周波数逓倍回路のトランス二次側周波数に起因する鉄損評価

An Evaluation of Iron Losses caused by a Secondary Frequency of a Transformer in a Frequency Multiplying Circuit

研究背景

・電気自動車のワイヤレス給電
・半導体材料のエッチング(食刻)のニーズ拡大

高周波電源を利用

従来の高周波電源の欠点

効率が低い
▸ランニングコストが大きい。
▸大きな冷却装置が必要

周波数逓倍回路を提案

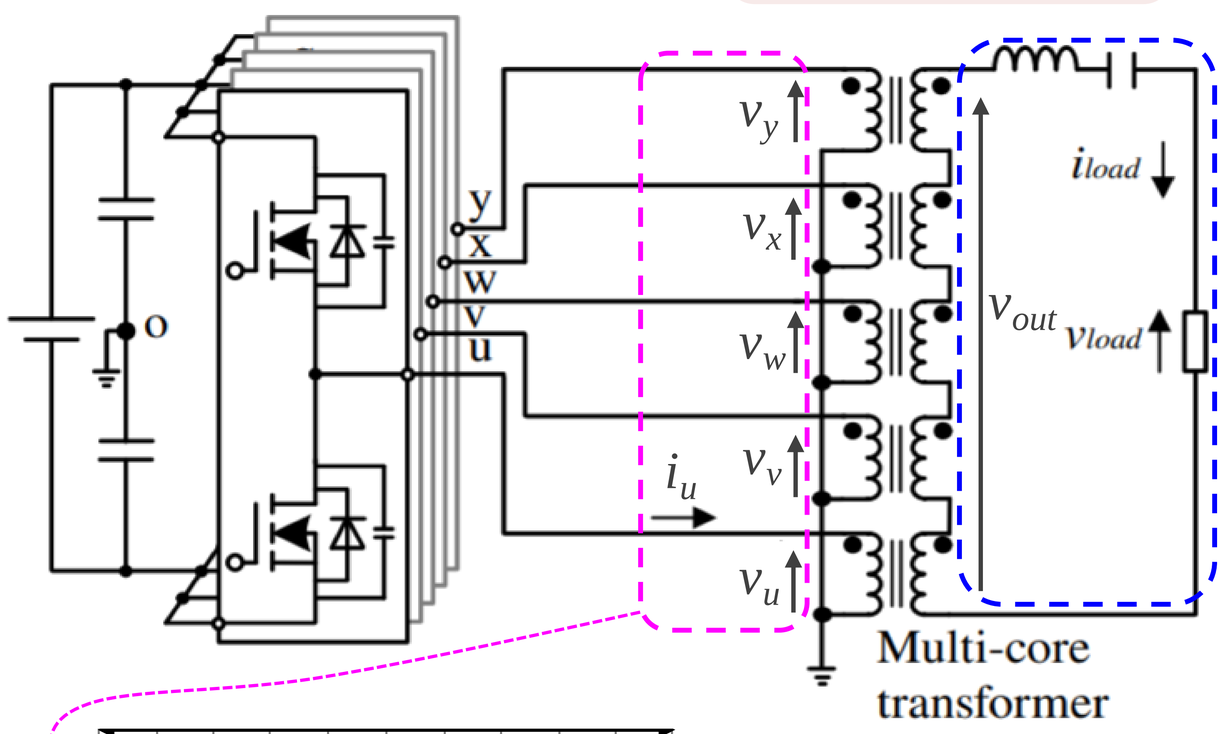
周波数逓倍回路の利点

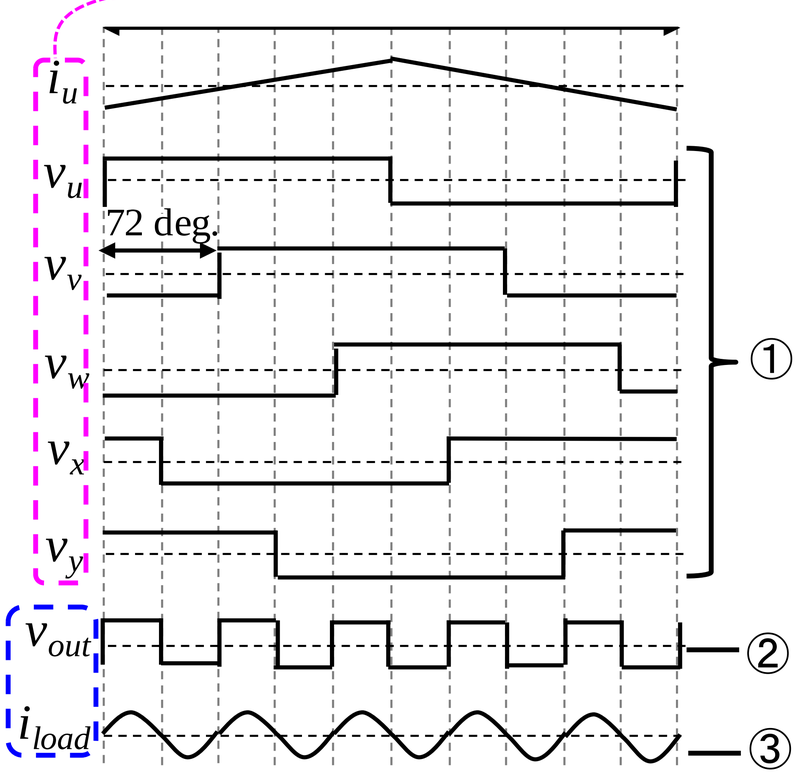
効率が高い
▸経済的
▸冷却装置の小型化が可能

実用化に対して
いくつかの課題がある。
その内，**鉄損**の観点から
研究を進めている。

周波数逓倍回路の原理

設計の複雑性ならびに
逓倍効果の観点から
相数を5としている。





①:5つのコアそれぞれ，72度ずつ異なる方形波電圧を印加

②:負荷側直列により，①が足し合わされ，①の5倍の周波数の方形波電圧が誘起

③LC共振により，基本波電流が負荷に出力

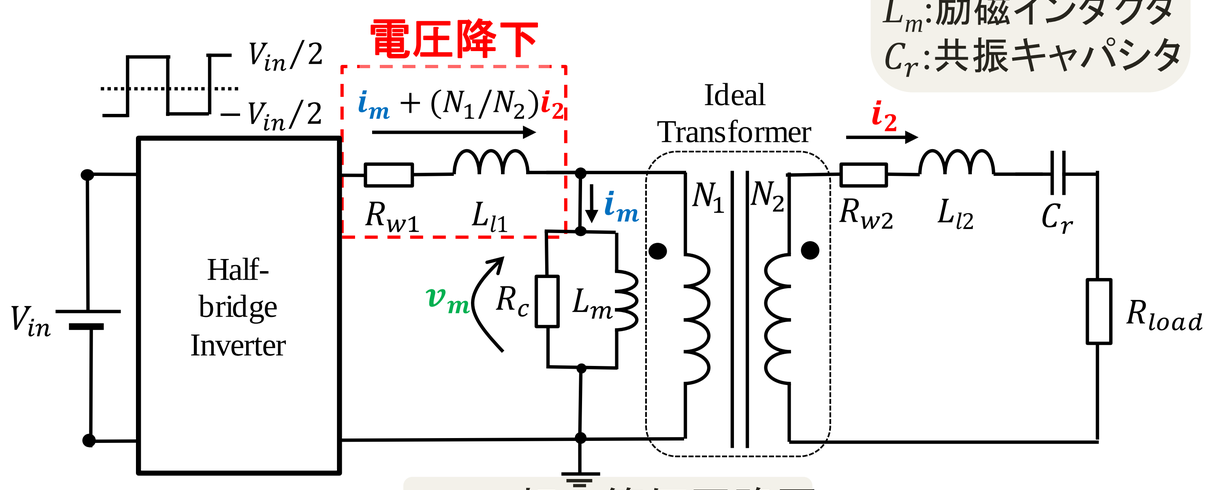
利点 {スイッチング周波数} < {負荷の出力周波数}

1. スイッチング損を低減できる。
   ▸高効率化
2. コアの利用に想定される周波数帯域を超えた周波数領域での出力が可能
   ▸コアの選択肢が増加

課題 i_u には，コアを介して，i_u の5倍の周波数である，i_{load} の成分も僅かに含まれる。
▸**鉄損が増加する懸念**

鉄損増加の原理

R_w:巻線抵抗
L_l:漏れインダクタ
R_c:鉄損抵抗
L_m:励磁インダクタ
C_r:共振キャパシタ



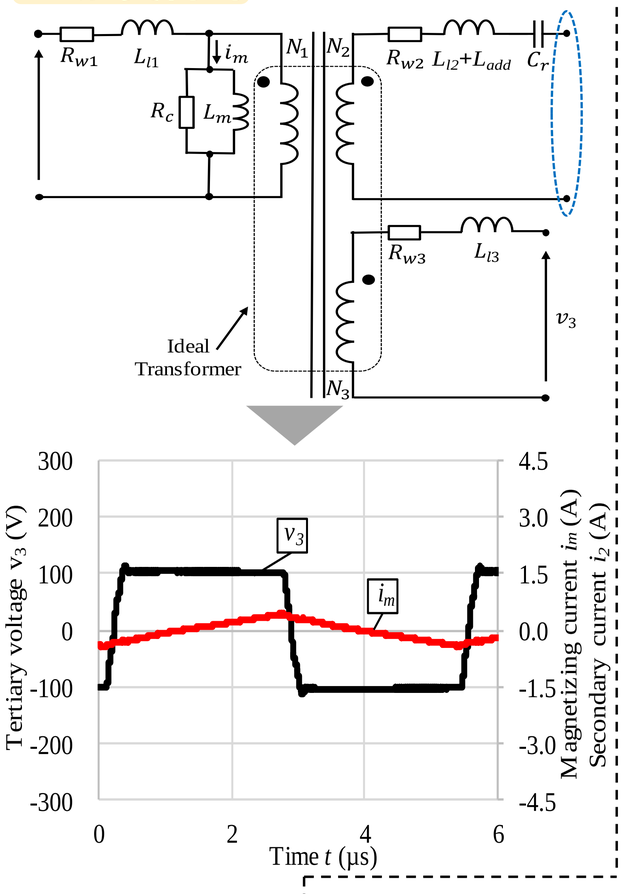
コアー相の等価回路図

v_mはi_mの5倍の周波数であるi_2による**電圧降下**の影響を受ける。
⇒v_mが5倍の周波数で振動し，ヒステリシス曲線が波打つ。
⇒ヒステリシス面積の増加に伴い，鉄損が増加する。

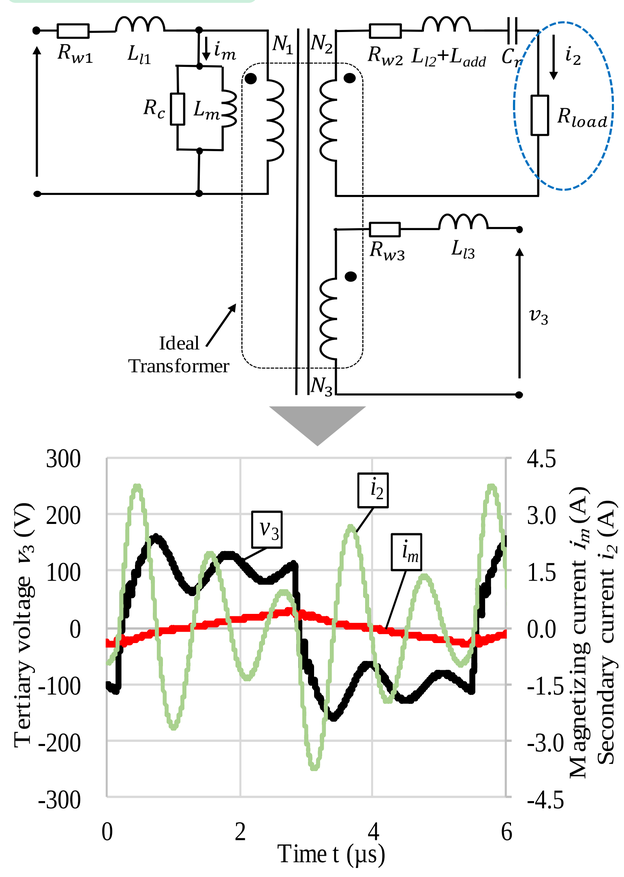
実験回路と測定結果

5つのコアを用いるため，設計誤差が存在
⇒設計誤差により鉄損の比較が困難
⇒**1つのコアで簡易的に測定**

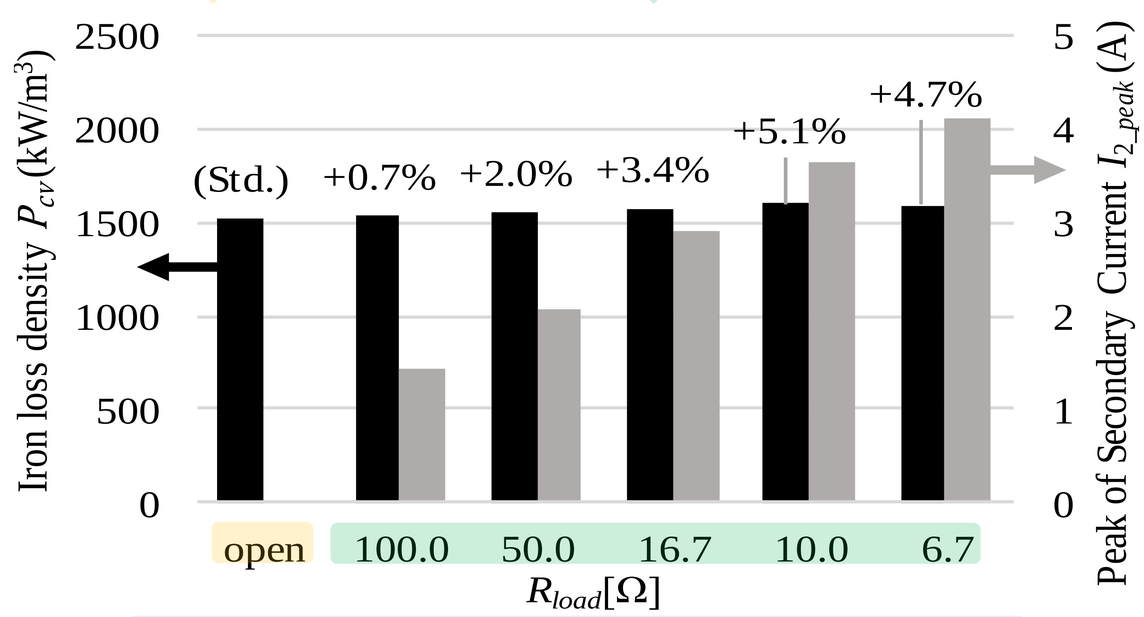
a. 無負荷時



b. 有負荷時



二次電流i_2の大きさによる影響度合いを比較するため，大きさの異なるR_{load}をそれぞれ接続して測定



二次電流の増加に伴い，鉄損増加率も増加する。
とはいえ，**最大5%程度の鉄損増加に過ぎない。**

まとめ

・周波数逓倍回路では，
インバータよりも高い周波数の電流が流れる。
・この電流による鉄損への影響は僅かである。
∴周波数逓倍回路は全体として高効率化を達成している。