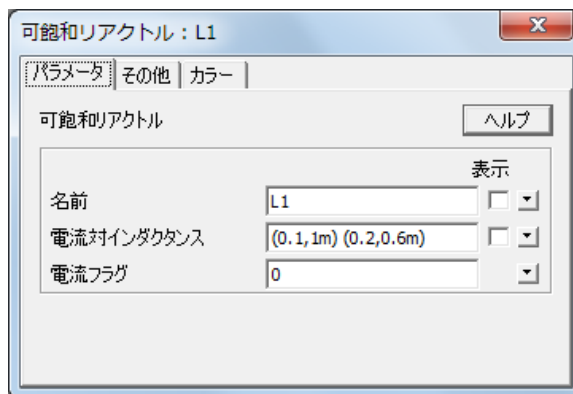


**PSIMチュートリアル
可飽和リアクトルのパラメータ設定方法**

Mywayプラス株式会社

1. はじめに

可飽和リアクトルは鉄心の磁気飽和によって電流の増加に伴いインダクタンス値が下がるリアクトルをシミュレーションする素子です。本チュートリアルでは、リアクトルのデータシートから電流とインダクタンスを読み取り、可飽和リアクトルを使用する方法を説明します。

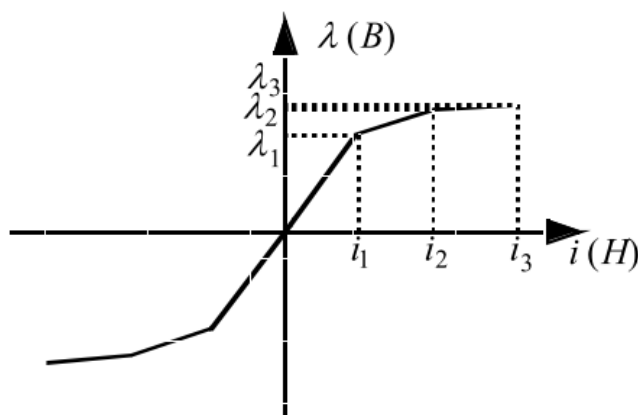


なお、本チュートリアルでは PSIM ユーザーズガイドに倣い、磁束を λ で表記します。

2. 可飽和リアクトルについて

可飽和リアクトルには電流とインダクタンスの組み合わせを入力します。この時入力する電流とインダクタンスの組み合わせは鉄心の B-H 曲線を近似するために入力します。電流とインダクタンスの値を使い、鎖交磁束 λ を求めます。 λ は $\lambda = L \cdot i$ で求められます。

磁束密度 B は鎖交磁束 λ に比例し、磁界の強さ H は電流に比例します。よって、B-H 曲線は電流 i と鎖交磁束 λ の曲線で等価に表すことができます。



この λ - i 曲線は B-H 曲線を表しているため、鎖交磁束 λ は増加方向のみで入力データの対 (i_1, L_1) 、 (i_2, L_2) 、 (i_3, L_3) は $i_1 \cdot L_1 < i_2 \cdot L_2 < i_3 \cdot L_3$ のようになります。

3. L 値について

データシートから得られるインダクタンスを L とすると

$$v = L \frac{di}{dt} \dots(1)$$

$$v = \frac{d\lambda}{dt} \dots(2)$$

の 2 式より、

$$L = \frac{d\lambda}{di} \text{ となります。}$$

これは電流の増加分および磁束の増加分を元に算出したインダクタンスです。

一方、可飽和リアクトルに入力するインダクタンスを L' とすると PSIM ユーザーズガイドよ

り $L' = \frac{\lambda}{i}$ となり、これは

$$L' = \frac{\mu A}{\ell} \dots(3)$$

$$B = \mu \cdot H \dots(4)$$

$$\lambda = B \cdot A \dots(5)$$

$$H = \frac{i}{\ell} \dots(6)$$

上記の式によって求められます。なお、 μ は透磁率、 A は磁路断面積、 ℓ は磁路長です。このインダクタンス L' は各電流値での磁束の値を使用して算出します。

これは磁気飽和していない場合には電流と磁束は比例しているため $L = \frac{d\lambda}{di}$ と $L' = \frac{\lambda}{i}$ は同じ値になりますが、磁気飽和している場合には電流と磁束の比が電流によって変わるため、2 つの値が異なります。

このように磁気飽和によってインダクタンスの値が 2 つ現れ、データシートから読み取った値と可飽和リアクトルに入力すべき値が異なるため、値を変換する必要があります。

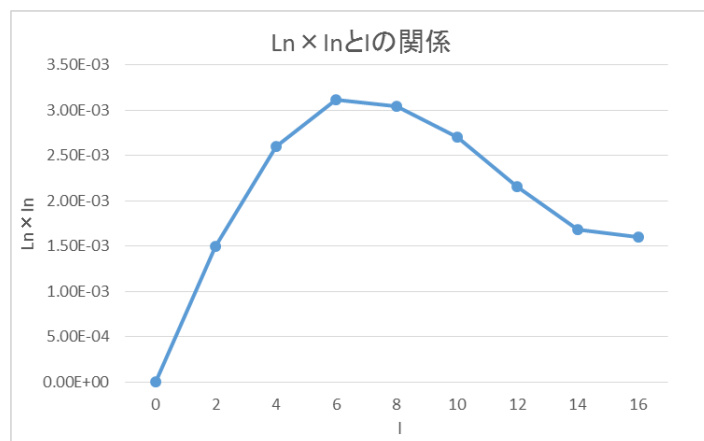
4. データシートから値を読み取る

リアクトルのデータシートから読み取った値として、ここでは以下の様なデータを使用します。

I_n [A]	L_n [H]
0	8.00E-04
2	7.50E-04
4	6.50E-04
6	5.20E-04
8	3.80E-04
10	2.70E-04
12	1.80E-04
14	1.20E-04
16	1.00E-04

この値から $L_n \times I_n$ を算出し、グラフを描くと下記のようになります。

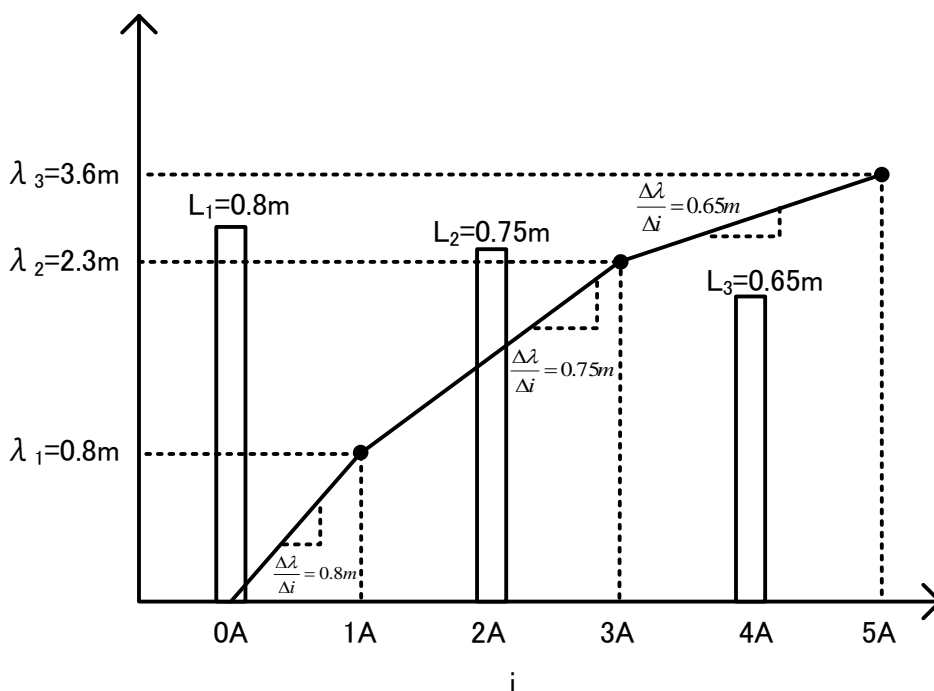
I_n [A]	L_n [H]	$L_n \times I_n$
0	8.00E-04	0.00E+00
2	7.50E-04	1.50E-03
4	6.50E-04	2.60E-03
6	5.20E-04	3.12E-03
8	3.80E-04	3.04E-03
10	2.70E-04	2.70E-03
12	1.80E-04	2.16E-03
14	1.20E-04	1.68E-03
16	1.00E-04	1.60E-03



定義が異なるインダクタンスを使用して算出しているため、 $L_n \times I_n$ は増加傾向になっていません。このことから、このインダクタンスを用いて算出した $L_n \times I_n$ は鎖交磁束ではないことがわかります。

5. 鎖交磁束を算出し、インダクタンスを変換する

インダクタンス L_n と電流 i_n を元に、鎖交磁束を算出します。



鎖交磁束 λ を算出する数式は以下です。 i_n の前後の値をとる i_{m-1} と i_m の間が傾き L_n になるよう補間を行います。

$$\lambda = \int L di$$

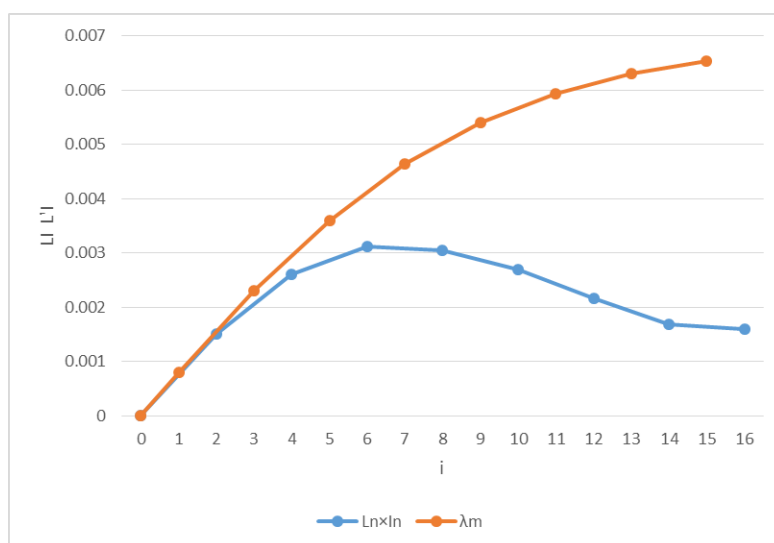
$$\lambda_m = \lambda_{(m-1)} + L_n (i_m - i_{(m-1)})$$

L_n は m と $m-1$ の間の電流値のインダクタンスです。

各点の λ を算出した値を下表に示します。

I_m [A]	λ_m [Wb]
1	8.00E-04
3	2.30E-03
5	3.60E-03
7	4.64E-03
9	5.40E-03
11	5.94E-03
13	6.30E-03
15	6.54E-03

データシートから読み取って算出した $L_n \times i_n$ と算出した λ_m をグラフに重ねると以下のようになり、 λ_m は増加傾向になっていることがわかります。

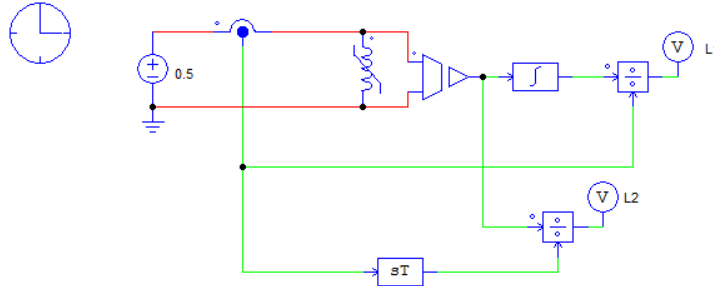


この λ_m を使い $L'_m = \frac{\lambda_m}{i_m}$ から、可飽和リアクトルに設定する電流とインダクタンスの組み合わせを算出します。

I_m [A]	λ_m [Wb]	L'_m [H]
1	8.00E-04	8.00E-04
3	2.30E-03	7.67E-04
5	3.60E-03	7.20E-04
7	4.64E-03	6.63E-04
9	5.40E-03	6.00E-04
11	5.94E-03	5.40E-04
13	6.30E-03	4.85E-04
15	6.54E-03	4.36E-04

6. シミュレーション結果

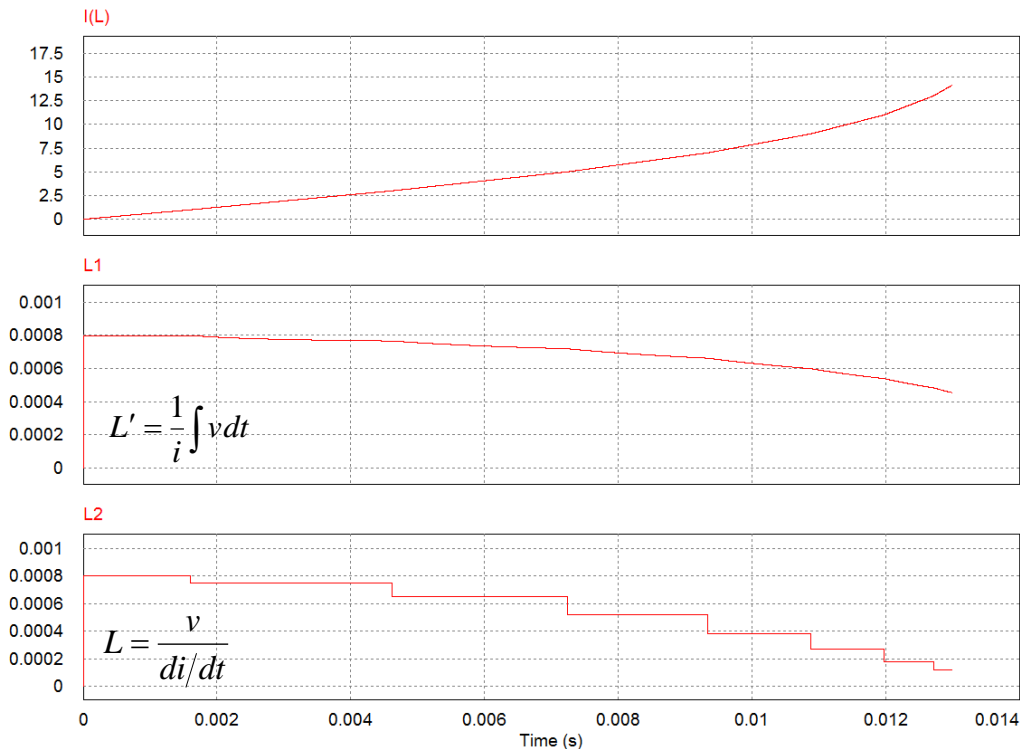
データシートから読み取ったインダクタンスの値を換算して可飽和リアクトルに入力し、シミュレーション結果を確認します。PSIMで可飽和リアクトルに電圧を印加し、端子間電圧と電流からインダクタンスを算出する回路図を以下に示します。



可飽和リアクトルには前章で算出した i_n と L' の組み合わせで 0A を除いた値を入力しています。

$L1$ は可飽和リアクトルに入力するインダクタンス $L' = \frac{\lambda}{i} = \frac{1}{i} \int v dt$ 、 $L2$ はデータシートから得られるインダクタンス $L = \frac{d\lambda}{di} = \frac{v}{di/dt}$ で算出しています。

以下にシミュレーション結果を示します。上から可飽和リアクトルに流れる電流、 $L1$ 、 $L2$ です。



可飽和リアクトルに入力した値は L' として算出できており、データシートから読み取ったインダクタンスは L として算出できていることが確認できます。

ご注意

1. 本資料に記載された製品の仕様は、予告なく変更することがあります。
2. 本資料の内容については、万全を期しておりますが、万一ご不明な点などがありましたら、弊社までお申しつけください。
3. 本資料に記載された情報に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関しては、弊社は一切の責任を負いません。
4. 本資料によって第三者または弊社の特許権その他権利の実施権を許諾するものではありません。
5. 弊社の書面許諾なく、本資料の一部または全部を無断で複製することを固くお断りします。
6. 本資料に記載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

Copyright 2016 by Myway Plus Corporation.

All rights reserved. No part of this manual may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Myway Plus Corporation. Co., Ltd.

発行: Myway プラス株式会社

〒222-0022

横浜市西区花咲町 6-145 横浜花咲ビル

TEL: 045-548-8831

FAX: 045-548-8832

ホームページ: <https://www.myway.co.jp>

Eメール: sales@myway.co.jp
