

電力と損失と効率

工学部 機械知能工学科

熊谷 正朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室



今回の到達目標

(関連:工総演K02)

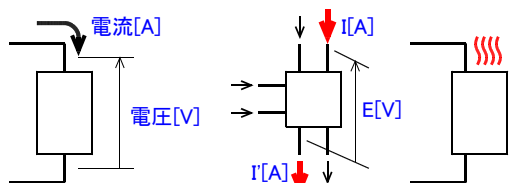
○電気をエネルギーとして使う際の留意

- ◇電力の計算をすることができる。
 - ・電力=電圧×電流
- ◇効率の計算をすることができる。
 - ・効率=出力÷入力(電力・動力)
- ◇効率の高さの重要性について説明できる。
 - ・=損失の少なさ
 - ・エコ / 放熱の手間

概要:電力消費

○多くの部品は何らかの消費をする

- ◇部品の両端にかかる電圧と電流の積
- ◇複数端子の場合は、顕著なところに注目
- ◇消費した電力は一般に熱に → 損失、温度↑



入力・出力・損失・効率

○関係式

- ◇入力:回路などへの入力電力[W] (※エネ類/秒)
 - ◇出力:回路などからの出力電力・動力[W]
 - ◇損失[W]=入力-出力
 - ◇効率[%]=出力÷入力(×100)
 - ・出力=入力×効率=入力-損失
 - ・効率=(入力-損失)÷入力
 - ・損失=入力×(1-効率)
 - ・入力=出力÷効率
- ※効率は使用状況などでも変わる

損失・効率の重要性

○損失→熱→温度上昇

- ◇回路の損失はほぼ熱になる
 - 放熱しないと温度が上がって壊れる
 - ※破損、機能低下、寿命短縮
 - ・「省エネ」よりも設計上の影響が大きい?

- ◇効率が80%(比較的良好)として:

・入力 10[W] → 出力 8[W] 損失2[W]

はんだごて → 入力100[W] → 出力80[W] 損失20[W]

レンジ×2 → 入力10[kW] → 出力 8[kW] 損失2[kW]

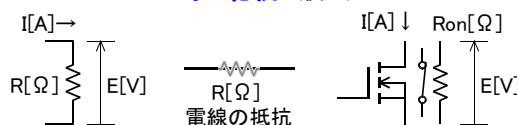
回路における電力消費の典型パターン

○抵抗型

$$P = EI = RI^2 \quad \text{電流の2乗に比例}$$

◇適用ケース

- ・抵抗 (大電流経路、意図的な消費)
- ・配線抵抗 (例: 掃除機や電子レンジの線)
- ・MOSFETのオン抵抗 (後日)



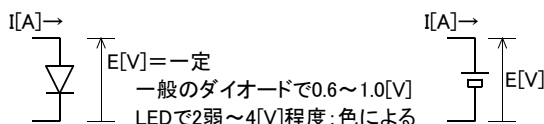
回路における電力消費の典型パターン

○一定の電圧降下型

$$P = EI = \text{特定の降下電圧} \times \text{流れる電流}$$

◇適用ケース

- ・ダイオード、発光ダイオード(LED) (後日)
- ・降下電圧がほぼ一定 (電流で多少増減する)
- ・(蓄電池の充電)



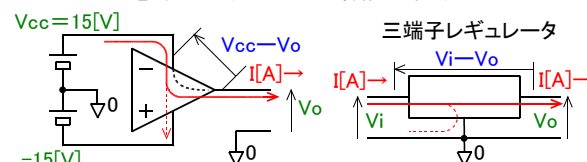
回路における電力消費の典型パターン

○電圧降下が調整される回路

$$P = EI = \text{降下電圧} \times \text{流れる電流}$$

◇適用ケース

- ※降下分を見切る
- ・オペアンプ $P = (V_{cc} - V_o)I$
- ・電源回路、アナログ増幅型駆動回路



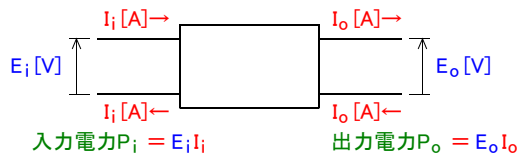
回路における電力消費の典型パターン

○内部で電圧電流が変換される回路

◇入出力で電流が異なる: $P = \text{入力} - \text{出力}$

◇適用ケース

- ・スイッチング電源、モータ等駆動回路
- ・出力電流と入力電流が異なる



回路における電力消費の計算

○対象の見定め と 降下電圧と電流

◇全部を確認する必要はない

- ・大きな電流が流れる経路をチェック
※(10[mA]~) 100[mA]~ 1[A]~

- ・小さめの抵抗をチェック

※大きいと電流が流れない

$$\text{※} P = E^2 / R = (\text{例}) 10^2 / 1k\Omega = 0.1[W]$$

◇部品の両端の電圧、降下電圧

◇スイッチング: オン時 と オフ時 と デューティ

電力: 交流の場合

○時間変化する電圧/電流の場合

◇瞬時値の時間積分/時間 → 平均

$$P = (1/T) \int_0^T e(t)i(t)dt$$

◇コンデンサに正弦波交流電圧:

$$e(t) = (1/C) \int i(t)dt \rightarrow i(t) = C de(t)/dt$$

$$e(t) = E \sin(2\pi f t) \text{ とすると}$$

$$i(t) = E 2\pi f \cos(2\pi f t)$$

$$P = (1/T) \int_0^T e(t)i(t)dt \quad T = 1/f$$

$$= ? \int_0^T \cos() \cdot \sin() dt = 0$$

電力: 交流の場合

○正弦波の電圧電流に対して:

◇コンデンサの場合: $P = 0$

◇コイルの場合: $P = 0$ ※同様に

◇純粋なコンデンサ、コイルは電力消費平均ゼロ

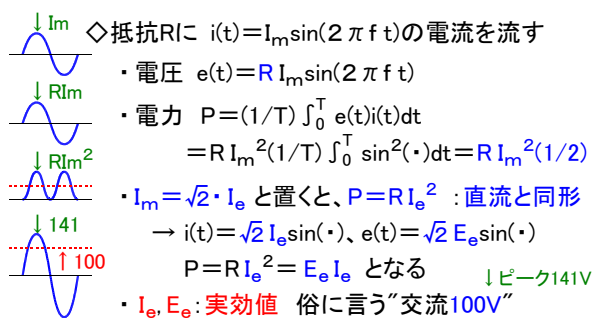
- ・コンデンサ: 電荷の充電→放電
- ・コイル: 電流エネルギー蓄積→放出

◇実在のコンデンサ、コイル

- ・部材の持つ抵抗(端子など)が消費
- ・直列等価抵抗ESR, 巻線抵抗

電力: 交流の場合

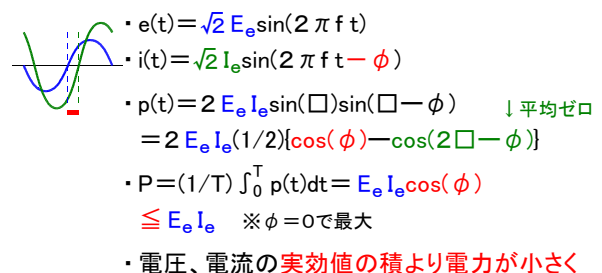
○交流の電力・実効値



電力: 交流の場合

○コイルやコンデンサが入る場合

◇電圧と電流の位相(タイミング)がずれる



電力: 交流の場合

○力率

◇抵抗: 電力 = 電圧実効値 × 電流実効値

◇抵抗+コイルやコンデンサの場合:

電力 < 電圧実効値 × 電流実効値

◇力率 = 電力 ÷ (電圧実効値 × 電流実効値)
= 有効電力[W] ÷ 皮相電力[VA]

・0(コイルorコンデンサのみ)~1(抵抗)

・電圧電流の見た目より送れる電力が少ない

※回路や設備は電圧、電流で決まる

本日のプチテスト

○損失と効率の計算

◇以下の3ケースについて損失[W]と効率[%]をもとめよ。 ※①は損失のみ

①電流計測抵抗

②オペアンプ

③三端子レギュレータ

