」のアイコンを選択します。 もし充電されていないキャパシタンスが選択されると Time step loop に入ってからこのキャパ シタンスに充電突入電流が流れるので回路状態が定常状態になるまで時間がかかるという計算 結果になります。

早めに定常状態の諸量を計算したいのなら充電された C:U(0)を選び、電源を生かした時の突入 電流を計算するには Branch Linear→Capacitor を選択します(これが充電されていないキャパ シタンスです)。

さて、充電されたキャパシタンス C:U(0)の入力は入力窓を開き、次のようにします。 容量は電気回路図に従って 1000 を入力します。

U(0)+,U(0)-はt = 0のアノード、カソードの電位ですから初期の電圧は基の回路図から150 V なのでU(0)+には75、U(0)-には-75 と入力します。(負号の入力を忘れないでくださいね)

このキャパシタンスからキャパシタンス電圧も出力してみましょう。Outputの窓より 2-Voltage を選択し、OK ボタンを押します。

#### 2-17) わかりやすい Node 名をつけましょう

Node(接続点)に自分がわかりやすい名前を付けて置くと、計算後 PlotXY 中に表示されるプロット候補を見る時、表示されるノード名からどこの量か直ちにわかるようになり便利です。

例えばこの Exa\_1\_new.acp では出力側のノードの+極には Positive の意味で POS, 一極には Negative の意味で NEG と言うノード名を付けています。

PlotXY に多くの出力候補が表示されても POS-NEG となっているものはすぐ出力回路に関する ものであることがわかります。

もし人間系で名前を付けないと、例えば XX0001-XX0003 などと ATPDraw が自動的に付けた ノード名で表示候補が表示されます。

これでも単純な回路なら差し支えありませんが、複雑な Project ファイルになると何処にそのノードがあるのか探すのが大変です。

したがって、Project ファイルの回路にはなるべく自分でわかりやすい名前をつけたほうが作業 効率が上がります。

ノード名を人間系で付けるには、2-12)のアイコンの端子を接地する時の作業と同様になります。 つまり、ノード名を付けたいアイコンの端子をクリック→次図の窓が開きます→Fromの窓の中 に半角英数字の6文字の名前を入力します。数字が前に来ても大丈夫です。→Name on screen にチェックを入れれます→OK ボタンを押せば画面上に入力した Node 名が表示されます。

Node data	X
From: Section From: Section Se	OK Help

Exa\_1\_new.acp の Node 名は、後のプロット作業で同じ量を比較する際、便利になるので Exa\_1.acp と同じ名前をつけておきましょう。

# 2-17) プロジェクトファイルが完成したら上書き保存します。

# 以上で新しく作成した Project File Exa\_1\_new.acp の完成です!

文章での説明のためまわりくどくなりましたが、慣れてしまえばスムースに Project ファイルを 作成できますよ。ご安心ください。

以上の作業で作られた ATP のカードイメージの入力データはメニューバー→ATP→Edit ATP-file で見ることができます。

Exa\_1\_new.atp という名前で作られています。

最初の内は Exa\_1\_new.atp で入力データの編集は必要ないので見る必要はありませんが、腕が 上がったらここでいろいろ入力データの編集をしてその内容で走らせることができます。

# 4-4 計算実行指令を与えてみましょう

下図のようにマウスで ATPDraw のメニューバーの ATP→run ATP を選択します。これが ATP の計算指令になります。



マウスで run ATP をクリックすると計算が始まり、次図の黒いスクリーンの DOS 窓が現れま す。

(ATPDraw Version 5.1p2 では、新しい計算ケースを初めて計算する時、計算指令を与えてから 計算が開始されるまで数秒間の時間遅れが発生します、あわてないで待っていてください。二回 目以降の計算ではこの時間遅れはなくなります) 計算が終了するとこのスクリーンに次のメッセージが現れます。 画面最後のメッセージに従い、いずれかの key を押せば、この DOS 窓は閉じます。



Tmax が長いとき又は計算刻み時間が短い時は、この DOS 窓にものすごい勢いで計算過程が表示されます。逆の場合はすぐに上図の窓になります。

計算刻み時間が短すぎて延々と計算を続ける場合などで、途中で計算を停止したい時は Cntrl+Alt+Delete キーを押せば停止します。

さて DOS 窓に上図の如く表示がされても、必ずしも正しく計算がされたことにはなりません。 エラーが発生していないか Exa\_1\_new.LIS ファイルを次項で説明するように開いてエラーメッ セージが出ていないことを確認しましょう。

# 4-5 出力ファイル(Exa\_1\_new.LIS)のチェック(エラーメッセージのチェック)

Exa\_1\_new.acp を開いている状態で、メニューバーの ATP→Edit .LIS file を選択します→ Exa\_1\_new.LIS が開かれます。

この.LIS ファイルを最後までスクロールして行き、エラーメッセージの有無を確認します。 上述の内容で入力していれば何もエラーメッセージは発生しません。

しかし例えば四つのダイオードの CLOSED をすべて1として、閉ループ回路を作ってしまった 場合は次のエラーメッセージが出ます。症状に応じてエラーメッセージの内容は変わります。

このエラーメッセージの KILL code 中に修正のヒント示されています。

下図の ERROR/ERROR/・・・で示されるエラーは最も重度のエラーです。 エラーメッセージ KILLcode = 64 はスイッチで閉ループが構成されてしまっていると警告して います。Rule Book によると KILL code の種類は 1 から約 230 まであると記されています。

Text Editor: Exa_1new.LIS	X
<u>File Edit O</u> haracter <u>H</u> elp	
Total network loss P-loss by summing injections = 4.687215000000E+01	^
ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR	
You lose, fella. The EMTP logic has detected an error condition, and is now going to terminate program execution. The following message summarizes the circumstances leading to this situation. Where an otherwise-unidentified data card is referred to, or where the "last" card is mentioned, it is the most recently read card of the input data that is meant. The 80-column image of this card is generally the last one printed out prior to this termination message. But possibly this last-read card has not yet been displayed, so a copy follows:	
KILL code number Overlay number Nearby statement number	
525 KILL = 64. Switch connectivity error. SUBROUTINE SWITCH, which is used to make the logic changes associated with a modification of switch status, has just determined that an error is about to occur. A loop of closed switches is about to be created, touching node "". Such closed switch loops make the network solution indeterminate, and are not allowed by the program.	
ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/	
Memory storage figures for the preceding, now-completed data case.	~
11	
上記のエラーメッセージは読みにくいと思われますので、以下に鮮明なエラーメッセージを再掲	

します。

ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERRO

KILL code number	Overlay number	Nearby statement number	
64	11	5525	
KILL = 64. Switch connectivity en	ror. SUBROUTINE SWITCH, wh	hich is used to make the logic changes associated with a m	odification
of switch status, has just determin	ed that an error is about to	o occur. A loop of closed switches is about to be created	l, touching
node "". Such closed swite	h loops make the network sol	lution indeterminate, and are not allowed by the program.	

ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ERROR/ER

KILL code 以下の内容がエラー内容を示しています。このエラーメッセージに従い Project ファイルを 修正しましょう Errorメッセージは上記のほかに、

+++///の記号から始まるエラーメッセージや、%%%%%から始まるエラーメッセージがあります。

心しなければならない点は、ATP は Error に相当する不都合点を発見しても、勝手に他のノードに接続して計算を継続し、DOS 窓では計算終了が示され、プロットデータも作成される場合がある点です。

そのような場合でも .LIS ファイルをチェックしていればエラーを必ず発見できます。したがって計算が終了したら必ず .LIS ファイルを開いてエラーの発生の有無とエラー内容を確認する 習慣をつけましょう。

ATP が勝手に他のノードに接続して計算を継続した場合、.LIS ファイルのチェックを省いて プロット波形を見ても、間違えた計算の波形のため首をひねりぱっなしになることがあります。

このように.LIS ファイルを確認しないと時間の無駄になることがあるので、計算を終えたら先ず.LIS ファイルの内容を確認しましょう。

# 4-6 PlotXY で計算した諸量のプロットを見てみましょう

.LIS ファイルでエラーが発生していないことを確認したら、次はいよいよ計算結果のプロット 表示です。

ATP のプロットプログラムには PlotXY の他に GTPPLOT, GNUPLOT が付属していますが、 ここでは PlotXY で計算結果を表示させる方法を紹介します。

# 1) PlotXY の起動

Exa\_1\_new.acp が開かれている状態で下図のようにメニューバーの ATP→PlotXY を選択します。(ご注意:PlotXY の下の方に同じような名前の PlotXY(file)がありますがこれではありません。)

🧱 ATPDraw			
<u>F</u> ile <u>E</u> dit <u>V</u> iew	<u>ATP</u> Library Tools	: <u>W</u> indow	
	<u>S</u> ettings run <u>A</u> TP	F3 F2	
C:¥ATP¥pro	<u>E</u> dit ATP-file Edit <u>L</u> IS-file	F4 F5	
	<u>M</u> ake File As Make <u>N</u> ames		
U HVS	<u>F</u> ind node F <u>i</u> nd next	F6 F7	
₩ <b>⊘</b> –∳-~	Line Check (group)		
2	Edit <u>C</u> ommands		•
	Plot <u>X</u> Y	Ctrl+Alt+0	
	GTP <u>P</u> LOT	Ctrl+Alt+1	
	<u>r</u> un ATP (file)	Ctrl+Alt+2	
	Pl <u>o</u> tXY (file)	Ctrl+Alt+3	
	<u>G</u> TPPLOT (file)	Ctrl+Alt+4	
	GN <u>U</u> PLOT	Ctrl+Alt+5	
MODE: EDIT	A <u>I</u> P Launcher	Ctrl+Alt+6	li l

次のように PlotXY が起動し、今計算を終えた Exa\_1\_new.acp のプロットデータが Exa\_1\_new.pl4 のファイルになって自動的に load され次図のように表示されます。

表示された Variables のプロット候補の中からプロット表示したいものをマウスで選択します。

	🞇 MC's PlotXWin – Dat	ta selection	
	Load Refresh	3 🔸 🔶 .	✓ <a>1</a>
	# File Name	# of ∨ars # of Po	ints Tmax
	Exa_1_new.pl4	8  1001	0.05
	variables It		eset 🕂
プロットできる諸量の	V:POS -NEG	Plot1 Plot2 Plot3	3 Plot 4 4
候補一覧です。viは電	v:NEG -POS v:VS	Variable	X Factor Offset
上、c・は電流を示してい ます	c:XX0001-VA c:XX0002-POS	t	x 1 0
~ y .	C:POS -NEG		
	C.MEG 105		
		Lindata Est	
		Update	Four Plot
		Equalise plot window	v sizes
		• to window 1	Go
		○ all to:  502 ×  3	384

例として出力電圧と出力電流の波形を見てみましょう。

出力電圧は上から二番目の v:NEG – POS ですからこれを選択します。

なぜこれなのかというと、

Project ファイル(ATPDraw の回路図)上で定義した電圧又は電流の正の向きに従って出力候補 が表示されるからです。

出力抵抗の出力電圧の正の方向は Project ファイルでノード NEG からノード POS に向かう方向と定義しているため、それと同じ v:NEG – POS が出力抵抗の電圧です。

プロット候補の一番上の電圧出力は平滑キャパシタンスの電圧です。Project ファイルのキャパ シタンス電圧は POS から NEG に向かう方向を正と定義しているためです。

出力抵抗の電流は一番下の c:NEG – POS ですからこれを選択します。



次のようにこれらの計算結果が表示されます。



Project file, Exa\_1.acp を見て戴くとわかりますが、出力電圧及び出力電流の正の方向はノード NEG から POS に向かう方向として計算させています。Exa\_1\_new.acp もしかりです。 このため、プロット波形の極性は上図のように一の波形になります。

ノード POS からノード NEG に向かう方向を正と定義したいなら、Exa\_1\_new.acp でこれら二 つの抵抗を選択し、180 度回転させた上で上書き保存し、再計算させれば次図のように極性が+ になって表示されます。



このように Exa\_1\_new.acp ファイルそのものを変更して再計算させるのが一つのやり方ですが、 代わりのやり方もあります。

そのやりかたは次項の PlotXY の Factor の機能に記すとおりです。

# 2) PlotXY の機能の説明

PlotXY を使いこなすとプロット波形から情報をたくさん読み取れるようになります。 ここでは PlotXY を使いこなす方法を解説致します。

# 2-1) Factor の機能

出力電圧、出力電流の正方向を Exa\_1\_new.acp の定義のまま計算し、PlotXY でプロット候補 を表示した上で下図の如く Factor の欄の 1 を-1 に上書きした上で Plot ボタンを押します。こ れにより極性が反転して表示できます。

🞇 MC's PlotXWin – Dat	a selection
Load Refresh	↓ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
# File Name	# of vars # of Points Tmax
Exa_1_new.pl4	<u> </u>
Variables	
t v:POS -NEG	Plot1 Plot2 Plot3 Plot4
v:NEG -POS v:VS	Variable X Factor Offset
c:XX0001-VA	t x 1 0
c:XXUUU2-POS c:POS -NEG	V:NEG -POS -1 0
c:NEG -POS	C:NEG -POS -1 0
	ば極性は逆転して表示されます
	Update Four Plot
	Equalise plot window sizes
	€ to window 1
	C all to: 502 x 384

この Factor の機能を使ってプロット波形の縮小、拡大もできます。Factor を3とすれば表示される量はY軸方向に3倍されて表示されます。時間軸は固定されたままです。

二つの量をプロットし、二つの量の間の位相などの相関関係などを調べる時、片方の量が小さい と相関関係の check は困難ですが、Factor の機能で小さい量を拡大表示させれば簡単に相関関 係をチェックでき便利です。Y 軸方向にも又時間軸方向にも拡大する方法も準備されています (  $\int 2-4$ ) マウスによる波形拡大機能」をご参照下さい )

# 2-2) Allow Multiple files の機能

Allow Multiple files とは上図の赤矢印ボタンを押すと有効になる機能で、 計算ケースの異なる複数のプロットファイル(.pl4 ファイル)を同時に呼び出して、ケースごとに 諸量がどのようになるか比較する時に使う機能です。

ここでは一例として Exa\_1.pl4のファイルと Exa\_1\_new.pl4を呼び出して両ケースの出力電圧、 を比較してみましょう。

Exa\_1\_new.pl4 は今の状態では Exa\_1.pl4 と同一ですから、同時表示しても重なって表示され るだけですからあまり面白くないので、Exa\_1\_new.acp の平滑キャパシタンスの入力データを 次のように変更した上で再計算し、Allow Multiple Files 機能を使って波形を表示してみましょ う。

	変更前	変更後
U(0)+	75	55
U(0)-	-75	-55

Exa\_1\_new.acp をこのように変更の上、上書き保存し、4-4 に従い再計算させます。DOS 窓を 閉じます。

次に Project ホルダー内の Example の中から Exa\_1.acp を開き、4-4 にしたがって計算してお きます。同様に DOS 窓を閉じます。

Allow multiple Files 機能の使い方は次のとおりです。

1) 4-6 の 1)に従って PlotXY を起動します。→PlotXY が起動し、Exa\_1.pl4 のプロット候補が 表示されます。

2) PlotXY のメニューアイコンの Allow Multiple Files のボタンをクリックします(Allow multiple Files のボタンが押された状態に変化します)。

3) PlotXY のメニューアイコンの Load ボタンを押します。→Load 可能な.pl4 ファイルの一覧が示されます。

4) Exa\_1\_new.pl4 を選択し、「開く」ボタンを押します→PlotXY に下図のように二つの.pl4 フ ァイルが Load されます。

この例では二つのプロットファイルをロードしていますが、work ホルダーに他の.pl4 ファイル があればそれらも Load することができ、下図の上段の行数が Load する数に従って増えます。

🞇 MC's PlotXWin – Data	a se	lection				_		3
Load Refresh		♦ 🔶			1	最 E	小化 <b>?</b>	
# File Name 1 Exa_1.pl4 x 2 exa 1 new1.pl4		# of vars 8 8	# of 100	Point 1 1	ts T	Tma: 0.05 0.05	×	
Variables	0						E	
v:POS -NEG v:NEG -POS	Plo	it 1 Plot	2   PI	lot 3		ot 4		
V:VS c:XX0001-VA c:XX0002-POS c:POS -NEG c:NEG -POS	Var	iable		# a	Fac	ctor	Offset 0	
		pdate qualise pl to windo all to:	ot wind w 1 502	dow s	-ou size 4	r s	Plot Go	

二つのプロットファイルがロードさ れました。この間の行数が Load す る.pl4 ファイルが増えるに連れ増え ます

5) 上図中の×印は Exa\_1\_new.pl4 が選択されている状態を示し、表示されている Variables は 全て Exa\_1\_new.pl4 のものです。

プロット候補は出力電圧 v:NEG – POS としましょう。v:NEG – POS にマウスカーソルを当て クリックします

6) 次にマウスカーソルで上段の#1 の Exa\_1.pl4 を選択します。(Exa\_1.pl4 の欄中どの欄をク リックしても選択できます)

これにより Variables の中のプロット候補のすべてが Exa\_1\_new.pl4 から Exa\_1.pl4 のものへ 切り替えられます。

7) Exa\_1.pl4のv:NEG – POS を選択します。

これで Exa\_1\_new.pl4 の v:NEG – POS と Exa\_1\_new.pl4 の v:NEG – POS の二つが選択され て下図のようになります。

🞇 MC's PlotXWin – Dat	a selection				
Load Refresh	1 🔸 🔶	-		?	
# File Name	# of vars # of Po	bints	s Tma	х	]
x 1 Exa_1.pl4	8 1001		0.05		
2 exa_1_new.pl4	8 1001		0.05		
Variables		ese	t	+	
V:POS -NEG	Plot 1 Plot 2 Plot	3	Plot 4	∣∎ે⊧	
v:WE0 105 ; v:VS	Variable	   #	Factor		
C:XX0001-VA	variable	#		onset	
c:POS -NEG	t	a.	T	0	
c:NEG -POS	v:NEG -POS	2.	1	0	
	v:NEG -POS	1	1	0	
		$\square$			
					→ これを押してプロットさせる
	Update 🖺	F	our	Plot	
	Equalise plot window	W S	izes		
	G to window 1	/* 3I	1203		
			_	Go	
	○ all to: 502 ×	384			

8) Plot ボタンを押します

すると下図のように両計算ケースの出力電圧波形が表示されます。



計算結果は Exa\_1\_new.pl4 の方が、平滑キャパシタンス電圧を定常状態より低めの状態から計算させましたから、計算結果もこの影響で定常状態に移行するのに時間がかかっているという 妥当な結果になっています。(Exa\_1\_new.acp の方が大きな突入電流が流れるので、

 $v_c = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$  から Vc も Exa\_1\_new.acp の方が大きくなり妥当な結果になっています。)

同時に表示させられるプロット数は2に限定されず多数のプロットを同時表示できます。 多数の量を一度に表示するとプロットが見難くなるので Offset の機能( 「2-7)の Offset 機能」 をご参照願います)を使ってプロット間にスペースを空けると見やすくなります。

2-3) プロットデータを読みやすくするためにグリッド線を入れてみましょう

上記8)のプロットを読みやすくするためにグリッド線を入れましょう。



すると、上図右側の窓が開くので Disply Grid にチェックを入れ OK ボタンを押します。



これでグリッド線が下図のように表示され波形の大きさを読みやすくなります。

# 2-4) マウスによる波形の拡大機能

PlotXY には極めて簡便なズームイン機能があります。

例えば上図の青丸で囲んだ部分の詳細を見たいとき、マウスをこの付近に当て、ドラッグして拡大したい範囲(四角の点線で選択範囲が表示されます)を定めた上、マウスクリックを離せば直ち に選択した部分の拡大プロットが次図のように表示されます。 2-1)で紹介した Factor の機能は時間軸は固定で Y 軸方向の拡大機能でした。 このマウスドラッグで行う拡大は Y 軸と時間軸の拡大を同時に行うことが出来ます。



# 2-5) プロット波形の正確な値を読み取る機能

上図の状態から、下図のカーソルボタンを押します→カーソルがプロット画面上に表示されます →カーソルを左右にマウスでドラッグして希望する位置に移動します→そのカーソルとプロッ ト波形の交点位置のプロット量が別の小窓に表示されます。



このカーソルボタンを押します



希望するプロットの正確な値は、マウスドラッグで繰り返し拡大の上、カーソルを当てて読み取 ることで可能になります。(ただし拡大回数は限度があり、限度に至るとメッセージでそれ以上 拡大できない旨が表示されます)

#### 2-6) 波形同士の演算

plotXY は Variables の欄中に示されているプロット候補間で演算を行わせることが出来ます。 この機能は次図のこれらボタンを押して行います。



Variable 中の上から二つの和、二つの差、二つの乗算を行う場合の操作方法は次のとおりです。 波形同士の和を作りたい時は最初に三つのボタンの左側の+のボタンを押します。→右側の Variable の欄の色が変わります。→和を取りたい変数二つをマウスでクリックします→右側の Variable 欄に二つの変数の和を取った新しい変数が表示されます→プロットボタンを押します →和の波形が表示されます。

差をとる場合も、二つの変数の乗算をさせる時も同じ手順でできます。 二つ以上の変数の演算はサポートされていません。 尚二つの変数の除算機能は分母に来る変数が0になる場合があるので作成されていません。

#### 2-7) Offset 機能

これは各プロットデータのY軸方向の0位置をOffset(上又は下の方へ移動)させる機能です。 シフトする大きさをOffset 欄に数値で入力してから Plot ボタンを押せば、当該のプロットは Offset されて表示されます。

例を示しましょう。

次のように Offset 量を入力したとします。

これは Exa\_1.pl4 の V:NEG-POS を+200V シフトするという意味です。

🞇 MC's PlotXWin	- Data selectio	n		
Load Refresh	3 🔸 🗛	✓	2	
# File Name	# of vars	# of Points	Tmax	
1 Exa_1_new.pl4	8	1001	0.05	
( 2 exa_1.pl4	8	1001	0.05	
Variables	$\Theta \Theta \otimes$	Reset	I II	
7: POS -NEG	Plot 1 Plot 2	Plot 3 Plo	t4 Plot5	
7:NEG - POS 7:VS	D Gaulate la		-1	,これは+200 V 上にシフトす
::XX0001-VA	Variable	# Fa	ctor Utfset	/ という意味になります
::XX0002-P0S	t	a 1	0	
POS -NEG	v:NEG -PO:	S 1 -1	. 0 🖌	
MEG -F03	v:NEG -PO:	S 2 -1	200	
	Update 🗒	Fot	ır ("Plot")	
	Equalise plot	. window siz	es	
	To window	/1	Gol	
	C all to: 59	5 x 322		

その結果 Exa\_1.pl4 の V:NEG-POS のプロットは次のように表示されます。

多くのプロット候補を同時に表示させたい時は、この機能を使い各プロット間に適当にスペース を空けるようにすると見やすくなります。



# 5. プロット結果を吟味しましょう

入力データに一部数値の入力間違いがあっても、又はモデル回路が適切で無かったり、結線の一 部が間違えていても、パソコンは与えられた入力データに従い、忠実に計算結果を表示します。

このため表示された計算結果が妥当なものであるか 4-3 の作業の Review をすると共に、持てる 知識のすべてを総動員して結果を吟味する必要があります。

これはまさに「言うに易く、行うは難し」の典型例でこうすれば良いという特効薬はなかなかあ りません。

問題を単純化して計算したり、条件を変えて納得できる結果が得られるか検討するのも一つの方 法です。

# 6. Project ファイル(ATP の回路図)の Word 文書への貼り付け方法

貼り付けたい Project ファイルを開いた状態で ATPDraw のメニューバーから ファイル→Save Meta file...を選択し、保存したいホルダーに保存します。 後は Word 文書のメニューバーから

挿入→図→ファイルからを選択し、保存した Meta file を指定すれば貼り付けられます。

PrtSc で PC 画面のすべてを clip board に貼り付け、ペイントで必要部分を選択して Copy し、 Word へ貼り付けるということも時々やります。

# 7. Plot 波形の Word 文書への貼り付け方法

計算結果の報告書を Word で作成する時の PlotXY の波形を copy して張り付ける方法は次のと おりです。

🞇 MC's PlotXWin – plot 1 195 190 185 180 175 170 165 <del>|</del> 37.8 39.3 38.3 38.8 39.8 403 \*10∹ Exajipl4: v:NEG -POS c:NEG -POS exajipew.pl4: v:NEG -POS 💉 📴 🖪 🗸 57 💷

下図の Copy to clipboard ボタンをクリックします。

Copy to clipboard のボタンをクリックします

408

Word 文書の挿入したい位置に貼り付けます。 テキストボックスの中に貼り付けると、文書中の貼り付け位置を変えられる自由度がでてきます。 8. ATPLauncher を使い Benchmark の例題を計算してみましょう

今後の活用のために、カードイメージデータで作られている ATP の入力データも支障なく、走らせることができることをここでは説明いたします。

この説明で既存の拡張子が.datや.atpのカードイメージで作成された ATP 入力データを走らせることができます。

(ATPDraw 上からも ATP→run ATP (file))を選択し、これらのデータを選択すれば同じく計算で きます)

次の作業手順で走らせることができます。

1) ATPLauncher のアイコンをクリックして起動します。 次のように ATP Launcher の窓が開きます。



2) Open のボタンをクリックし ATP ホルダー内の bnchmark のホルダーをクリックします。
 収録されている bench mark の一覧が表示されます
 最初の DC9.ATP を選択して開くボタンを押します。
 ATP Launcher の窓に DC9.ATP のファイル名が表示されます

3) ATP Launcher の RunATP のボタンを押します

4) 計算が実行されます。計算結果のプロットが自動的に表示されます。

5) いずれかのキーを押して DOS 窓を閉じます。

このようにして Bench mark 内の入力データを走らせることができます。しかしながら Bench mark 内の殆どの入力データはプロット出力を出す指定になっていないため PlotXY のボタンを 押してもプロット波形は見ることができません。(例えば DC1.ATP などは計算後 DC1.LIS ファ イル内の後半部分を見れば大体の量変化の傾向が文字キャラクターを使ったプロット表示で示 されています。)

もちろん.ATP のファイルで、プロット指定がしてあれば、PlotXY でプロット表示できます。

また Open ボタンを押して表示される Bench mark 内の拡張子が.dat のファイルの殆どが、一 部分の入力データだけを示していて完全な ATP の入力データの形式を構成していないため、そ れらは Run ATP のボタンを押してもエラーが出て走りません。

.dat ファイルでも Rule book に示されたカードイメージ形式で完全に最初から最後まで記述 されていれば問題なく ATP Launcher から走らせることができ、プロット表示も行えます。

また例えば DC9.ATP や DC35.ATP などのように計算終了と同時に PlotXY を使った表示ではありませんが ATP 内蔵のプロットプログラムでプロット表示が示されるものもあります。

# 9. Rule book と Theory book について

ATP は計算させる上での約束事がかなりあります。 それらは難しくはありませんが、全部覚える必要はありませんが、一部分は覚える必要がありま す。

上述した説明内容の一部も Rule book に記載されています。

Rule book は英語で書かれています。

ATPDraw にも一部 Help があるので Rule book をいつも見なければならないというほどのこと でもありませんが、最初の内はこまめに参照したほうが良いと思います。

JAUG のホームページ中の Distribution の所からハードコピーの Rule book を入手できます。 JAUG のパスワード保護されたサーバには電子化された Rule book も登録されています。 また一部しか網羅されていませんが和訳した Rule book も電子化されて登録されています。

Theory book という ATP の理論背景を解説した電子化されたマニュアルも同サイトから入手できます。数値振動抑制に関する記述もあります。

#### 10. ATP を使う上で留意したい事項

4-3 の 2-12)で既に述べたようにインピーダンス 0 の閉ループ回路を作らないということの他に も、留意したい点が何点かあります。

ここではその内から数値振動と Floating circuit について説明します。何れも看過すると計算結果を誤って解釈することになりますので、大切な事項です。

#### 10-1. 数値振動について

ここでは数値振動の発生のメカニズムと取られている回避策の理論的背景について、Theory book から引用して解説しています。

#### 1) スイッチングによる数値振動の発生

インダクタンス回路又はキャパシタンス回路を ON,OFF 制御をすると、回路微分方程式の解法 に台形(Trapezoidal)数値積分を使っている ATP では、電流が自然消滅した直後に、実際の回路 には発生しない、持続的な鋸歯状波の振動がインダクタンス回路の電圧やキャパシタンス回路の 電流の計算結果に生じます。

この振動は ATP の微分方程式の解法に用いられている台形積分法に起因して発生している現象 で、実際の回路では観察されないものです。

後述するようにこれらの軽減策は ATPDraw 用意されているので、計算の結果この数値振動が プロット波形に観察されれば、この軽減策を施すか又は以下に示す諸対策をして、再計算をしま しょう。

以下にこれらの数値振動の例と、軽減策について説明します。

#### 2) インダクタンス回路の数値振動例

下図の回路で回路電流がダイオードにより、0になった時のN2ノード電圧の計算結果を示します。



計算結果は下図のようになります。



上図の電流、電圧を拡大表示すると下図のようにノード電圧は数値振動により鋸歯状波になっています。この状態は正しい結果を表示していません。 数値振動は電流がダイオードにより阻止されて0になるタイミングで、N2のノード電圧と回路 電流に発生しています。



この例の計算条件は次のとおりです。

Attributes						
DATA	UNIT	VALUE	NOE	)E	PHASE	NAME
Vig	Volts	0	ANC	1	1	N1
lhold	Amps	0	CAT		1	N2
Tdeion	s	0				
CLOSED	>0:SS closed	1				
Copy Paste	entire data grid		)rder: 0		Label:	
			,		,	
Co <u>m</u> ment:						
Output						- Hide
						, nge
0 · No		<b>•</b>				Lock

刻み時間は1E-6sec.、ダイオードの入力データは次のとおりです。

この数値振動の原因について Rule book はスイッチを開放するのは計算刻みの或るタイムステ ップ中で、電流の符号が+からーへ変化した時で(下図では t2 から t3 間のタイムステップがそ れに該当します)、その時電流は下図のように厳密には 0 の値ではないので、インダクタンス中 には残留エ磁気エネルギーが残るためと説明されています。



この説明から次の対策が考えられます。

① 残留インダクタンスエネルギーを消費する閉回路を設ける

② スイッチが電流を切る Imar(これは Time controlled switch の入力データの一つで、電流が この値以下になったら電流を切ります)または Ihold(これは Diode の入力データの一つで、電流 がこの値以下になったら電流を切ります)の値を小さな値にセットし、残留エネルギーが極力残 らないようにする。

しかしながら②の方法で電流を完全に0で切ってもATPで採用している台形積分法のため

抵抗、インダクタンス値は図中に示すとおりです。1Rとは1Ωの意味です

数値振動の発生は不可避です。(台形積分法による数値振動はこの後、説明しています)

取り得る対策としては次に示すよう漂遊キャパシタンス、漏れ抵抗の並列回路挿入やインダクタ ンスに並列にダンピング抵抗を挿入することが考えられます。

回路に存在する漂遊キャパシタンス及び絶縁抵抗を考慮して下図の回路で計算すると、追加した 漂遊キャパシタンスと絶縁抵抗はインダクタンスに残留する磁気エネルギーを消費するので次 図のプロットのとおり数値振動がなくなり、正常な電圧波形が表示されます。

Rule Book Page 6A-14の c)に、形は異なりますが原理的には同様の、残留エネルギーを消費する閉回路を作る対策が示されています。



#### 3) キャパシタンス回路の数値振動例

下図の回路で t=0.005 sec. でスイッチにより回路を開放すると、キャパシタンスを流れる電流に 数値振動が発生します。



計算結果は次の通りです。



コンデンサ電流の数値振動部の拡大は次のようになり、インダクタンス回路の数値振動の場合と 同じく、三角波の形状になっています。この三角波状の波形も ATP で採用されている微分方程 式の解法に使われている台形積分法によるものです。



尚この鋸歯状波について一つ断っておきたい点があります。 分布定数回路では鋸歯状波になってもそれは正しい計算結果の場合があります。

しかし集中定数回路でこの鋸歯状波が観察されたら間違いなく数値振動ですので対策を施しましょう。

#### 4) ATP で台形積分法を使う理由

連続系として微分方程式で記述された現象をディジタル計算機で解くには微分方程式を数値積 分公式により、離散化して計算を行う必要があります。

ATP ではこの積分公式に台形積分法(Trapezoidal 法)を採用しています。他の EMTP プログラ ムバージョンも同様です。

この台形積分法は次の長所を持つために採用されています。

1)動作速度が高速なスイッチング回路と時定数が大きい回路が混在した回路を安定に解く事ができる。

2) 計算誤差が少ない

しかしながら、台形積分法であるがゆえに、ここに紹介するインダクタンス又はキャパシタンス 回路で発生する数値振動発生の問題点を有しています。これらの問題点を軽減する対策手法も後 述するように確立しているので、数値振動が発生していれば対策を施して再計算することが大切 です。

#### 5) 台形積分法を使用すると鋸歯状波の数値振動が現われる理由についての説明

以下にインダクタンス回路とキャパシタンス回路に分けて、数値振動発生メカニズムを説明しま す。

# 5-1) インダクタンス回路に数値振動が現われる理由

下図の回路で説明します。尚以下の説明は EMTP Theory book の 2.2 項及び 2.2.2 項に記載が あります。

この回路に対して次の微分方程式が成立します。

$$v_k - v_m = L \frac{d \, i_{km}}{d \, t} \tag{1}$$

この微分方程式の解は差分法により次のように近似できます。この結果は(1)式に台形積分法を 適用して解いた結果と同じになります。

$$\frac{v_k(t) - v_m(t) + v_k(t - \Delta t) - v_m(t - \Delta t)}{2} = L \frac{i_{km}(t) - i_{km}(t - \Delta t)}{\Delta t}$$
(2)

ここで、 $v_k(t)-v_m(t)=$ リアクトル両端電圧 $v_L$ です。従って $v_k(t-\Delta t)-v_m(t-\Delta t)=v_L(t-\Delta t)$ とおけます。 これらを(2)式に入れて書き直すと次式になります。

$$\frac{v_L(t) + v_L(t - \Delta t)}{2} = L \frac{i_{km}(t) - i_{km}(t - \Delta t)}{\Delta t}$$
(3) を得ます。

(3)式を変形して、

$$v_L(t) = \frac{2 \cdot L}{\Delta t} \{ i_{km}(t) - i_{km}(t - \Delta t) \} - v_L(t - \Delta t)$$
(4) を得ます。

さて、このインダクタンス回路の電流が急に遮断されて、下図のように $t-\Delta t=1$ でi=0になったとします。

$$\Delta t 後 \mathcal{O} t \ \mathcal{C} \bullet i = 0 \ \mathcal{C} \tau_{o} \ \tau \delta \mathcal{E}(4) \ \mathcal{I} \mathcal{O} \ \{i_{km}(t) - i_{km}(t - \Delta t)\} \ \mathcal{O} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{O} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{O} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{O} \ \mathfrak{I} \ \mathfrak{$$

この時の $v_L$ を求めると、

$$v_L(2) = -v_L(1)$$
  
 $v_L(3) = -v_L(2)$   
 $v_L(4) = -v_L(3)$ 

となります。

(6)

(6)を図示すると下図の三角波状の電圧波形になります



5-2) キャパシタンス回路の場合

下図の回路で説明します。

この回路で次の微分方程式が成り立ちます。

$$i_{km} = C \frac{d(v_k - v_m)}{dt}$$
<sup>(7)</sup>

この微分方程式の解は差分法により近似的に次式になります。上記微分方程式に台形積分を適用しても同じ解が得られます。

$$\frac{i_{km}(t) + i_{km}(t - \Delta t)}{2} = C \frac{\{v_k(t) - v_m(t)\} - \{v_k(t - \Delta t) - v_m(t - \Delta t)\}}{\Delta t}$$
(8)

ここで  $v_k(t)-v_m(t)==$ コンデンサ両端電圧  $v_c(t)$ であり、 $v_k(t-\Delta t)-v_m(t-\Delta t)=v_c(t-\Delta t)$ であるから(8) 式をこの関係を入れて書き直すと、

$$i_{km}(t) = \frac{2 \cdot C}{\Delta t} \left\{ v_c(t) - v_c(t - \Delta t) \right\} - i_{km}(t - \Delta t)$$
(9)

ここで $v_c$ の変化が下図のように急変する回路であると、 $v_c(t)-v_c(t-\Delta t)$ の項が 0 になり、

 $i_{km}(t) = -i_{km}(t - \Delta t)$ となります。

この $i_{km}(t) \ge i_{km}(t-\Delta t)$ の関係は先のインダクタンス回路の振動電圧と同じ形であり、コンデンサを流れる電流は振動電流になります。先に例としてあげた「キャパシタンス回路の数値振動例」でも継続して電圧が 0 で推移するようになった段階で過渡振動がキャパシタンス電流に生じているのが観察されます。



#### 6) 数値振動の対策

# 6-1) インダクタンス回路の数値振動対策

インダクタンス回路のスイッチング時の対策として既に示したとおり、インダクタンス回路と大 地間に漂遊キャパシタンスと絶縁抵抗を入れ、インダクタンス回路の残留エネルギーを放出する ことで振動対策ができます。

その他の対策としてはインダクタンスに並列に抵抗を挿入して磁気エネルギーを消費させて数 値振動を軽減させる対策があります。ここでは後者の方について解説します。

ATPDraw で線形インダクタンスのアイコンを出すとデフォルトで、下図に示すようにインダク タンスに並列に抵抗が点線で入るアイコンになっていますが、これは以下に述べる数値振動軽減 の理論を応用したものです。

インダクタンスの数値振動防止については V.Brandwajn と F.Alvarado の両氏が発表しており、 それによるとこの並列回路にインパルス状の電流が注入された時の微分方程式の台形積分によ る解は次のようになります。

尚、インパルス波形は0から $\Delta t$ までに Imax に上昇し、 $\Delta t$ から $2\Delta t$ までに0になり、以降0となる波形を想定しています。

$$v(t) = \frac{1}{\frac{\Delta t}{2 \cdot L} + \frac{1}{R_p}} \left\{ i(t) - i(t - \Delta t) \right\} - \frac{R_p - \frac{2 \cdot L}{\Delta t}}{R_p + \frac{2 \cdot L}{\Delta t}} \cdot v(t - \Delta t)$$
(10)

インパルスが0になった後は(10)式の第1項は0になるので、第2項が残ります。 (10)式を

$$v(t) = -\alpha \cdot v(t - \Delta t)$$

$$\alpha = \frac{R_p - \frac{2 \cdot L}{\Delta t}}{R_p + \frac{2 \cdot L}{\Delta t}}$$
(11)  $\succeq \exists v \dagger t \exists t$ 
(12)

となります。

(11)式から $\alpha < 1$ ならタイムステップごとにv(t)が小さくなって行くので減衰します。

(12)式で、
$$\frac{2 \cdot L}{\Delta t} = R_p$$
 (13)の時、 $\alpha = 0$ になり、time step 一つで振動が

消えます。

先の「インダクタンス回路の数値振動例」の回路でこの条件を満たすように設定して計算してみます。計算刻み時間は5E-6とします。

$$R_p = \frac{2*5E-3}{5E-6} = 2000 となるので、インダクタンスに並列に 2000  $\Omega$ の抵抗を付加してみます。$$

計算結果は次のように電圧振動は無くなります。○が N2 ノード電圧、□が 800A Off set 表示 したインダクタンス電流です。





N2 ノード電圧を拡大してみると次のように One time step で振動は収まっています。

# 6-2) インダクタンスの並列ダンピング抵抗挿入による誤差

数値振動は並列抵抗挿入により、前項の如く軽減できますが、一方、現実に存在しない抵抗値を インダクタンスに並列に挿入するため、当然実際の回路の電流と差異が出て来ます。 しかしダンピングを多少犠牲にして並列抵抗値を大きくすれば(無限大の並列抵抗ではインダク タンス単独になります)、誤差の問題は改善方向に行きます。 ではどのくらいの大きさの抵抗にすれば、誤差もある程度無視でき、ダンピングもそこそこに効 くかのか、という点について次に述べます。

6-3) インダクタンス用の数値振動軽減用並列抵抗値はどのように決めれば良いのでしょう このように数値振動のダンピングを効かせる(Rp は小の方が効きが良い)事と、誤差を少なくす る(Rp は大の必要あり)事の妥協点をどこに求めるかが問題になります。

この点に関する明確なガイドは同 Theory book P-2-17 より記載されていて、結論として

$$R_{p} = 4 \cdot \frac{2 \cdot L}{\Delta t} \sim 8 \cdot \frac{2 \cdot L}{\Delta t}$$
 (13) であれば誤差はインダクタンス単体の

場合に潜在的に持っている誤差(この誤差は微分方程式の解法に台形積分を採用していることに 起因する誤差)よりも小さくなり、また位相誤差による損失についても実際のインダクタンス回 路の誤差と大差無いとして、この **R**<sub>p</sub>の範囲が示されています。

尚、Theory book の 2-20 に[16]、[17]式として数学的見地からこの妥協点を求めた結果が示されていますので参考までに記載しておきます。

5.4 
$$\cdot \frac{2 \cdot L}{\Delta t} \prec R_p \prec 9.4 \cdot \frac{2 \cdot L}{\Delta t}$$
 [16] By Bradwajn  
 $R_p = \frac{20}{3} \cdot \frac{2 \cdot L}{\Delta t}$  [17] By Alvarado

御注意 この数式はダンピングが、そこそこに効き、精度上も問題ないレベルの抵抗挿入を目的 としています。<u>この抵抗を挿入しても数値振動が完全に無くなるわけではありません</u>。数値振動 状態が改善されるだけです。漂遊キャパシタンスや漏れ抵抗など、これら実存するものを回路に 反映させることで数値振動を防止できる場合もあるのでこれらも試みてください。

# 6-4) ATPDraw のインダクタンスの数値振動軽減用並列ダンピング抵抗

ATPDraw の線形インダクタンスの Help を参照すると次のようになっています。 Kp= Factor for the parallel resistance in ohms; Rp=Kp\*2\*L/DELTAT for XOPT=0

この条件の時の抵抗値はダンピングに申し分ありませんが次項に述べる欠点があります。

# Rp=Kp\*X/(DELTAT\*PI\*POWFREQ) for XOPT=POWFREQ

Typical range for Kp is 5-10 (typical: Kp=7.5).

このように ATPDraw の Typical 値は 7.5 になっており、Theory book のガイド(13)、[16]式を 満足しています。

#### 6-5) キャパシタンス回路の数値振動軽減用並列ダンピング抵抗の理論背景

下図のようにキャパシタンスに直列に抵抗を入れ、この抵抗値を適切に選択すると数値振動を軽減することができます。

ATPDrawの線形キャパシタンスのアイコンを出すとデフォルトで、キャパシタンスに直列に抵抗が下図のように点線で入るアイコンになっていますが、これは以下に述べる数値振動防止の理論を応用したものです。

この回路の微分方程式の台形積分による解は Theory book Page 2-31 の(2.37)式として示されて いる次式になります。



$$i(t) = \frac{1}{\frac{\Delta t}{2C} + R_s} \left\{ v(t) - v(t - \Delta t) \right\} - \frac{\frac{\Delta t}{2C} - R_s}{\frac{\Delta t}{2C} + R_s} i(t - \Delta t)$$
(18)

ここでインダクタンスの場合と同様に、 $\frac{\frac{\Delta t}{2C} - R_s}{\frac{\Delta t}{2C} + R_s} = \alpha$ とおけば、 $\alpha < 1$ の時、各 time step ごとに

i(t)は小さくなって行くので収束し、 $\frac{\Delta t}{2C} = R_s$ の時は数値振動項は 0 になるので理想的なダンピングになりますが、やはり抵抗挿入による誤差の問題が付きまといます。

# 6-6) キャパシタンス用の数値振動軽減用直列抵抗値はどのように決めれば良いか

Theory book の P2-31 に式(2.39)として、次式が与えられています。

$$R_s = 0.15 \frac{\Delta t}{2 \cdot C} \tag{19}$$

この式は先に紹介した Alvarado による[17]式の係数の逆数を取り、L を C に置き換えた形になっています。

6-7) ATPDraw に用いられているキャパシタンスの数値振動軽減用直列ダンピング抵抗 ATPDraw ではキャパシタンスの Help を参照すると次のようになっています。

Ks= Factor for the series resistance in ohms;

# Rs=Ks\*DELTAT/(2\*C) for COPT=0 Rs=Ks\*(DELTAT\*PI\*POWFREQ)/C for COPT=POWFREQ

Typical range for Ks is 0.1-0.2 (typical: Ks=0.15)

このように ATPDraw の数値振動軽減ダンピング抵抗値を決定するための係数 Ks の Typical 値 は 0.15 になっており、Theory book のガイドを満足しています。

# 6-8) 別のキャパシタンス回路の数値振動例と振動対策例

キャパシタンス回路の数値振動例は10-1の3)で一例を紹介しましたが、もう少し理解を深める ために、ここでは下図の単純な回路で再度数値振動現象を説明します。

Tclose=0 sec 10hm 0.1uF ·H ( <mark>/</mark> ●-////-●

141.42Vpeak 50Hz,Theta=72.34321287 deg

下図は計算時間刻みを 1E-6sec. Tmax=0.01 で計算したこの回路のキャパシタンス電流のプロ ットです。スイッチ投入後一見すると数値振動が抑制されていて問題ないように見えます。 このため波形がスイッチ直後に一側に行っているのも問題ないように見えます。果たしてそうで しょうか。



上図のt=0付近を拡大したプロットは下図です。 鋸歯状波となっていて数値振動が発生しています。



ここで数値振動が発生しているこの電流を、数式から計算した正しい t=0 付近の電流プロット と比較してみましょう。この目的は数値振動が発生している部分のプロット波形の信憑性につい て知っておく必要があるからです。

正しい過渡時の回路電流は既発行の「過渡直流分と時定数」の第(40)式で表されます。(40)式に 上記データを入力して整理すると過渡電流の式は次式になります。

 $i(t) = -0.423353866 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(314.1592654 \cdot t) - 0.134772368 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(314.1592654 \cdot t) + 42.89937729 \cdot \exp(-10000000 \cdot t)$ (20)

この数式の電流をプロットさせると次図になります。

これが正しいキャパシタンス電流のプロットです。

交流分電流も同時に流れていますが、式からわかるように大きさが小さいのでスイッチを投入し た直後は次図のように見かけ上過渡直流分電流だけが流れているように見えます。 またスイッチを投入した直後の正しいキャパシタンス電流の極性は+極性のみで-側には振動 しません。



このことから前頁の数値振動の波形が一側に行っているのは正しくなく、数値振動に起因する極 性の振動であることがわかります。

さらに数値振動を起こしている波形の最大値も正しい値からかけ離れた大きさになっています。 このように数値振動が発生しているプロット部分は信憑性がありません。

キャパシタンス回路の数値振動対策例について紹介しておきましょう。

もし計算時間刻みを1E-6sec.から1E-9sec.とし、Tmax=1.6E-6 sec.まで計算させると、次図の ごとく数値振動は無くなり、Inrush 電流の最大値も正確なものとして求めることができます。



このようにキャパシタンス回路の数値振動対策として計算刻み時間を短くするのも一つの方法 です。先の10-1の2)で示したインダクタンス回路の数値振動はこの方法では解決できません。

キャパシタンス回路の数値振動対策として計算刻み時間をこのように短くし、長時間走らせるこ とが出来ないケースでは、先に紹介した直列ダンピング抵抗を付加する方法を採用します。 6-8)の冒頭に示した回路でキャパシタンスの入力窓を開き Ks=0.15 として、ダンピング抵抗を 付加し計算刻み時間 1E-6 sec.で Tmax = 0.04 sec.まで計算させた結果は次図です。



スイッチ投入直後は数値振動が完全に抑制されていないのでー側にも振れていますが、定常状態 部分を拡大すると定常状態の電流は次のように正しい結果が示されています。 このように ATPDraw で採用されているダンピング抵抗を付加する対策案はスイッチ投入直後 を除いて正しい結果を与えるので長時間の計算時に有利になります。



# 10-2. 注意すべき Floating 回路、Disconnecting 回路

ATP では回路の片端が接地されていれば(片端がインピーダンスを通して他相に入って接地されていても OK)、残りの片端は大地から浮いていても問題ありませんが、回路の両端が大地から 浮いている状態の回路(Floating circuit, Disconnecting circuit)は ATP では許容されていません。

しかしながら最初の内は、ATPDrawで普通のセンスに従って、電気回路どおり結線して「事足 れり」、としやすいものです。

この結果、例えば時間で制御するスイッチを複数使った回路で、途中の回路が浮いてしまってい たり、デルタ接続の変圧器巻線につながれた回路が大地から浮いてしまっている回路などを作り 易いものです。

そのような場合、ATPDraw で計算後、該当する.LIS ファイルをチェックすると次の青字で示 すようなエラーメッセージが出ています。

このメッセージ文の赤アンダーラインの部分の如く、回路の両端が大地から浮いていると、ATP の方で勝手に計算継続できるように他のノードに接続するので、場合によっては計算結果がおか しくなっています。

したがって、このメッセージが出ていたら対策をしなければなりません。 この対策は回路の両端が大地から浮かないように漏れ抵抗や漂遊キャパシタンス相当の高イン ピーダンスで浮いている線路の一箇所を接地すれば直ります。

+++/// Caution. Disconnected subnetwork. During the Y-matrix elimination for phasor voltages, a near-zero diagonal element for node "NC" exists just prior to reciprocation. Statistics follow: Original ABS(Ykk) = 1.0000002E-01, questionable value = 5.82291106E-16, tolerance ratio TOLMAT = 1.0000000E-10. <u>The node in question might be</u> <u>connected to other nodes</u>, forming a subnetwork, but that subnetwork has no, or only very weak, paths to ground or to any other known voltage node of the steady-state network. The solution voltages for this isolated subnetwork will now be set to zero, as the solution continues.

#### 11. 入力データの算出を楽に行うために工夫しましょう

一般的にはインダクタンスとキャパシタンスの値はmH, μFで入力するほうが汎用性はあるこ とを説明しました。

このインダクタンス値、キャパシタンス値を求めるのにその都度電卓をたたいて求めるのも一つの方法ですが、この方法はいつまでたっても作業が楽にならないのであまりお勧めできません。

この例の他にも ATP を使い始めるとわかりますが、通常我々が扱っている諸量から ATPDraw への入力データに変換しなければならないケースが発生して来ます。

この状況に鑑みお奨めの方法は次のとおりです。

できるだけ早い内に、Excel などを利用して、通常我々が扱っている諸量から ATPDraw への入 カデータに自動変換できるように、計算式を組み込んだ計算フォーマットを作成しておくと快適 に作業ができるようになります。

必要に迫られその都度、計算フォーマットを作成して行けば知ず知らずの内に、立派な計算デー タ算出のフォーマットが出来上がります。

#### 12. 本稿の最後にあたり

ATP は汎用プログラムですからその潜在能力は計り知れないものがありますが、一方使い始めの頃は Rule book の内容を知らないために、いろいろな壁にぶつかるのも事実です。

途中で挫折するのは良くあることですがそのままではもったいないと思います。 今後も挫折しながらでも成長し続けられることを願って最後に、下記を記します。

Q どうして苦労してまで ATP を使っているのですか

A 覚えることも、壁にぶつかることもあり、苦労はします。 でも手計算では手に負えない問題を計算してくれて楽で、便利だから使っています。すこし苦労 しますが、苦労を上回るおつりが沢山くるので使っています。

Q 忙しくて ATP の学習をするひまがなかなか取れません。 A まさにその通りだと思います。しかしどの世界にも忙しくとも Expert が輩出します。 思うにきっとその道が好きになってしまったのでしょう。 好きな事、面白い事にはいろいろ工夫して時間をつくります。ATP も好きになってしまえば・・・ なんとか・・・かならず、なんとかなると思います。

Q どうしたら ATP を好きになれますか?

A 簡単な例題から始めて成功体験を沢山しましょう。

成功体験をすれば簡単な例題でも大きな喜びがあります。

教科書の問題などは正解が示されているので良いと考えます。

「そうなのか」と合点の行く新発見もたくさんあります。これらの喜びが ATP 好きにしてくれます。

いろいろ計算させていると ATP の威力を感じます。これもまた ATP 好きにしてくれます。

#### 13. 参考文献

次の文献が ATP の学習の良い参考になります

- 電力システムのパソコンシミュレーション EMTP 版入門編 OHM 9 月号別冊 雨谷昭弘 編著 オーム社発行 1998 年
- 2) 電気・電子回路解析プログラム EMTP 入門 ーインターネットからダウンロードして使おう!-雨谷昭弘 長岡直人 馬場吉弘 菅 雅弘 著 電気学会発行 2001年1月5日初版1刷発行

# 14. ATP 入力データの一例

下記が ATP を走らせるための入力データと呼ばれるものです。

カードイメージで入力されています。一昔前まではテキストエディターなどを使い、手作業で作 成していました。

似たような入力データをコピー、貼り付けの上、修正加工して作りましたが、それでも ATPDraw に比べると大変手間のかかる作業です。

BEGIN NEW DATA CASE

C FIX SOURCE C DEL-T||T-MAX ||XOPT ||COPT ||EPSILN||TOLMAT||TSTART| 50. E-6 1. C IOUT ||IPLOT ||IDOUBL||KSSOUT||MAXOUT||IPUN ||MEMSAV||ICAT ||NENERG||IPRSUP C -----\*|-----\*|-----\*|-----\*|-----\*|-----\* 10 1 10000 1 2 C --+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7----+----C (1) TACS CARD TACS HYBRID |-TSTART-||-TSTOP C \*OUTP| |-----||-----| C ----- CONSTANT 11VGBASE 25000. -1.0 999. 11PWBASE 780E6 -1.0 999. 111FBASE 1918. -1 0999 11VFBASE 184. -1.0 999. 11VGSTP 0.03 900. 999 0.18 -1.0 999 11X7 111FR 2.49 -1.0 999. C ----- TACS INIT. -----С 77VTPU 1.0 77EX1 1.0 77VT 1.0 77AVR1 1.0 С 33VT AVR1 AVR3 AVR4 AVROT EX2 AVR2 I0 I1 I2 11VREF 1.0 IARMS IBRMS ICRMS -1.0 999. 11EFD0 1.89698629 -1.0 999 11EFD1 -1.0 2.44551205 999 C ----- TACS INTERFACE -----C ---- GEN. VOLTAGE 90VGA1 -1.0 999 90VGB1 -1.0 999. 90VGC1 -1.0 999. C --- GEN. CURRENT 91VGAM -1.0 999. 91VGBM 999. -1.0 91VGCM -1.0 999. 88SOOOR =VGAM 88S000S =VGBM 88S000T =VGCM 881ARMS 66+VGAM 60. 881BRMS 66+VGBM 60. 881CRMS 66+VGCM 60. C 9910 = (VGAM+VGBM+VGCM) /3 C 9911 = (VGAM+(-1/2+J\*SQRT3/2)\*VGBM+(-1/2-J\*SQRT3/2)\*VGCM)/3 = (VGAM+ (-1/2-J\*SQRT3/2) \*VGBM+ (-1/2+J\*SQRT3/2) \*VGCM) /3 C 9912 C ----- TRANSDUCER ------C \*OUTP| = ------ FORTRAN EXPRESSION ------

C --- VOLTAGE DETECTOR 99AVTR = ABS(VGA1 - VGB1)= ABS (VGB1 - VGC1) 99AVTS = ABS(VGC1 - VGA1) 99AVTT 99VMAXT 63+AVTR +AVTS +AVTT 1.0 = VMAXT / VGBASE / 1.35047 99VTPU 1VT +VTPU 1.0 1.0 0.01 1.0 C --- POWER-CALCULATION 99PWDA =VGAM\*VGA1 99PWDB =VGBM\*VGB1 99PWDC =VGCM\*VGC1 99PWD =PWDA+PWDB+PWDC 99PPU =PWD/PWBASE C --- Q-CALCULATION 99001 =(VGB1-VGC1)\*VGAM =(VGC1-VGA1)\*VGBM 99002 = (VGA1-VGB1) \*VGCM 99003 =(QQ1 + QQ2 + QQ3)/1.73299004 990PU =QQ4/PWBASE C --- FIELD CURRENT 921F 991FPU =1F/1FBASE C ---- AVR ------C \*OUT | +|IN-1| +|IN-2| +|IN-3| +|IN-4| +|IN-5| |GAIN||FX-L||FX-H||NM-L||NM-H C -NO---||---N1---||---N2---||---N3---||---N4---||---N5---||---N6---||---N7---1AVR1 +VT 1.0 1.0 1.0 0.02 +VREF AVR2 -AVR1 +VGSTP 1.0 +AVR2 1AVR3 300 1.0 0.5 1.0 2.0 +AVR3 +EFD1 AVR4 1.0 -5.0 +8.0 98AVROT = AVR4 \* VT C ---- VF OUT ------881FRPU =1FPU / IFR C ---- VC = 8.098EX2 = AVROT - 8.0 \* IFRPU \* XZ/2. 98EX1 =EX2/EFD0 98EXOUT =EX1\*VFBASE C -----TACS OUT PUT -----1VT1 +VT 1.0 1.0 0.01 1.0 C \*----|\*----|\*----|\*----|\*----| 33VT1 EX1 IFPU PPU QPU C 33EXOUT IF C 33AVR1 AVR2 AVR3 BLANK CARD ENDING TACS DATA C --+----5---+----6----+---7----+----7----+-----(2) BRANCH CARD C C MAIN TRANSFORMER (740MVA-25KV/275KV-IZ0.15) C TRANSFORMER | \*BUSR | | ISTE | FSTE | \*BUST | C TRANSFORMER 0. 10 100.0 MTR1 C ---- CUR -----||---- FLUX -----|

С 0.10 100.0 С 1.00 1000.0 5.00 5000.0 С С 9999 C \*BUS1|\*BUS2| |-RK-||-LK-||VOLT| . 0252 . 504 25. 00 C 1VGA3 VGB3 C 2VHA1 .0051 20.3 158.77 C TRANSFORMER MTR1 MTR2 C 1VGB3 VGC3 C 2VHB1 C TRANSFORMER MTR1 MTR3 C 1VGC3 VGA3 C 2VHC1 END OF M-TR DATA === C ===== C VGA3 1. E6 C VGB3 1. E6 C VGC3 1. E6 C BUS1 |BUS2 |BUS3 |BUS4 | R(OM) | L(mH) | C(uF) | C \*----|\*----|\*----||----||----| C ----- POWOR SYSTEM -----C ----- VG - LINE ------VGA2 VGA3 1.E-6 1.E-6 VGB2 VGB3 VGA2 VGA3 VGC2 VGC3 VGA2 VGA3 C ----- LOAD IMPEDANCE -----C \*----|\*----|\*----||----| . 80128 VGA3 VGB3 VGA3 VGC3 VGA3 C -----VG - LINE-SHORT VGSA 1.E-6 VGSA VGSR VGSA VGSC C -----VG - LINE-SHORT \_\_\_\_ VGSA 1.E-6 VGSB VGSA VGSC VGSA BLANK CARD ENDING CURCUIT IMPEADANCE DATA C --+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7-C (3) SW CARD C BUS1 |BUS2 |T-CLOSE |T-OPEN | C \*----|\*----||-----C ---- GEN. T. MEASUR ----VGAM VGA2 -1. 999. VGBM VGB2 -1. 999. -1. VGCM VGC2 999 C BUS1 |BUS2 |T-CLOSE |T-OPEN C \*----|\*----||-----------C ---- GEN. T. SHORT VGA3 VGSA 0.2134 999. VGB3 VGSB 0.2134 999. VGC3 VGSC 0.2134 999. C BUS1 |BUS2 |T-CLOSE |T-OPEN |I-MARGIN |OVER-V |REQUEST |BUS5 |BUS6 | C \*----|\*----||------||-----||-----||\*----||\*----| VGA1 VGAM MEASURING 1 VGB1 VGBM MEASURING 1 VGC1 VGCM MEASURING 1 BLANK CARD ENDING SWITCH DATA C --+---3----+----4----+----5----+----6----+----7--

C (4) SOURCE CARD С 3-PHASE SYNCRONOUSE GENERATOR С 780MVA-25KV-60Hz (H:WR2(mp-f2)=0.0237\*GDS(t-m2)) C BUS |VIAMPLITUDE|FREQ.HZ |ANGLE.DEG| START. SEC|STOP. SEC 
 59VGA1
 20412.4
 60.0
 -20.

 59VGB1
 20412.4
 60.0
 -140.

 59VGC1
 20412.4
 60.0
 100.
 -1.0 999 -1.0 999. -1.0 999 |--FM--| C PARAMETER FITTING 1.0 C | G E | NP | SMOUTP | | SMOUTQ | | RMVA | | RKV | | AGLINE | | S1 | | S2 BLANK C RA || XL || XD || XQ || XD' || XQ' || XD'' || XQ'' 0.00175 0.168 1.611 1.58 0.267 1.58 0.21 0.21 C TDO' || TQO' || TDO'' || TQO'' || XO || RN || XN || C MASS |(EXTRS) || (HICO) || (DSR) || (DSM) || (HSP) || (DSD) | 1.0 3.585 0.0 0.0 0.0 1 BLANK CARD ENDING MACHINE DATA C OUTPUT REQ. -----C GA |----\*|----\*|----\*|----\* 4 14 11 10 BLANK C VARIA |-\* C 71EX1 731F 4 FINISH C ======== BLANK CARD ENDING SOURCE CARDS |----| : FIX-SOURCE C \*----|\*----| C 1VGA1 VGB1 VGC1 70000000. 20412.4 C BLANK CARD ENDING FIX-SOURCE CARDS C (5) OUTPUT CARD C \*----|\*----|\*----|\*----|\*----| VGA1 VGB1 VGC1 VHA1 VHB1 VHC1 BLANK CARD ENDING VOLTAGE OUTPUT