

2021年総合大会 大会委員会特別企画セッション
第17回 WPTコンテスト

「手ぶら参加歓迎！」－気軽に体験できるワイヤレス給電実験－



気軽にワイヤレス給電技術を体感していただけるよう、
基礎原理に関する講演と、講師陣のサポートのもとに工作・実験を行います。
事前準備や専門知識は不要です。
少しでも無線電力電送技術に興味を持たれた方はお気軽にご参加ください。
多くの方々のご参加をお待ちしております。

講師：伊藤 竜次 氏 (スフィンクス・テクノロジーズ)

開催日： 2021年3月9日～12日のいずれか一日

開催場所： オンライン（工作キットは別途配布（予定）
申込み多数の場合は抽選となります）

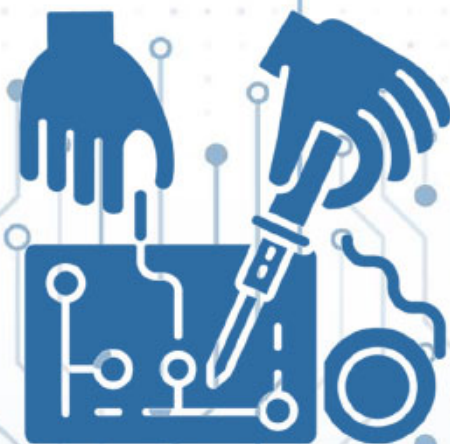
参加対象： 学生及びWPTを愛するすべての方々

申し込み方法： WPT研Webページにて案内

https://www.ieice.org/~cs/wpt/contest/Cont_2021-general/

主催： 電子情報通信学会

運営： 無線電力伝送研究専門委員会



「手ぶら参加歓迎！」 — 気軽に体験できるワイヤレス給電実験 —

2021年03月10日
株式会社スフィンクステクノロジーズ
伊藤 竜次

背景、目的 (1/2)

無線電力伝送研究専門委員会 (WPT委員会) では
これまで全16回に及ぶコンテストを行ってきました。



+ 2020年MW

競うことをメインとしたコンテストでしたが、今回は！！

背景、目的 (2/2)

第17回はこれまでと違い、教育的な要素が強いイベントです！

対象者

- ・ WPTの研究室に配属されたばかりの学生の方
- ・ 知識ゼロで無線電力部署に配属された会社員の方
- ・ 無線電力に興味があるひと etc



本日の流れ

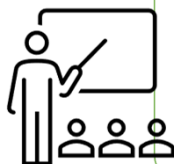
気軽に参加

- ・ 面倒な準備はしなくて大丈夫



簡単な講演
10:30-12:00

- ・ 初心者向けにわかりやすく説明



工作と実験
13:00-16:00

- ・ 豊富な講師陣のサポート



今日の講演をきっかけにワイヤレス給電の知識を深めていってください！

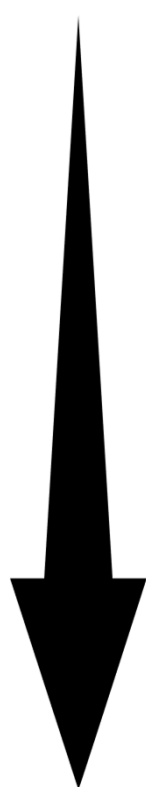
ワイヤレス給電はどんなイメージ？

有線
で
よ
く
な
い
？

磁界
近接効果
コイル
Qi
電子レンジ
IHヒーター
マクスウェル
走行中給電
AGV (無人搬送台車)
無負荷Q
マイクロ波
f=1/T
コンデンサ
電子レンジ
おもしろそう
MIT
表皮効果
便利？
磁界結合方式
電流
V=R/I
近づいて
大丈夫？
スマホ充電器
結合係数
EV(電気自動車)
規格決めが難航

目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。

- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

①ワイヤレス給電を理解するための知識 (1/6)

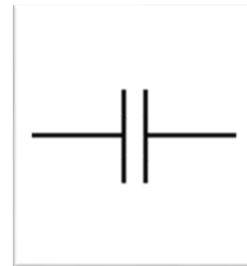
WPT (wireless power transfer)
→無線で**電力**を送る技術のことを指す。

WPT技術の中は大きく3つに分けることができる。

磁界結合方式



電界結合方式



電磁波方式



磁界結合方式について理解するために
頭に入れておいていただきたいことから話していきます！

①ワイヤレス給電を理解するための知識 (2/6)

まずは「オームの法則」とDCとACについてです！

公式 $I = \frac{V}{R}$

$P = VI = I^2R$

電力も大事

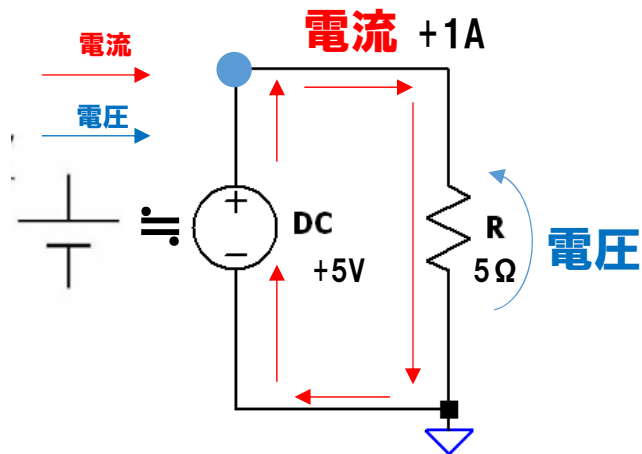


図1-1 DC回路図

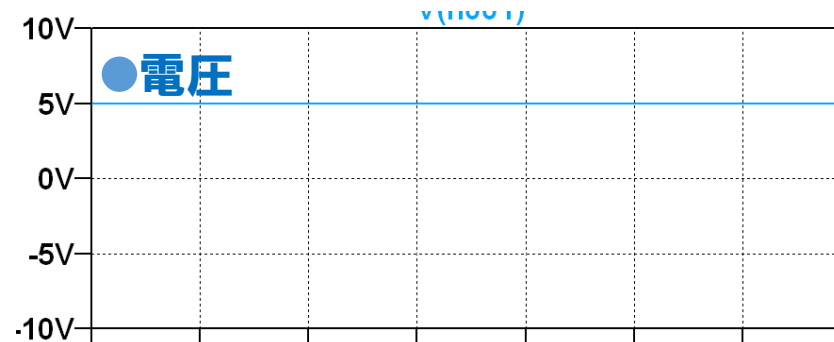


図1-2 DC波形

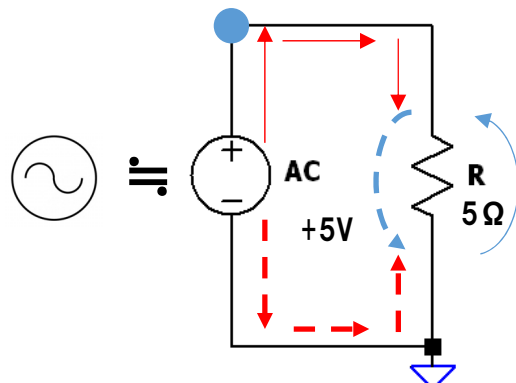


図1-3 AC回路図

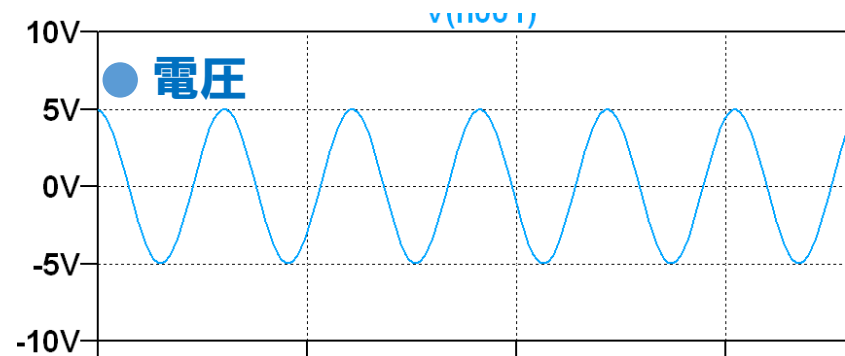


図1-4 AC波形

①ワイレス給電を理解するための知識 (3/6)

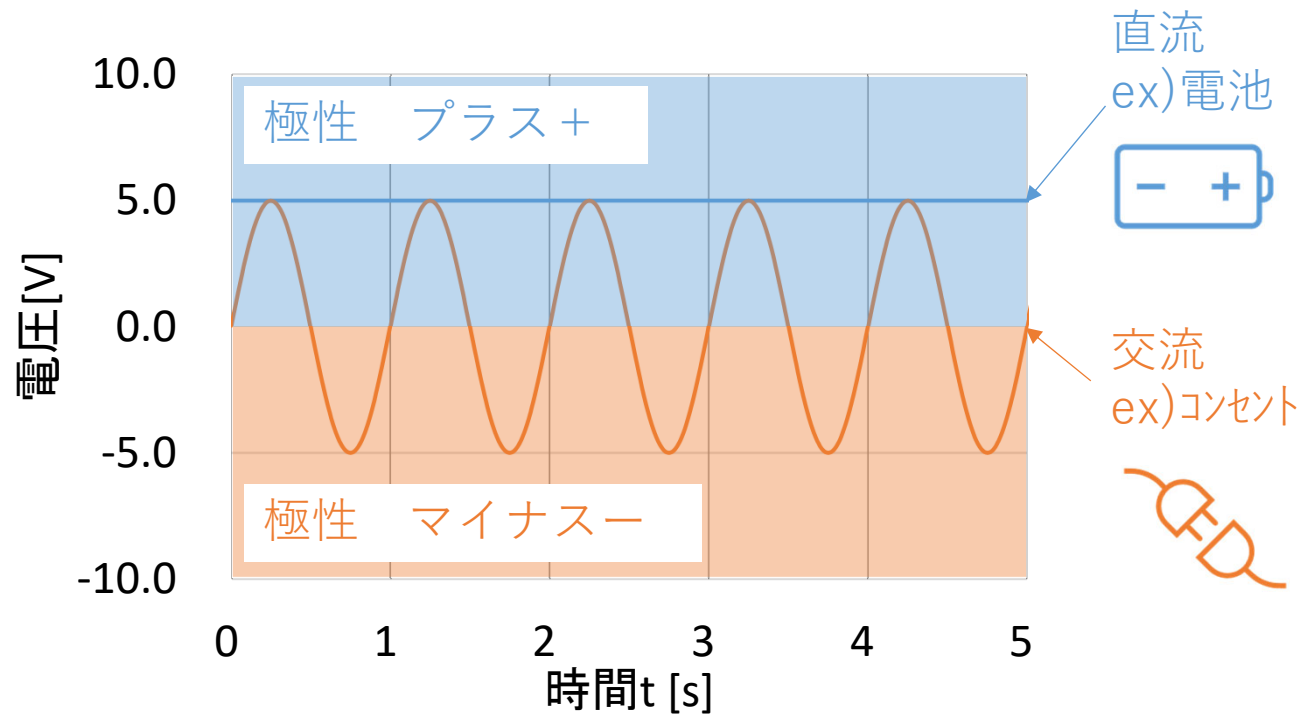
「DC (直流)」と「AC (交流)」ってつまりどういうこと？

直流

極性が時間によって
変化しない

交流

極性が時間によって
変化する

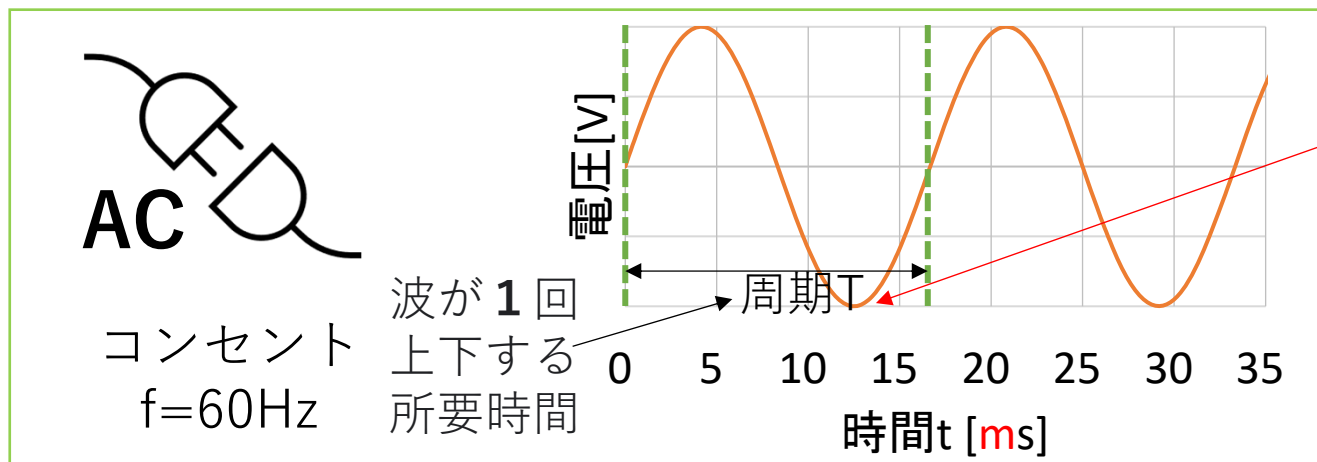


①ワイヤレス給電を理解するための知識 (4/6)

交流においては周波数 (周期) が大事!

周波数と周期
 $f=1/T[\text{Hz}]$

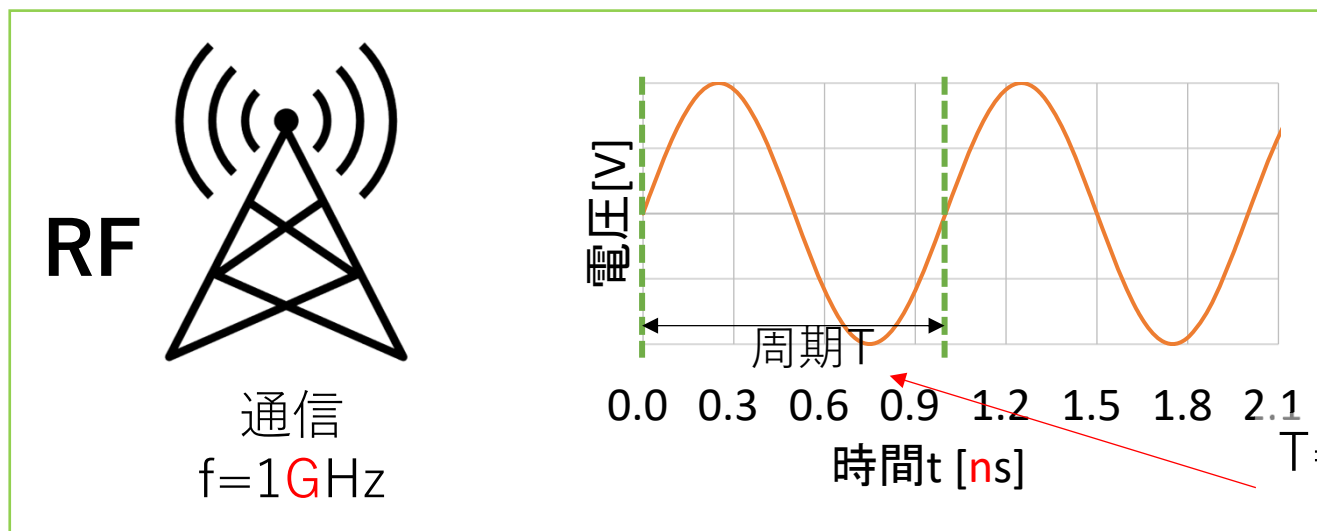
Make & Lead for good people.



$T=1/60=0.016[\text{s}]$
 $16 \times 10^{-3}[\text{s}]=16[\text{ms}]$

表1-1 接頭語の単位

10 ⁿ	記号	読み方
10 ⁻⁹	n	ナノ
10 ⁻⁶	u	マイクロ
10 ⁻³	m	ミリ
10 ³	k	キロ
10 ⁶	M	メガ
10 ⁹	G	ギガ



$T=1/10^9=0.0000000001[\text{s}]$
 $1 \times 10^{-9}[\text{s}]=1[\text{ns}]$

①ワイヤレス給電を理解するための知識 (5/6)

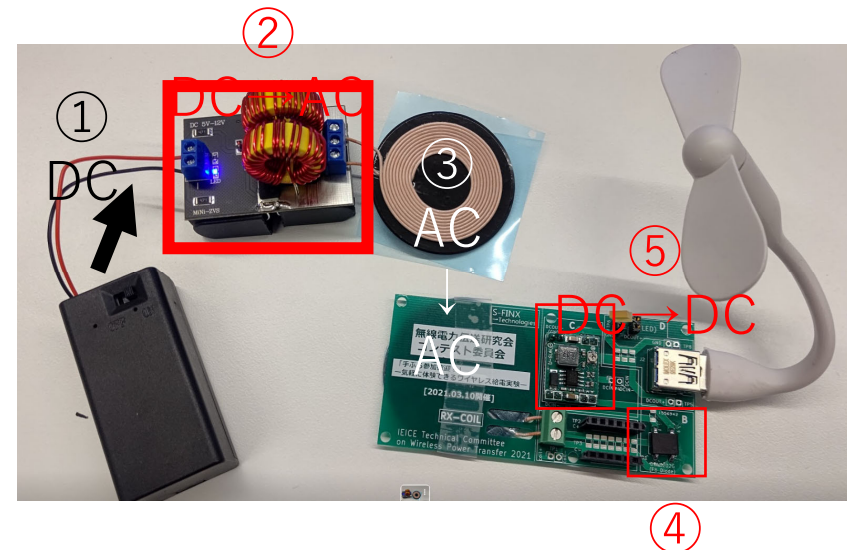
実際に使われている電気製品で考えると、

電気の流れ ～スマホver～



AC→DC
図1-5 USB充電器

電気の流れ ～工作キットver～



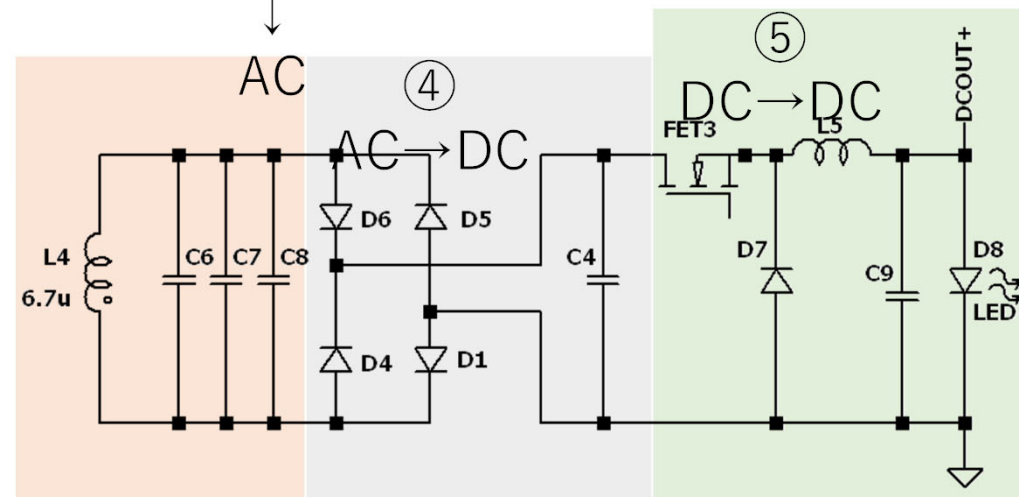
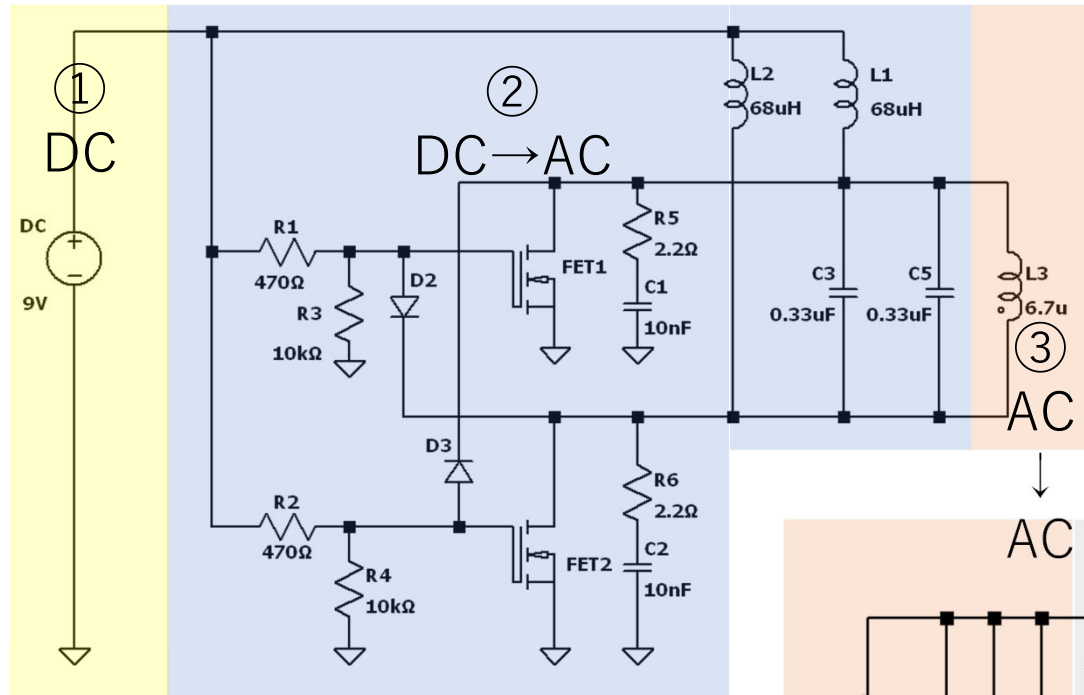
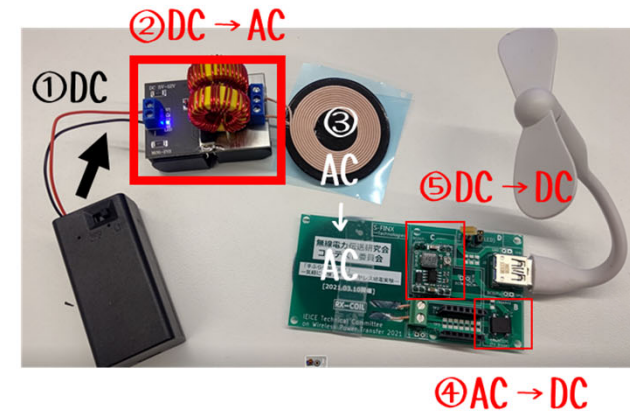
AC→DC
図1-6 工作キット

このように直流と交流を使い分けて
電気製品は作られている。

①ワイヤレス給電を理解するための知識 (6/6)

どのような「回路」で電気を変換しているのか。

電気の流れ ～工作キットver～



こんなイメージとだけ
記憶の片隅においてください。

図1-7 工作キット回路図



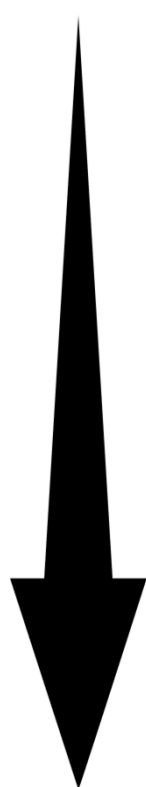
①ワイヤレス給電を理解するための知識 まとめ

- ・ 直流回路は一定方向にしか電流は流れないが、
交流回路は時間によって流れる方向が変化する。
- ・ オームの法則は絶対使う。 $I = \frac{V}{R}$
- ・ 電力の計算も絶対使う。 $P = VI = I^2R$
- ・ 電気の流れ方には直流と交流があり、交流は周波数によって用途が異なる。
- ・ 周期と周波数の関係 $f = \frac{1}{T}$
- ・ 身近なスマートフォンの充電する際にも直流と交流が使い分けられている。
- ・ 工作キットは直流から交流に変換し、交流から直流に戻す。



目次 (チェックシート)

易しい



①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

難しい


おまけ

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

②電磁誘導型の原理 (1/4)

ここまで電気の流れかたについてお話ししましたが
以下のような疑問を持たれた方もいるのではないのでしょうか。

 なんで交流に変換しないと無線電力伝送はできないの？

一言でいうと、**誘導起電力**を発生させるため交流が必要だからです。

誘導起電力を説明するためにコイルについて説明します。



コイル (インダクタンス)
量記号:L 単位:H (ヘンリー)



図2-1 スパイラルコイル

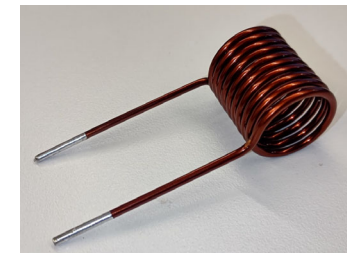


図2-2 ソレノイドコイル

→コイル (インダクタンス) は銅線を巻いたもの

②電磁誘導型の原理 (2/4)

「コイルの特徴」 電流を流すと磁界が発生する性質がある。

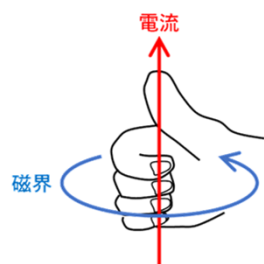


図2-3 右ねじの法則

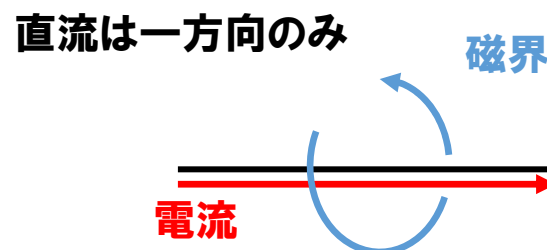


図2-4 直線の銅線に発生する磁界

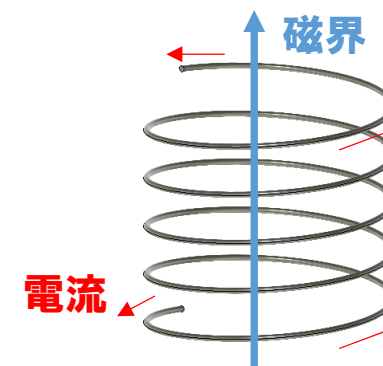


図2-5 コイルに発生する磁界

直流磁界:電流の極性が変わらないので磁界も変化しない。

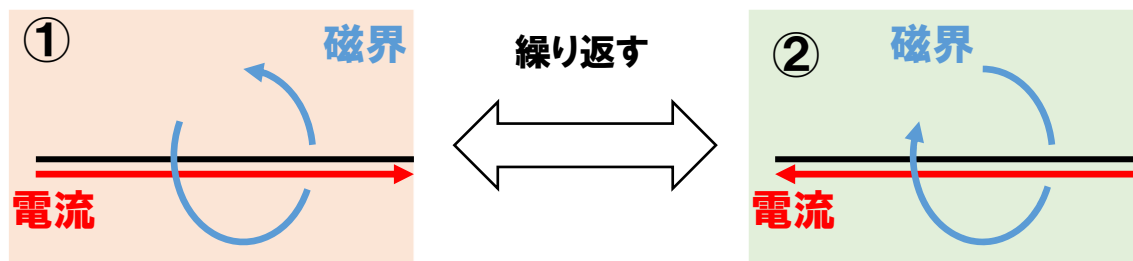
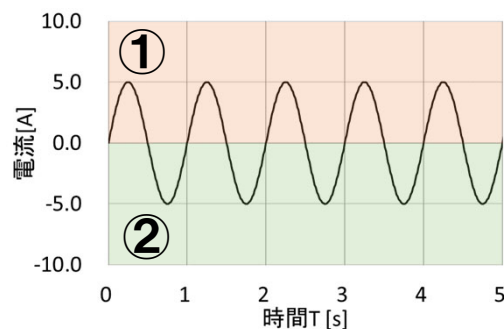


図2-6 交流の場合

交流磁界:電流の極性が変わるごとに磁界が変化する。

②電磁誘導型の原理 (3/4)

「コイルの特徴」 電流を流すと磁界が発生する。
なら、磁界が発生すると電流が流れる？

ファラデーの実験:片方のコイルに電流を流せばもう一方のコイルに電流は流れるのか

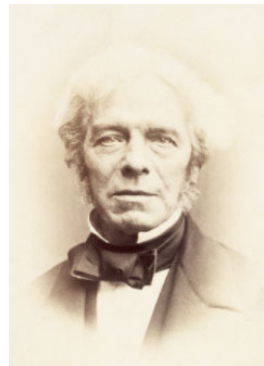


図2-7 ファラデー先生

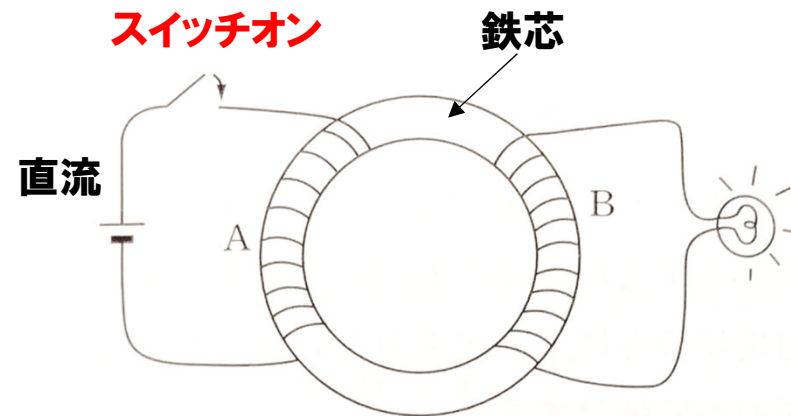


図2-8 ファラデー先生の実験

実験してみると、スイッチを**入れる瞬間**や**切る瞬間**にのみ電球が光った。

②電磁誘導型の原理 (4/4)

なぜ、スイッチのオンオフの瞬間にだけ電流が流れるのか？

→**変化する磁界**を打ち消すように電流が流れるから。(レンツの法則)

$$\text{自己誘導起電力: } e = -L \frac{dI}{dt}$$

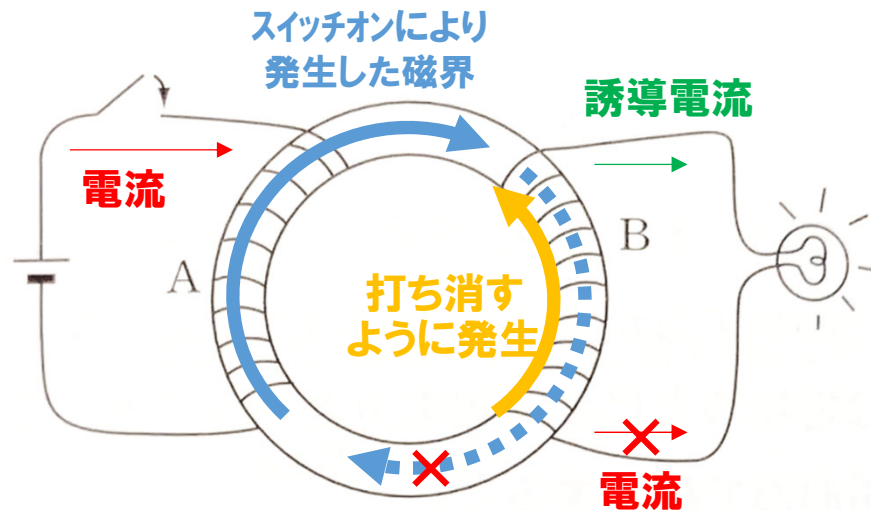


図2-9 ファラデー先生の実験ver

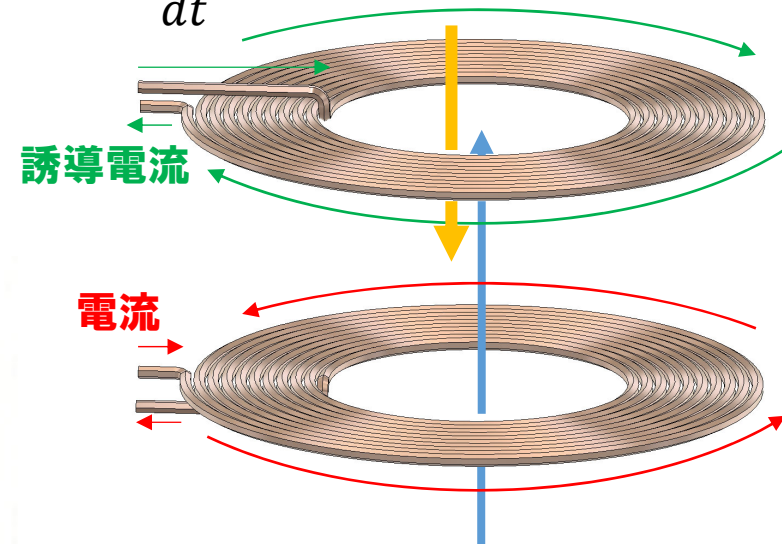


図2-10 スパイラルコイルver

- 直流電流→スイッチをオン、オフの瞬間だけ、磁界が変化するため誘導電流が流れる。
 - 交流電流→常に磁界が変化するため、常に誘導電流が流れる。
- ワイヤレス給電においてもコイルに交流電流を流す必要がある。**

②電磁誘導型の原理まとめ

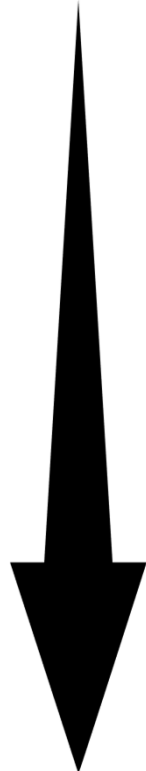
- ・ コイルに直流と交流問わず、電流を流すと磁界が発生する。
- ・ 電磁誘導とは変化する磁界を打ち消すように誘導電流が流れる現象のこと
- ・ 誘導電流を常に流すには交流が必要。
- ・ 誘導電流により、離れた場所にあるコイルに電流を流すことができる。
- ・ 誘導電流を大きくする方法には主に以下の3つが挙げられる。
 - ①巻き数を増やす。
 - ②1次側の電流を増やす。
 - ③磁場の変化を早くする。

$$\text{自己誘導起電力: } e = -L \frac{dI}{dt}$$



目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。

最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

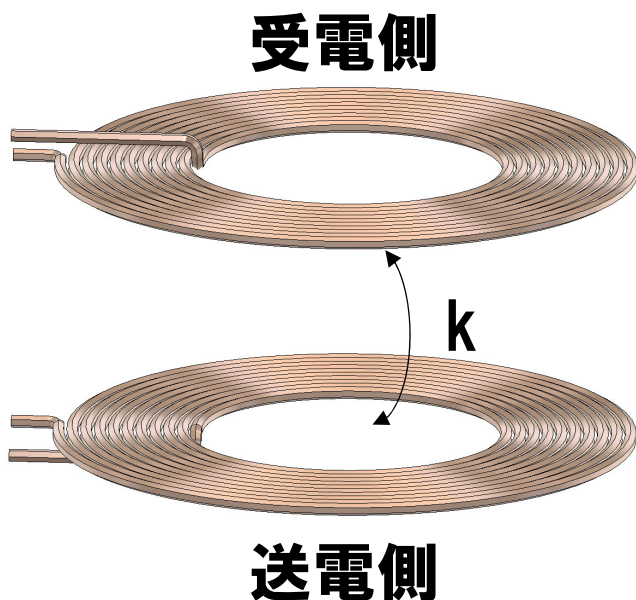
⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

③結合係数とは(1/4)

この章は専門用語が多い！！

磁界型WPTは「結合係数」が大事。(電磁誘導型と磁界共振型)
結合係数は送電側と受電側との結合の度合いを示す無次元数(単位がない)



結合係数が高いほど、
送受間のエネルギーのやりとりに
無駄がなく効率が高い。

難しくいうと、

結合係数は送電側で発生した磁束が
受電側のコイルに到達できた割合を示す。

図3-1 送受コイルの結合係数イメージ

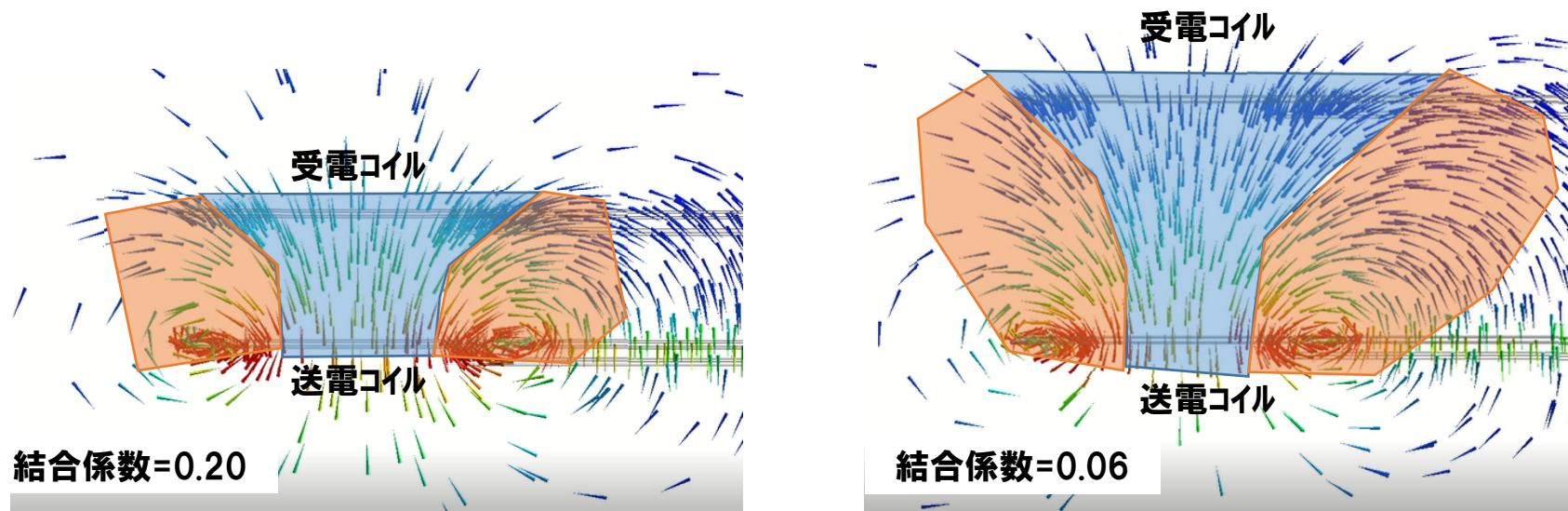


電源によく使われるトランスの結合係数は0.9以上

③結合係数とは (2/4)

この章は専門用語が多い！！

送電コイルと受電コイルを行き交う磁束をシミュレーションで確認してみた。



(a) Z=15mm

(a) Z=30mm

図3-2 送受コイル間の磁束

漏れ磁束

送電コイル→受電コイルに到達できなかった磁束

主磁束or鎖交磁束

送電コイル→受電コイルに到達できた磁束

→結合係数が高いほど、主磁束が多く、漏れ磁束が少ない。

③結合係数とは (3/4)

この章は専門用語が多い！！

回路図ではこんな書き方をします。

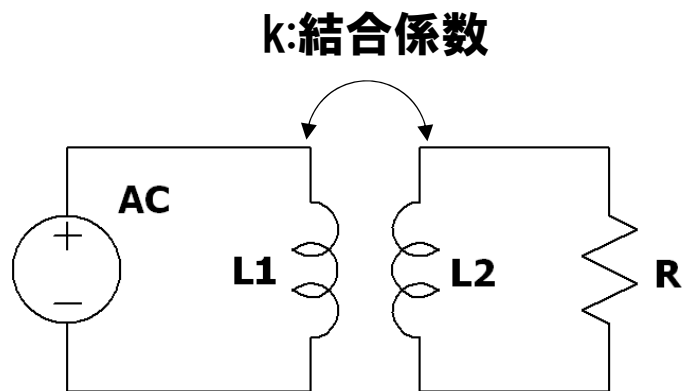


図3-3 回路図による表し方2

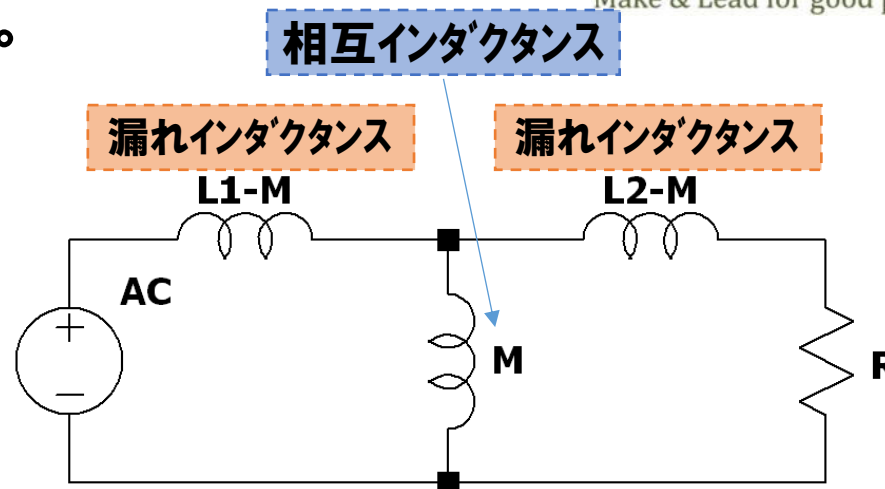


図3-4 回路図による表し方2

漏れインダクタンス 漏れ磁束を作るインダクタンス

相互インダクタンスの公式

相互インダクタンス 主磁束or鎖交磁束を作るインダクタンス → $M = k\sqrt{L_1L_2}$

結合係数が1なら、漏れインダクタンスは0となり、
ACの電圧はRに無駄なく伝わる。 ※L1=L2

③結合係数とは (4/4)

この章は専門用語が多い！！

各距離の結合係数をグラフで示します。
(電磁界シミュレーションを使うと簡単に算出できます)

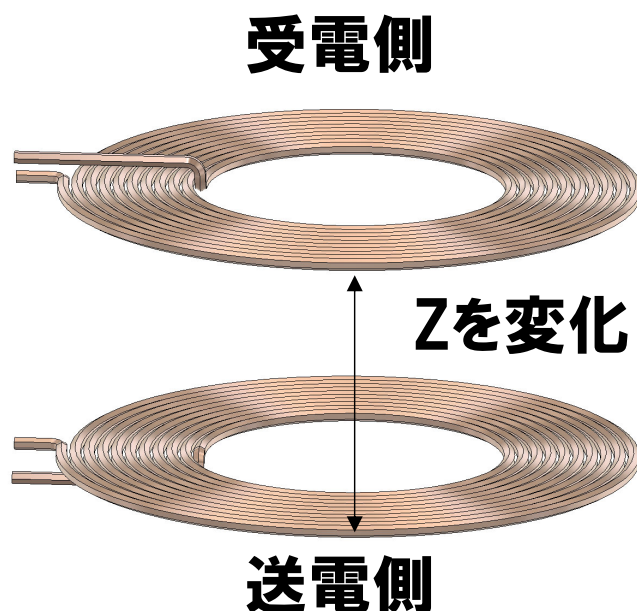


図3-5 シミュレーション構造 (FEMTET)

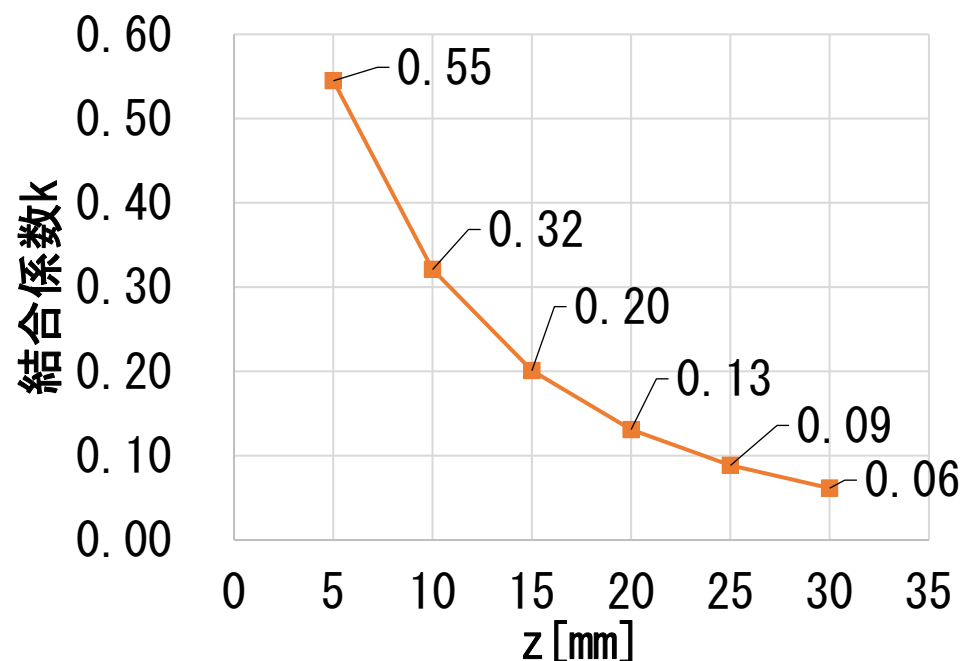


図3-6 測定結果 (FEMTET)

図3-5は工作キットのコイルと同じ寸法のコイルをシミュレーションで再現して計算しています。※フェライトシートはなし

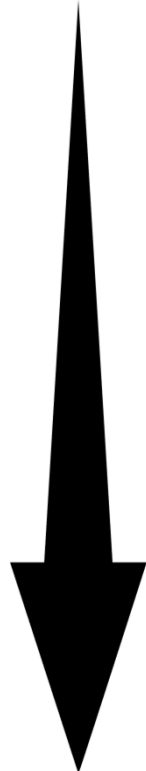
③結合係数まとめ

- ・ 結合係数は高いほど良い。最大1.0
- ・ 送電コイルから発生する磁束のうち受電コイルに到達する磁束を「主磁束」又は「鎖交磁束」といい、受電コイルに到達できなかった磁束を「漏れ磁束」という。
- ・ 送電コイルと受電コイルの結合係数が0.2だとすると、
送電コイルで発生する磁束の内、20%が主磁束で80%が漏れ磁束である。
- ・ 主磁束を発生させるインダクタンスを「相互インダクタンス」といい、
漏れ磁束を発生させるインダクタンスを「漏れインダクタンス」という。
- ・ 回路図では2通りの書き方がある。



目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

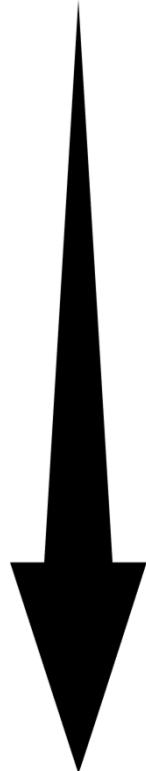
- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

④磁界共振型とは(1/5)

電磁誘導型についていろいろ説明してきました。
コイルの話ばかりでコンデンサの話がないですね。
ワイレス給電を実現するだけなら、コンデンサはいらないんです。
なのになぜコンデンサを追加するのか説明していきたいと思います。

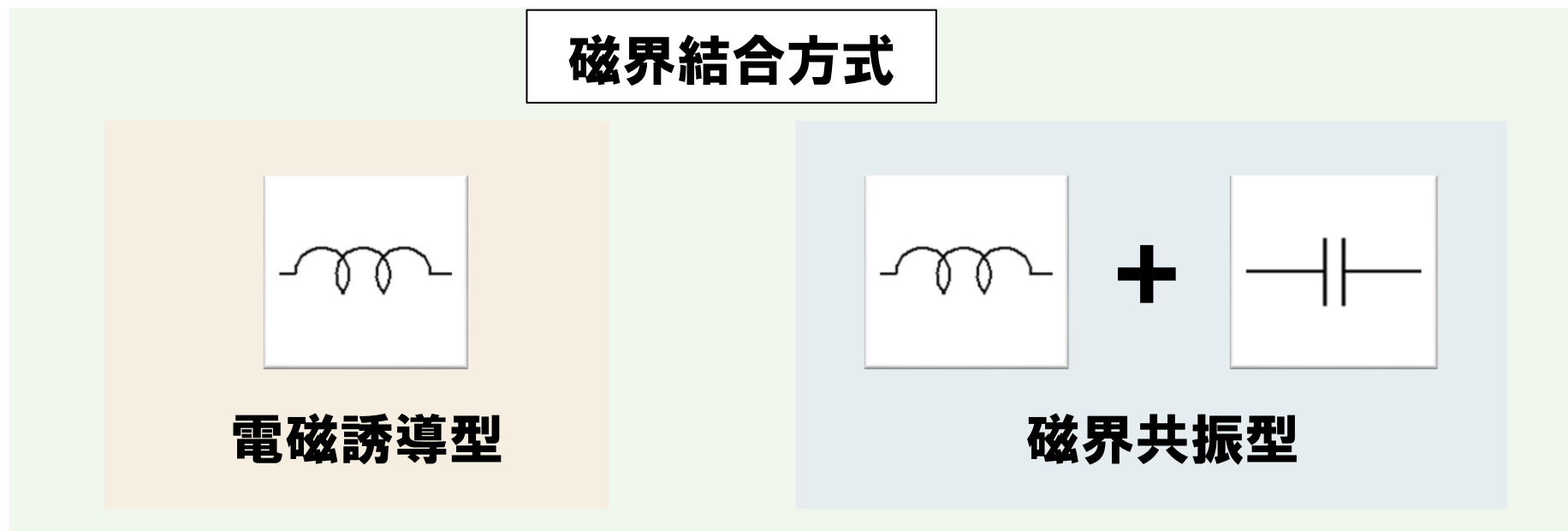


図4-1 区分分け

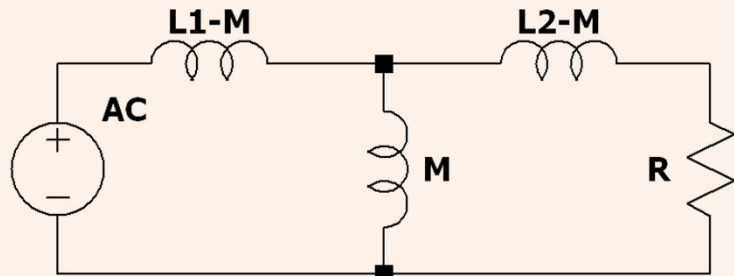
④磁界共振型とは (2/5)

共振周波数 f [Hz]

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

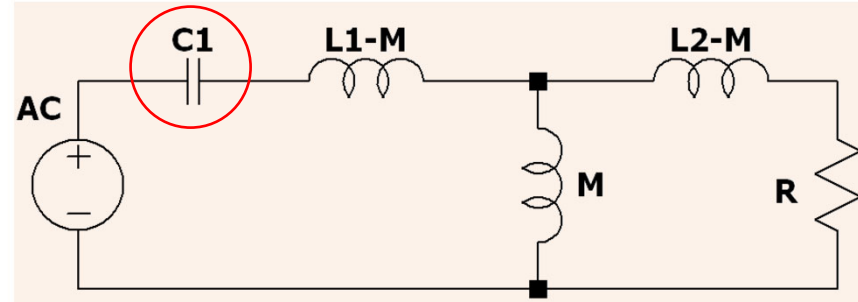
電磁誘導型と磁界共振型の種類について

共振とは、回路にあるLとCがある周波数で相殺されることをいい、この周波数を共振周波数と呼びます。



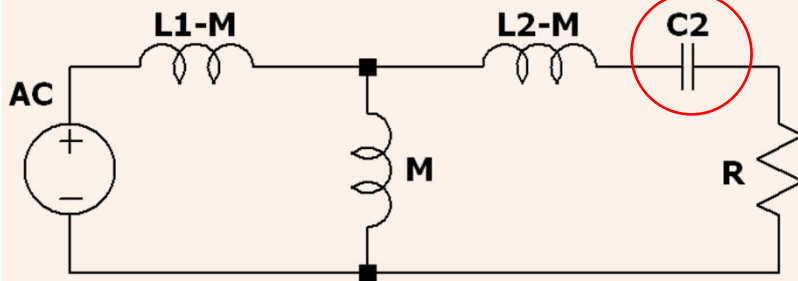
小電力動作で効率悪い…。

(1) 共振なし (N-N)



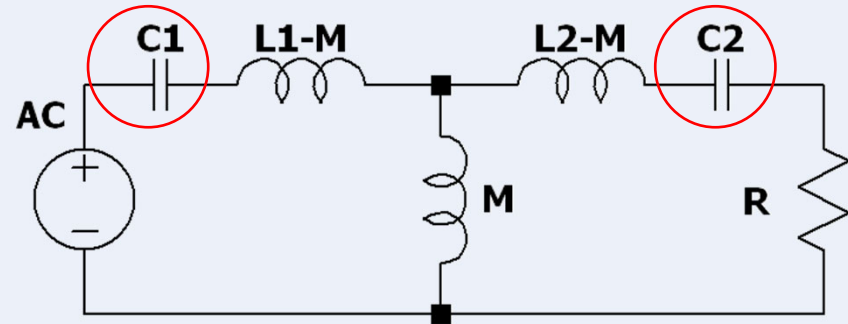
大電力動作できるが効率悪い…。

(2) 1次側共振型 (S-N)



小電力動作だが効率良い!

(3) 2次側共振型 (N-S)



大電力動作かつ効率良い!!

(4) 磁界共振 (共鳴) 型 (S-S)

④磁界共振型とは (3/5)

1次側共振をすると、なぜ大電力化ができるのか。
そのために皮相電力、有効電力、無効電力を簡単に説明する。

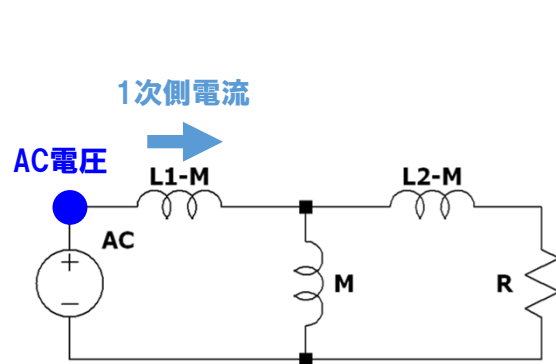


図4-2 非共振型の等価回路

ポイント:コイルに電圧をかけると
電流は遅れる。

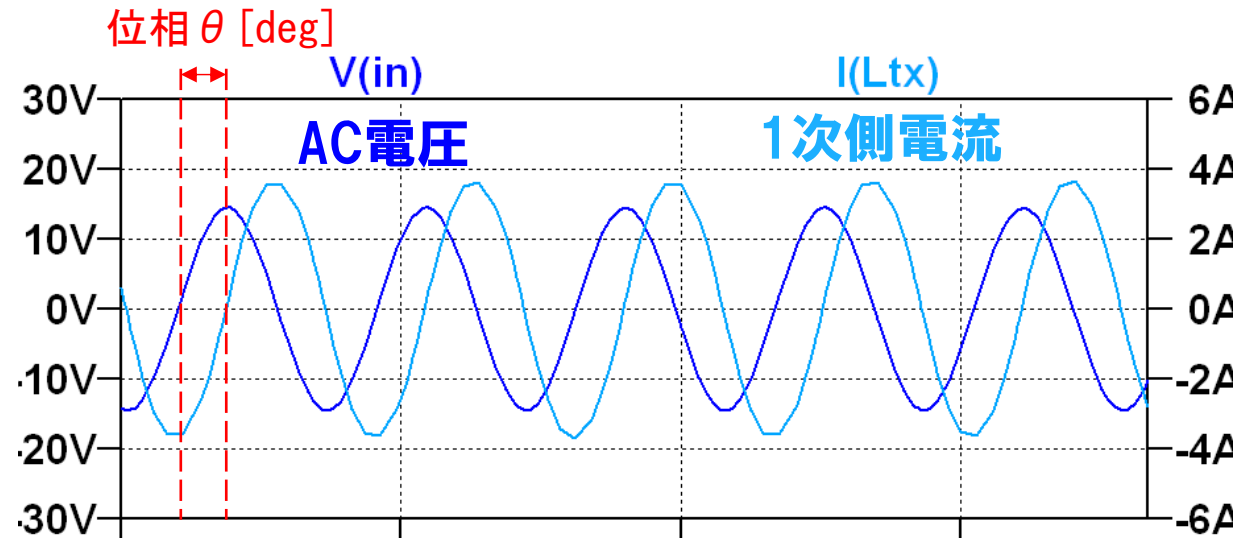


図4-3 電圧と電流の位相関係

$$P_{\text{皮相}} = VI$$

①皮相電力:交流電源から送り出される電力

$$P_{\text{有効}} = VI \cos \theta$$

②有効電力:負荷Rで消費される電力

$$P_{\text{無効}} = VI \sin \theta$$

③無効電力:負荷Rと交流電源の間を往復しているだけの電力

→電力を大きくしようとする、無効電力が増え、損失が増加する。

ポイント:コンデンサに
電圧をかけると電流は進む。
Make & Lead for good people.

④磁界共振型とは (4/5)

1次側共振を行うと入力電圧と入力電流の位相差が無くなり、無効電力が大幅になくなる。

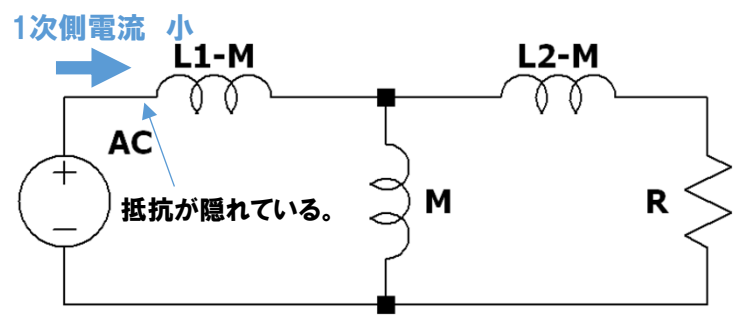


図4-4 電磁誘導型の等価回路

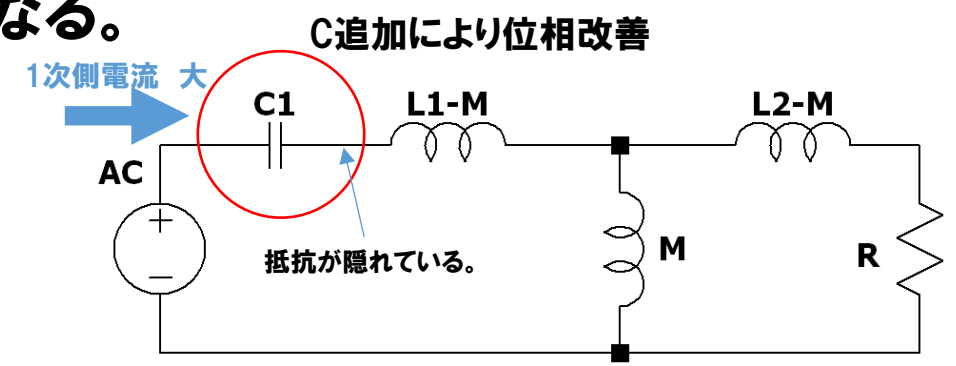


図4-5 1次側共振型の等価回路

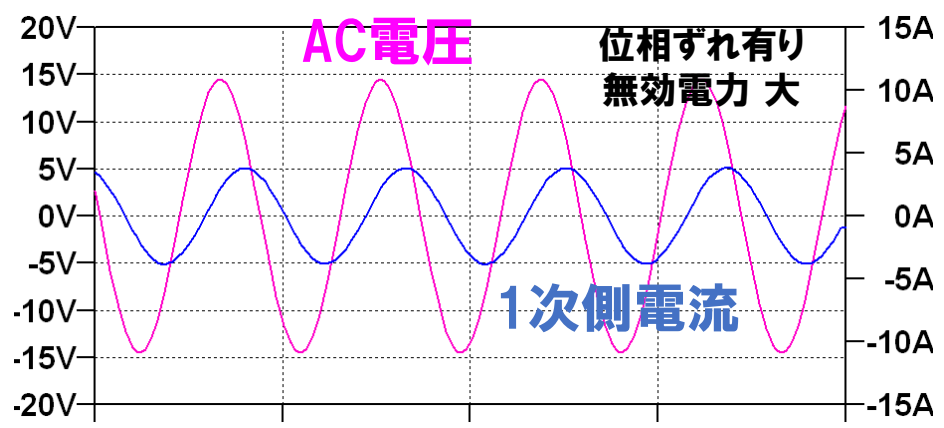


図4-6 電磁誘導型の入力電圧と電流

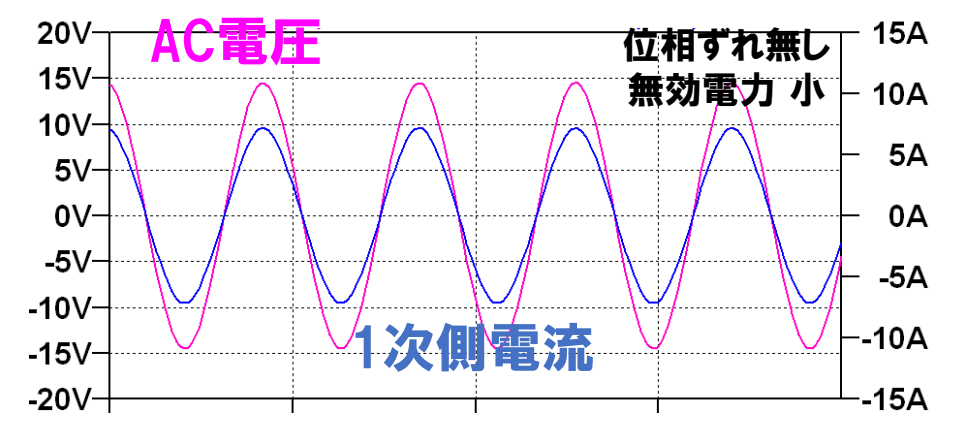


図4-7 1次側共振型の入力電圧と電流

電圧と電流の位相差が小さくなり、インピーダンスが低下し、有効電力が大きくなる。→大電力化が可能。

④磁界共振型とは (5/5)

2次側共振をすると、なぜ効率が增加するのか。
等価回路を使って説明する。

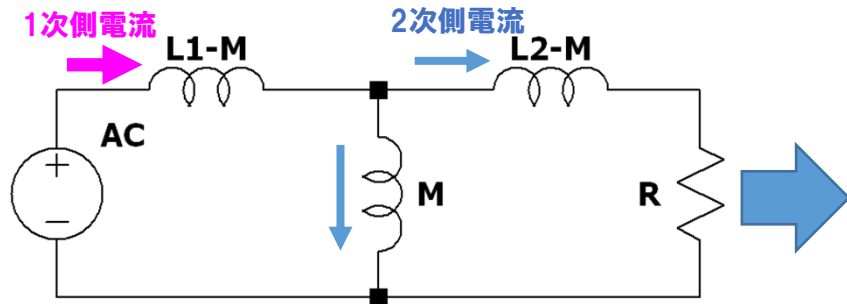


図4-8 電磁誘導型の等価回路

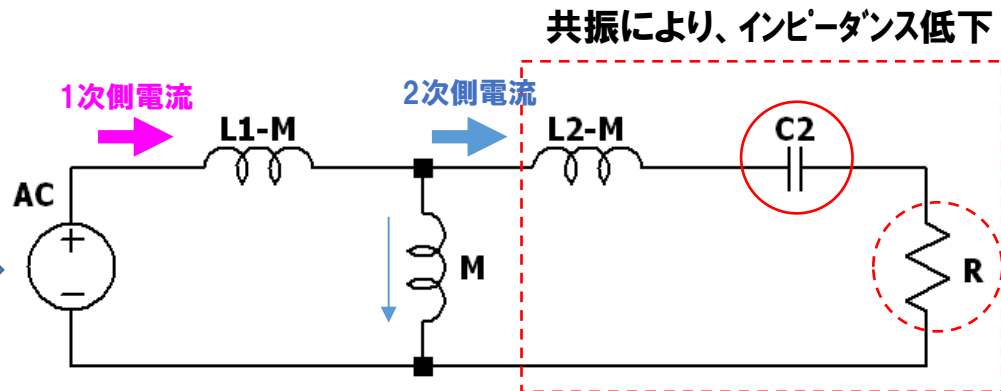


図4-9 2次側共振型の等価回路

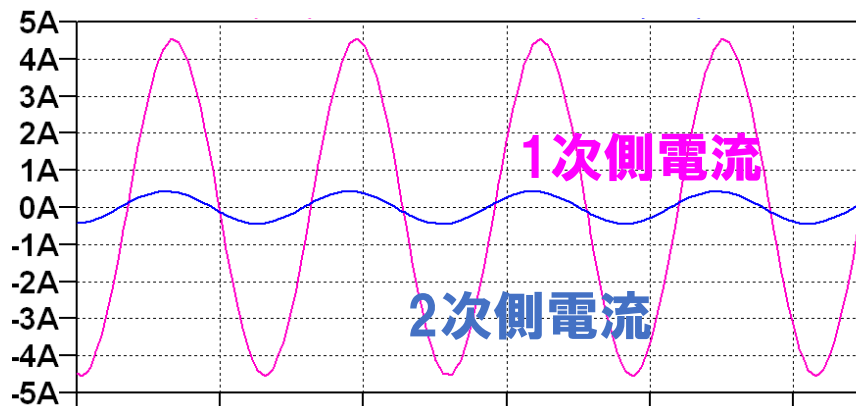


図4-10 電磁誘導型の1次側電流と2次側電流

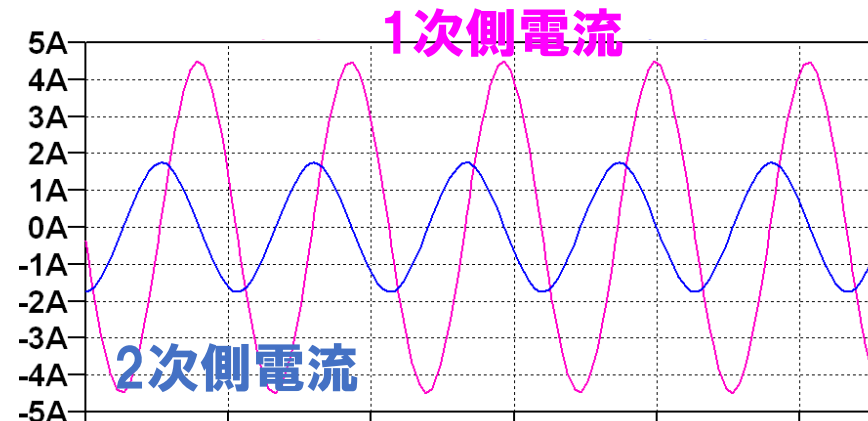


図4-11 2次側共振型の1次側電流と2次側電流

2次側のインピーダンスが低下し、2次側電流が増加する。
→1次側電流は変わっていないので効率は増加している。

④電磁誘導型と磁界共振型まとめ

- 磁界型には非共振型 (N-N), 1次側共振型 (S-N), 2次側共振型 (N-S),
磁界共振型 (S-S) がある。

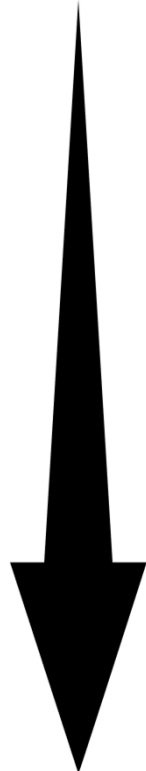
共振周波数 f [Hz]

- 非共振型でもワイヤ給電は可能だが、小電力かつ低効率。 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
- 1次側にコンデンサを追加すると大電力化が可能。
- 2次側にコンデンサを追加すると高効率化が可能。
- コイルに電圧をかけると電流が90deg遅れ、コンデンサに電圧をかけると90deg進む。
- 電圧と電流の位相差により有効電力、無効電力が決まる。
位相差が0degだと皮相電力(全電力)=有効電力になる。



目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

⑤.1 Qとは (1/2)

結合係数kの次はQの説明をします。
簡単にいうと、Qはエネルギーを蓄える係数
(ちなみにkはエネルギーを伝達する係数)

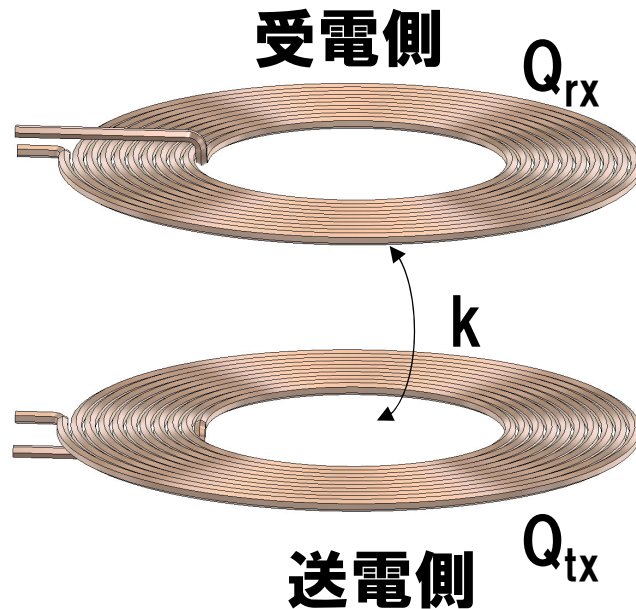


図5-1 磁界共振型のイメージ

算出式 $Q = \frac{\omega L}{R}$

Qが高いほどエネルギーを蓄えることができる。

電磁誘導の公式でもわかるように誘導電流をより流すには

$$e = -L \frac{dI}{dt}$$

- Lが大きいほど良い。
- tが小さい (fが大きい) ほど良い。

⑤.1 Qとは (2/2)

実際に工作キットで使われているコイルの
LとRを測定することでQを算出してます。



図5-2 WT505090-10F2-LP-G1



図5-3 LCRメーター

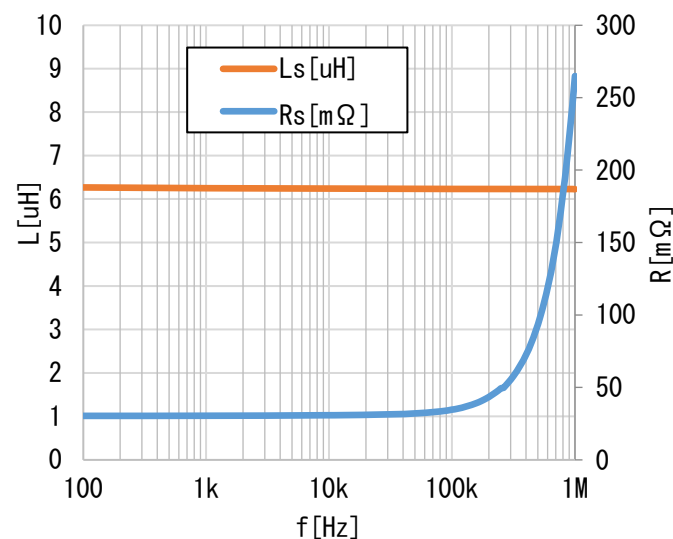
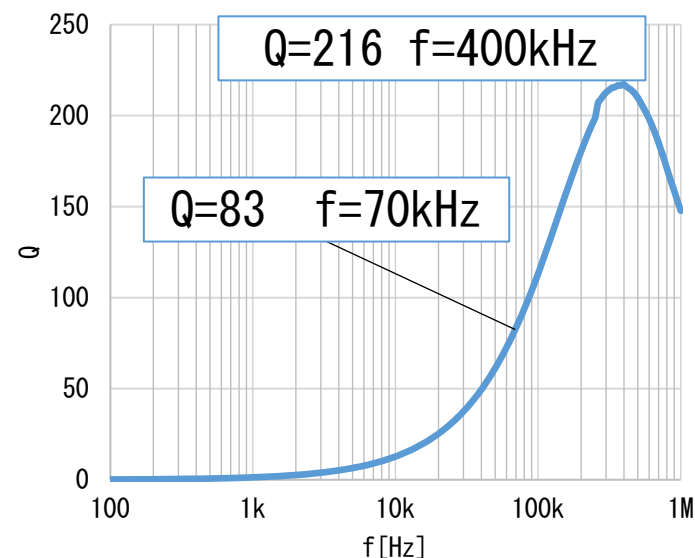


図5-4 測定結果



周波数が高くなるほどQが高い。
Rは小さいほど良いが、「近接効果」、「表皮効果」によって
大きくなることもある。

⑤.2 kとQから効率を計算 (1/1)

kとQがわかると、効率を計算することができる。

効率算出式

$$kQ積 = fm = k\sqrt{Q_{tx}Q_{rx}} = 0.76\sqrt{83 \times 83} = 63.1$$

$$\eta[\%] = \frac{fm^2}{(1 + \sqrt{1 + fm^2})^2} \times 100 = 96.9\%$$

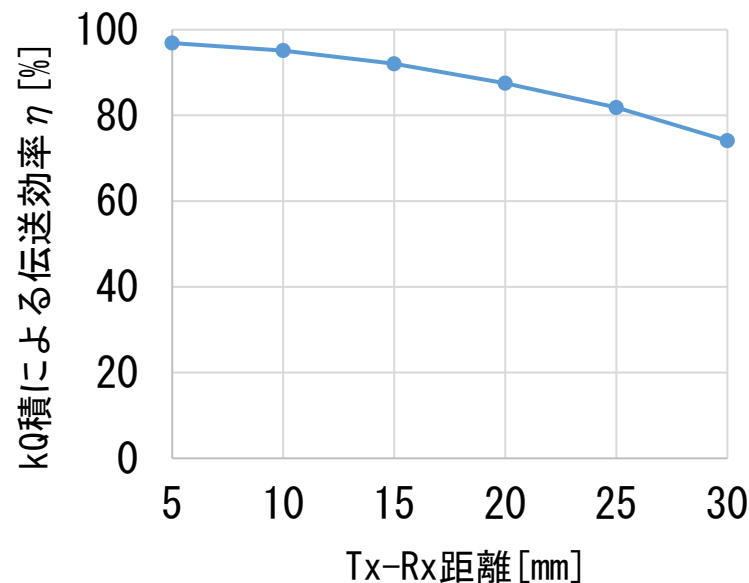


図5-5 Tx-Rx距離による理論効率特性

表5-1 Tx-Rx距離による理論効率特性一覧

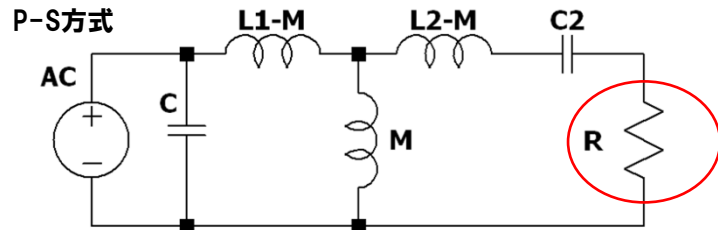
Tx-Rx 距離 [mm]	結合係数k	kQ積	効率 [%]	備考
5	0.76	63.1	96.9	
10	0.48	39.8	95.1	
15	0.29	24.1	92.0	
20	0.18	14.9	87.5	
25	0.12	10.0	81.8	
30	0.08	6.6	74.1	

→理論上**96.9%**の効率で電力伝送可能。

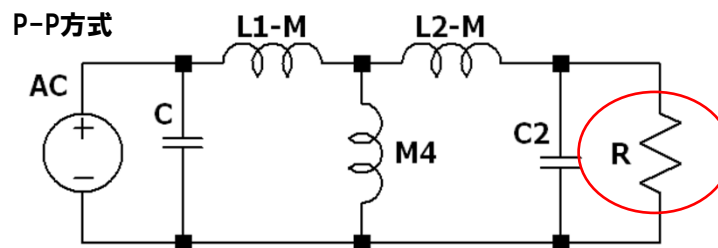
⑤.3 最適負荷とは (1/1)

距離30mmにおける最大効率は74.1%であった。

しかし、この最大効率は「**最適な負荷**」を接続した場合の効率である。



$$R_{LMAX PS} = kr_2 \sqrt{Q_{tx} Q_{rx}} = 0.08 \times 0.03 \sqrt{83 \times 83} = 0.20 \Omega$$



$$R_{LMAX PP} = \frac{r_2 Q_{rx}}{k} \sqrt{\frac{Q_{rx}}{Q_{tx}}} = \frac{0.03 \times 83}{0.08} \sqrt{\frac{83}{83}} = 31.2 \Omega$$

※計算式の算出方法に関しては参考資料参照

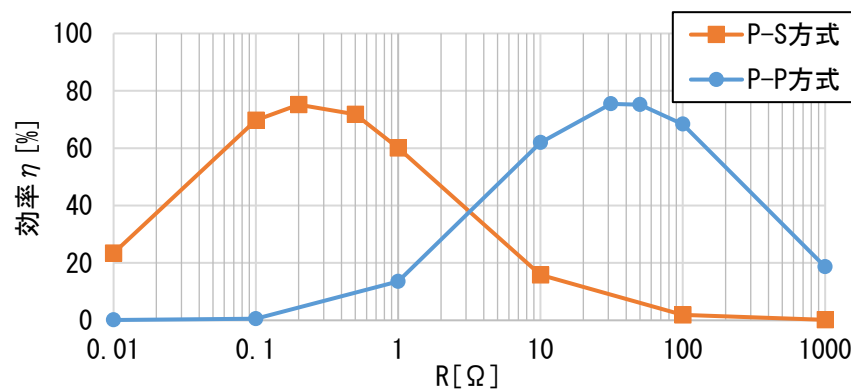


図5-6 P-S方式とP-P方式の負荷効率特性

表5-2最大効率 η_{max} とその抵抗負荷の値 R_{Lmax}

Resonant capacitor	η_{max}	R_{Lmax}
SP	$1 + \frac{2}{k\sqrt{Q_1 Q_2}}$	$\frac{r_2 Q_2}{k} \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}$
PS		$kr_2 \sqrt{Q_1 Q_2}$
SS		$kr_2 \sqrt{Q_1 Q_2}$
PP		$\frac{r_2 Q_2}{k} \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}}$

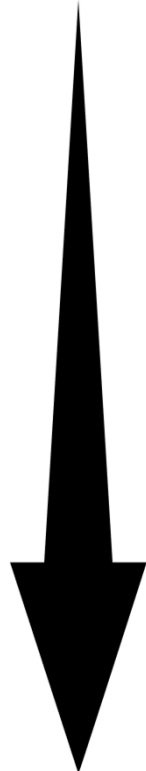
⑤ Q,kQ,最適負荷まとめ

- ・ k がエネルギーを伝達する係数だとすると Q はエネルギーを蓄える係数。
 k, Q ともに無次元量で単位(Ω, H, F 等)はありません。
- ・ Q 値が高いほどエネルギーを蓄えることができる。
- ・ k と Q から kQ 積を算出し、最大効率 η を計算することができる。
- ・ 最大効率 η を実現できるのは最適負荷のときのみ。
- ・ 最適負荷はN-N, N-S, S-S, S-P, P-S, P-P(他多数)の方式により異なる。



目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

(参考文献) WPT設計に関する参考文献

もっと知りたいかたは
原理については、以下の参考文献をご覧ください。

kQ積に関する参考文献



- ②大平孝、” 高周波電力伝送系における最大効率の統一理論—「共鳴」も「結合」も用いない明解教授法— ”、信学技報WPT2014-05, pp. 23-26, 2014年4月.
- ③粟井郁雄、”ワイヤレス給電システムのkQ積理論再考—消費電力と入射電力比からの導出—” 信学技報WPT2016-44, pp. 11-16, 2017年1月.
- ④大平 孝「フリスとkQ」ITUジャーナル, vol. 49, no. 7, pp. 13-16, Jul. 2019.
- ⑤大平 孝「電界結合ワイヤレス電力伝送」MOTORエレクトロニクス, no. 10, pp. 93-102, Apr. 2019.
- ⑥大平 孝「ワイヤレス電力伝送の基礎」RFワールド, no. 43, pp. 17-29, Aug. 2018.
- ⑦大平 孝「ワイヤレス結合の最新常識kQ積をマスタしよう」グリーンエレクトロニクス, no. 19, pp. 78-88, Apr. 2017.



結合係数kに関する参考文献

- ⑧大平 孝, 今更ながら, kって何?, ”信学誌, vol. 102, no. 1, pp. 79-82, Aug. 2016

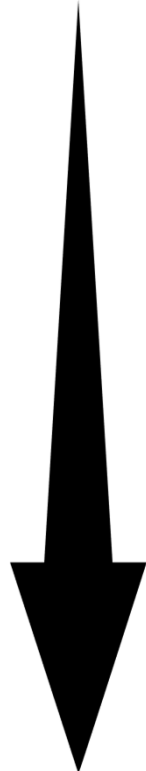


無負荷Q値に関する参考文献

- ⑨大平 孝, ”Qファクタは七色仮面,” 信学誌, vol. 99, no. 8, pp. 856-858, Aug. 2016
- ⑩水野皓司, ”今更ながら, Qって何?, ”信学誌, vol. 99, no. 12, pp. 1191-1192, Dec. 2016

目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。
- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

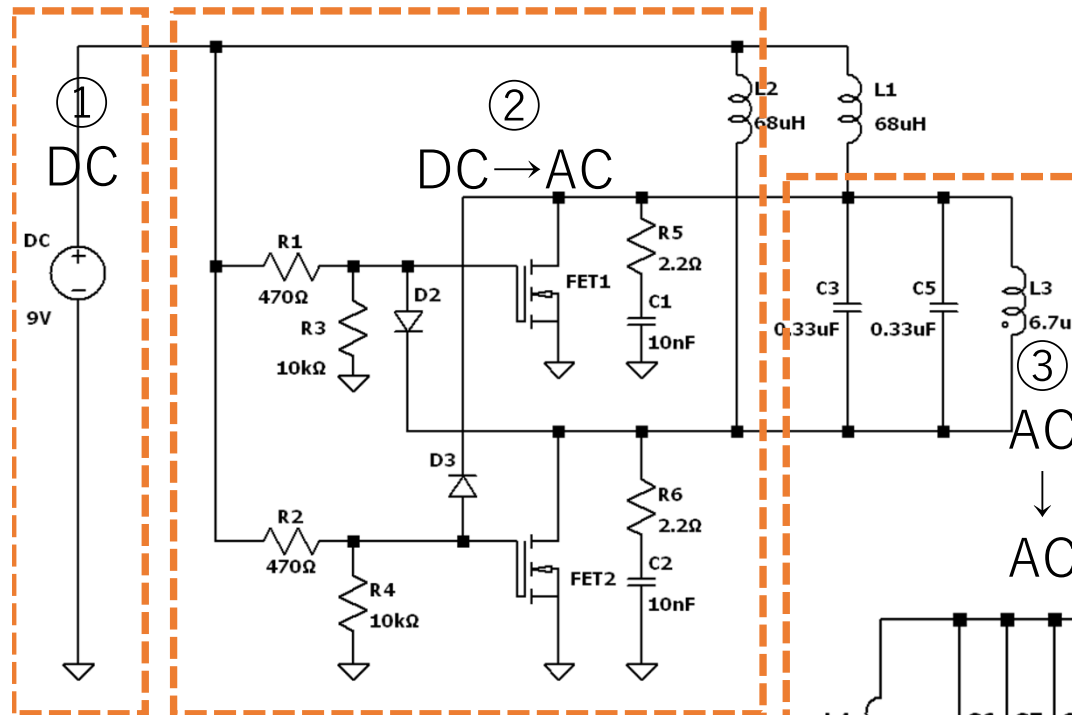
⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

⑥.1 工作キット回路図

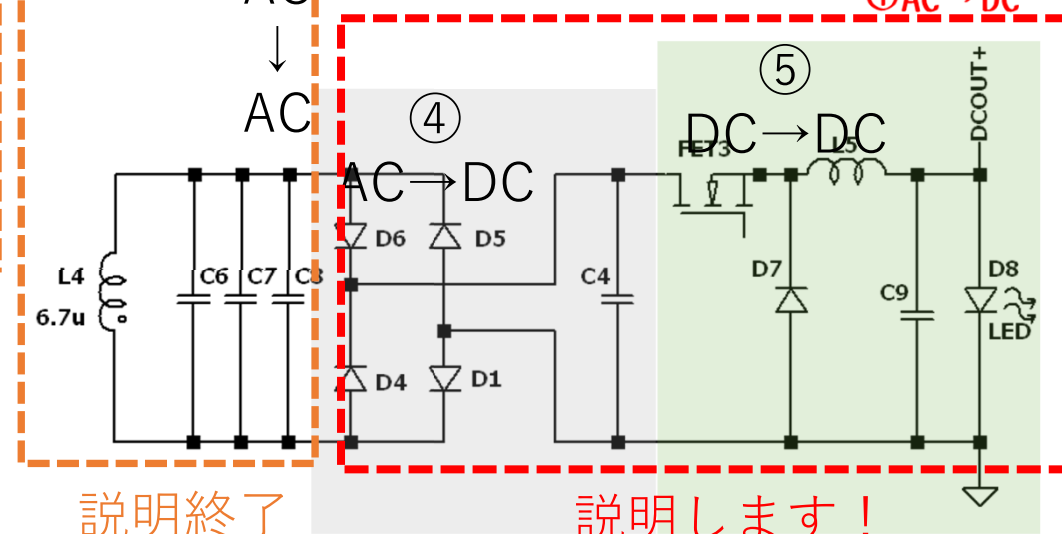
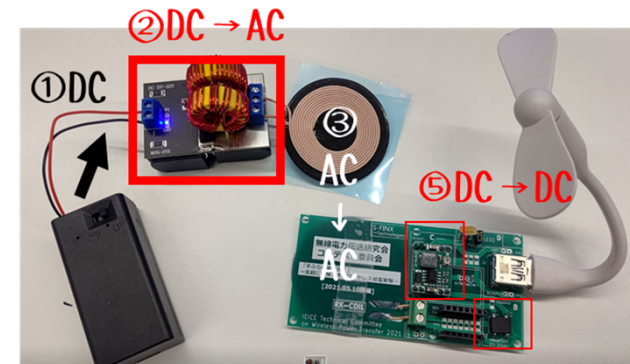
続いて、もう一度工作キットの回路図を示します。

電気の流れ ～工作キットver～



説明終了

説明不要



説明終了

説明します！

図6-1 工作キット回路図

⑥.1 整流回路とは (1/2)

整流回路はDとCの合わせ技。

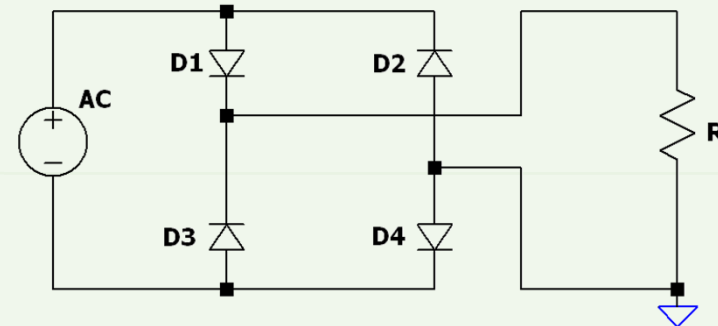
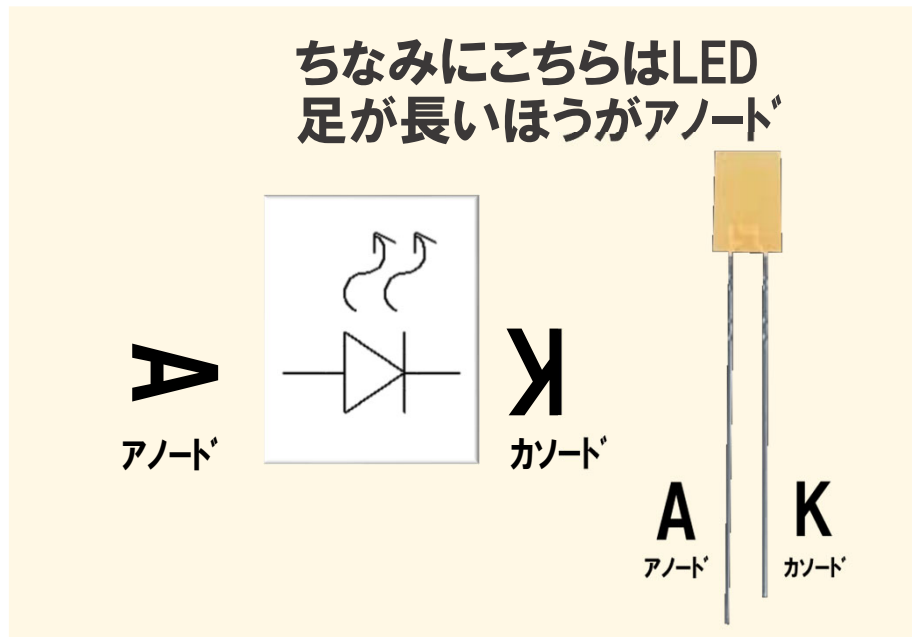
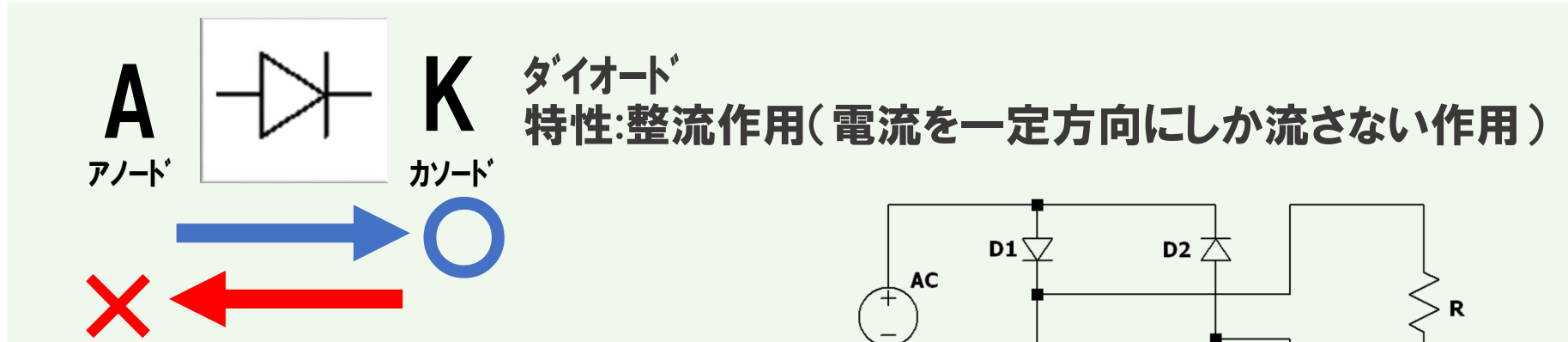


図6-2 フルブリッジダイオード回路

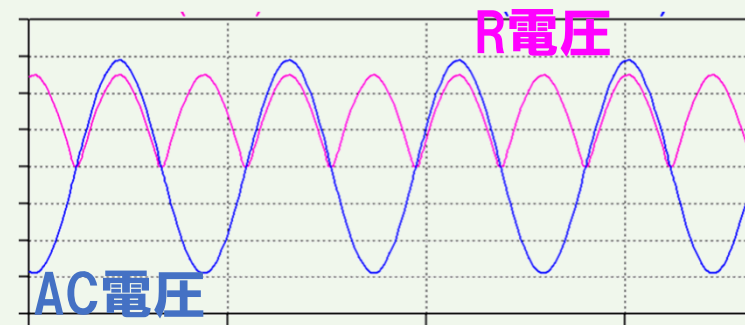
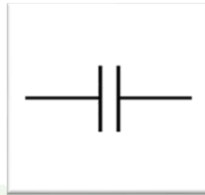


図6-3 AC電圧とR電圧の波形

⑥.1 整流回路とは (2/2)

更にコンデンサを追加することで、電圧値を「平滑」できる。



平滑用コンデンサ
特性:電圧が高い時には充電、低い時には放電することで
電圧の変動を抑える。

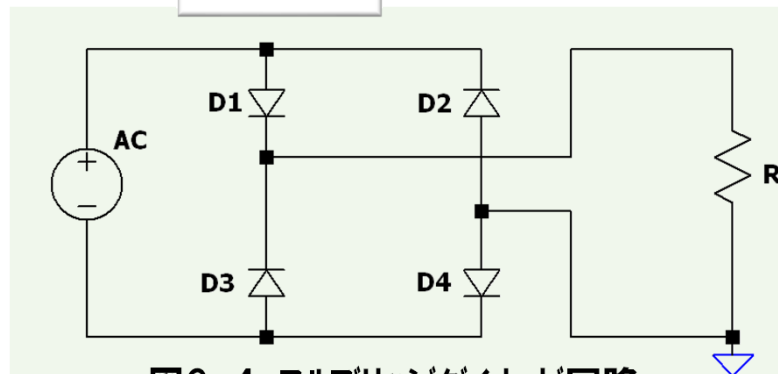


図6-4 フルブリッジダイオード回路

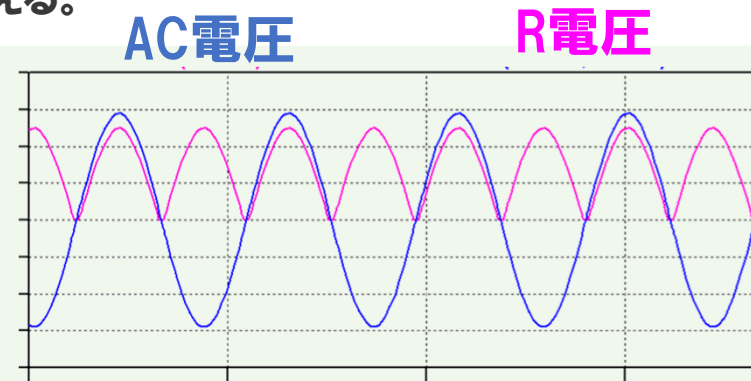


図6-5 AC電圧とR電圧の波形

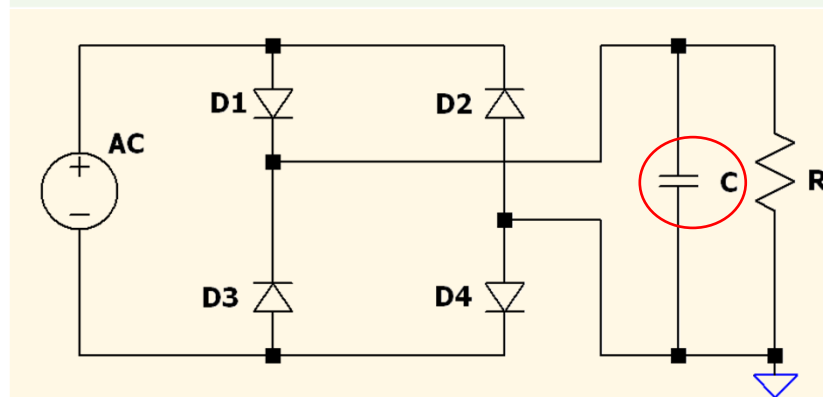


図6-6 フルブリッジダイオード+コンデンサ回路

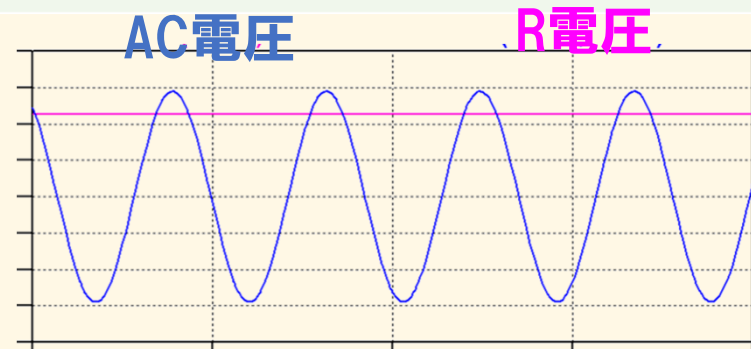
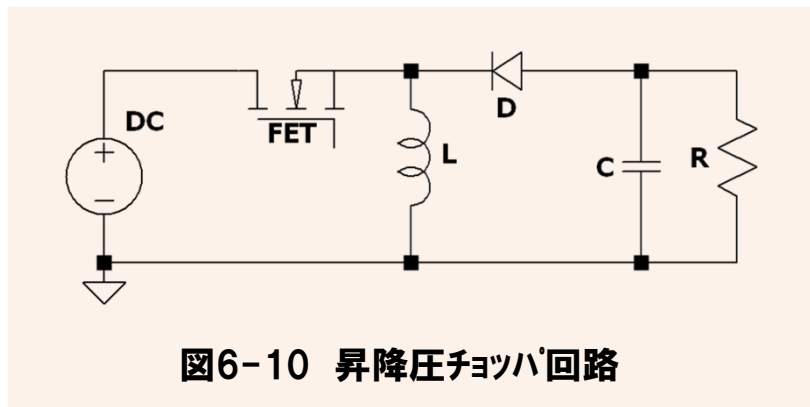
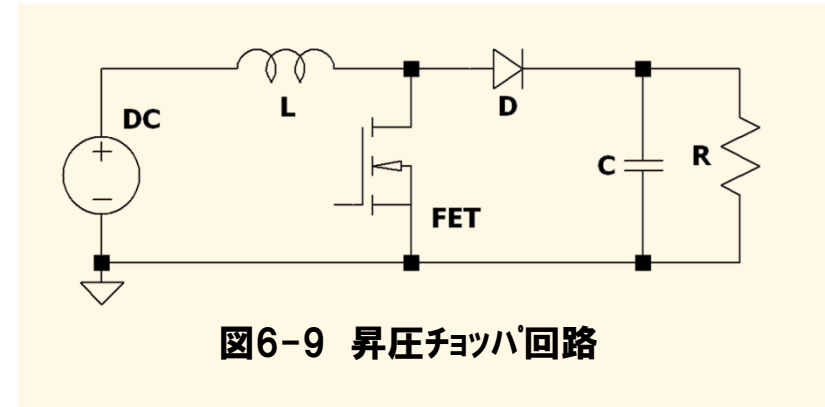
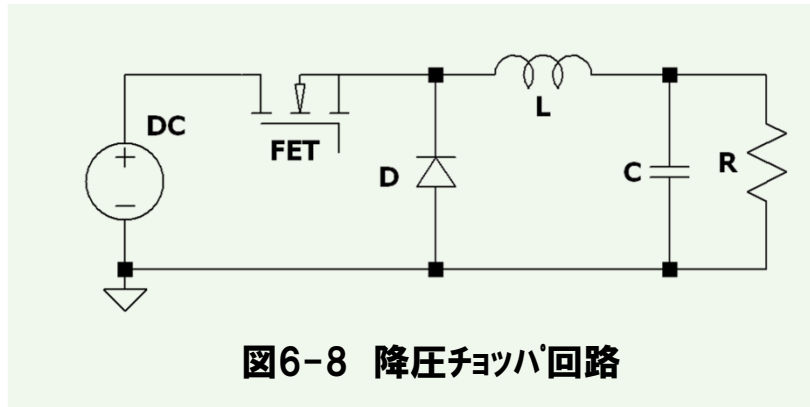


図6-7 AC電圧とR電圧の波形

⑥.2 DCDCコンバータとは (1/1)

DCDCコンバータとは「**直流電圧を昇降できる制御装置**」
また、「**スイッチング電源**」や「**スイッチングレギュレータ**」とも呼ばれる。
略して**DDコン**と呼ばれることが多い。



**DCDCコンバータには
他にもたくさんあります。
興味がある方は
ぜひ調べてみてください！！**

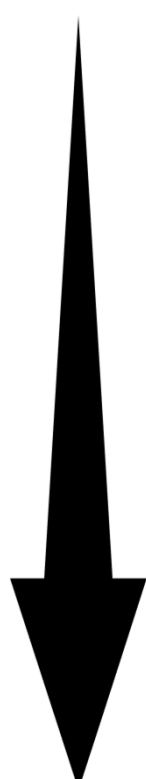
⑥ 整流回路、DCDCコンバータ まとめ

- ・ 整流回路はAC→DCにする回路
- ・ 本工作キットの整流回路はダイオードを使った基礎的な方法
- ・ Dは損失が大きいので、効率改善としてFETを使う同期整流方式もある。
- ・ DCコンバータはDC→DCにする回路
- ・ コイルが受け取った電圧をそのまま入力するとファンが壊れるので電圧を小さくしている。
- ・ 電圧を下げる「降圧方式」、電圧を上げる「昇圧方式」、電圧を上げ下げする「昇降圧方式」がある。



目次 (チェックシート)

易しい



難しい

おまけ

①

- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。

②

- 電磁誘導型の原理が説明できる。

③

- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。

④

- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。

⑤

- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。

- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

⑥

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。

⑦ 工作キット回路図

最後に、もう一度工作キットの回路図を示します。

電気の流れ ～工作キットver～

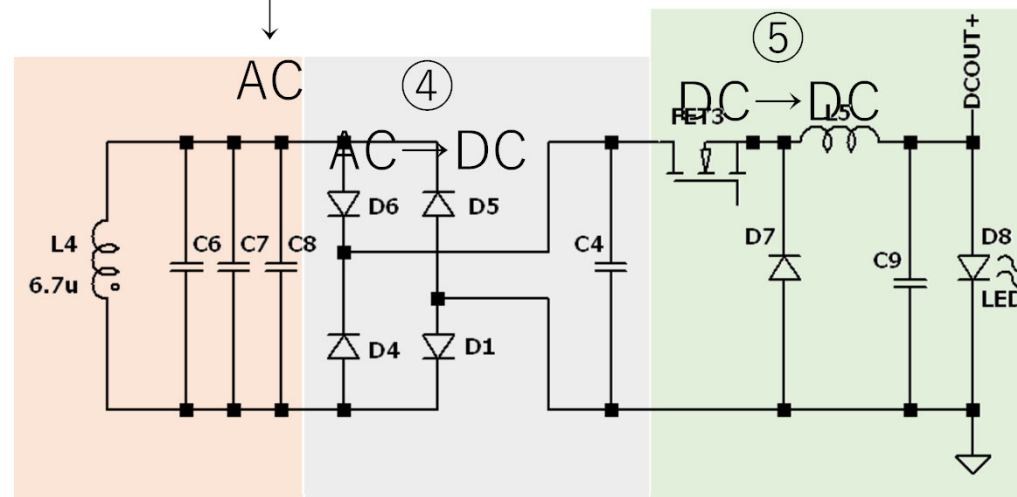
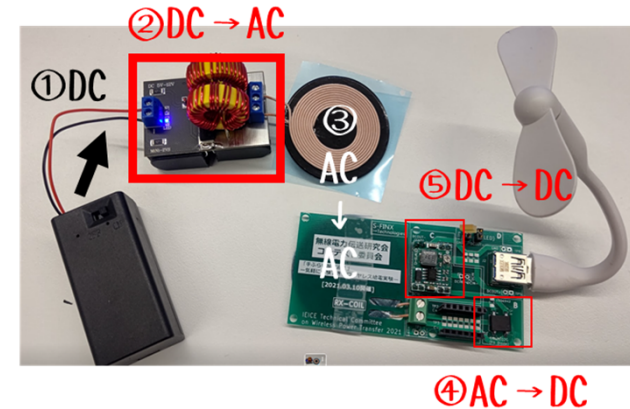
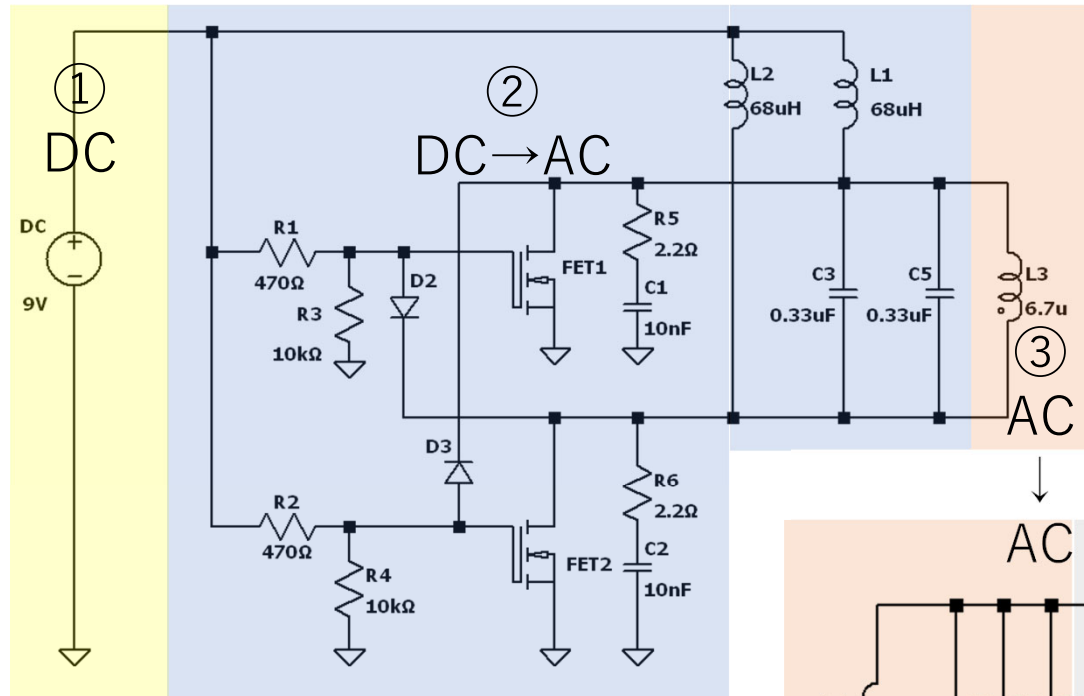
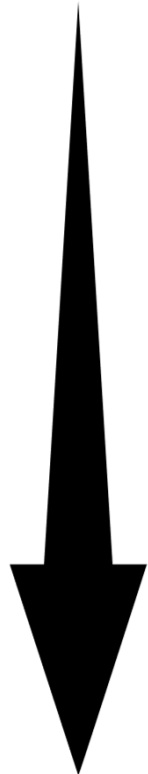


図6-11 工作キット回路図

発表前の印象とは
変わりましたか？

発表が終わりました！いかがでしたか？

易しい



- 直流と交流の違いが説明できる。
- 工作キット内における直流と交流のイメージがわかる。
- 電磁誘導型の原理が説明できる。
- 結合係数 k の概念が理解できる。
- 漏れ磁束と鎖交磁束の違いが説明できる。
- 電磁誘導型と磁界共振型の違いがわかる。
- 磁界共振型において共振させるメリットを説明できる。
- Q 値の概念が理解できる。
- kQ 積から最大効率 η を計算できる。

難しい

- 最大効率を達成できる最適負荷のイメージがわかる。

おまけ

- 整流回路の動作イメージがわかる。
- DCDCコンバータの動作イメージがわかる。