

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 RDE

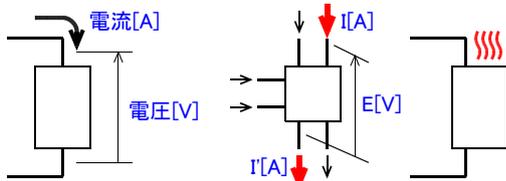
○電気をエネルギーとして使う際の留意

- ◇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
 - ・入力=出力÷効率 ※効率は使用状況などでも変わる
 - ・損失=入力×(1-効率)
 - ・効率=(入力-損失)÷入力

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: 新幹線:
1モーター:300kW

・入力 10[W]→ 出力 8[W] 損失2[W]

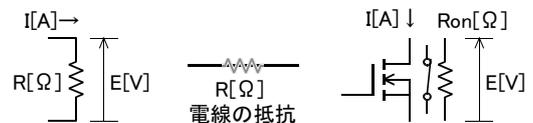
はんだごて→ 入力100[W]→ 出力80[W] 損失20[W]

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

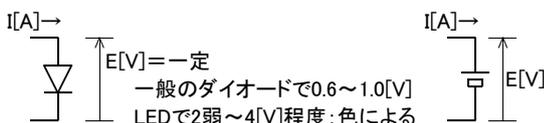
- ◇ $P = EI = RI^2$ 電流の2乗に比例
- ◇適用ケース
 - ・抵抗 (大電流経路、意図的な消費)
 - ・配線抵抗 (例: 掃除機や電子レンジの線)
 - ・MOSFETのオン抵抗 (後日)



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

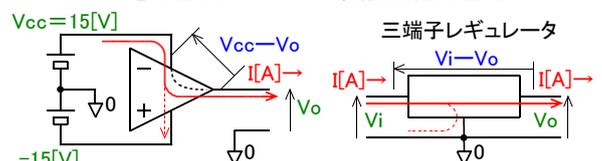
- ◇ $P = EI =$ 特定の降下電圧×流れる電流
- ◇適用ケース
 - ・ダイオード、発光ダイオード(LED) (後日)
 - 降下電圧がほぼ一定 (電流で多少増減する)
 - ・(蓄電池の充電)



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

- ◇ $P = EI =$ 降下電圧×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



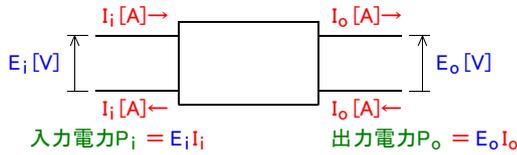
回路における電力消費の典型パターン

○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SW回路
- ・出力電流と入力電流が異なる、 $I_i < I_o$ も



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

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

◇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:

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

$$e(t) = E \sin(2\pi f t) \text{ とすると } \leftarrow \text{周波数 } f[\text{Hz}]$$

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

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

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

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



◇抵抗Rに $i(t) = I_m \sin(2\pi f t)$ の電流を流す

$$\text{電圧 } e(t) = R I_m \sin(2\pi f t)$$

$$\text{電力 } P = (1/T) \int_0^T e(t)i(t)dt = R I_m^2 (1/T) \int_0^T \sin^2(\cdot) dt = R I_m^2 (1/2)$$

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I_e \text{ と置くと, } P = R I_e^2 : \text{直流と同形}$$

$$\rightarrow i(t) = \sqrt{2} I_e \sin(\cdot), e(t) = \sqrt{2} E_e \sin(\cdot)$$

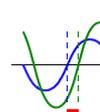
$$P = R I_e^2 = E_e I_e \text{ となる } \leftarrow \text{ピーク141V}$$

・ I_e, E_e : 実効値 俗に言う“交流100V”

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



$$e(t) = \sqrt{2} E_e \sin(2\pi f t)$$

$$i(t) = \sqrt{2} I_e \sin(2\pi f t - \phi)$$

$$p(t) = 2 E_e I_e \sin(\square) \sin(\square - \phi) \quad \leftarrow \text{平均ゼロ}$$

$$= 2 E_e I_e (1/2) \{\cos(\phi) - \cos(2\square - \phi)\}$$

$$P = (1/T) \int_0^T p(t) dt = E_e I_e \cos(\phi)$$

$$\leq E_e I_e \quad \text{※ } \phi = 0 \text{ で最大}$$

・電圧、電流の実効値の積より電力が小さく

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:

$$\text{電力} < \text{電圧実効値} \times \text{電流実効値}$$

◇力率 = 電力 ÷ (電圧実効値 × 電流実効値)

$$= \text{有効電力}[W] \div \text{皮相電力}[VA]$$

・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

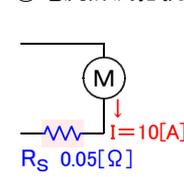
※回路や設備は電圧、電流で決まる

本日のプチテスト

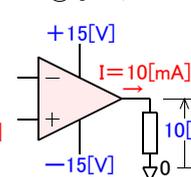
○損失と効率の計算

◇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

