22. モード解析法

22. Circuit-Mode Analysis Method

講義内容

1. 周波数の変化によるインピーダンス
2. 定常状態と過渡状態
3. モード解析法の考え方

周波数の変化によるインピーダンスの変化

抵抗 R

R

$$\dot{Z}_{\mathrm{R}} = R$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{\mathrm{R}} = R$

変化 **なし**

$f = \infty \quad \dot{Z}_{\mathrm{R}} = R$

インダクタンス L

L

$$\dot{Z}_{\mathrm{L}} = j\omega L = j2\pi f L$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{\mathrm{L}} = 0$

インピーダンス
増大

$f = \infty \quad \dot{Z}_{\mathrm{L}} = \infty$

キャパシタンス C

C

$$\dot{Z}_{\mathrm{C}} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi f C} = -j\frac{1}{2\pi f C}$$

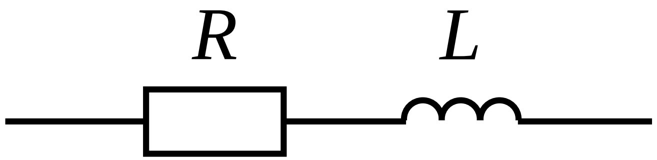
$f = 0 \quad \dot{Z}_{\mathrm{C}} = \infty$

インピーダンス
低減

$f = \infty \quad \dot{Z}_{\mathrm{C}} = 0$

直列回路で考えるインピーダンスの変化

RL直列回路



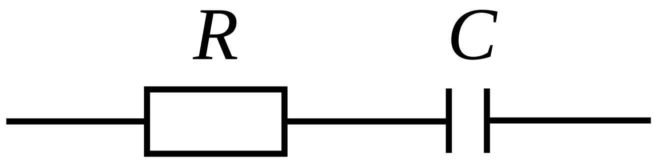
$$\dot{Z}_{\mathrm{RL\_S}} = R + j\omega L$$

$f = 0$　$\dot{Z}_{\mathrm{RL\_S}} \approx R$　$\left(R \gg j\omega L\right)$　***R*** が支配的

***R*性** から ***L*性** に変化

$f = \infty$　$\dot{Z}_{\mathrm{RL\_S}} \approx \infty$　$\left(R \ll j\omega L\right)$　***L*** が支配的

RC直列回路



$$\dot{Z}_{\mathrm{RC\_S}} = R + \frac{1}{j\omega C} = R - j\frac{1}{\omega C}$$

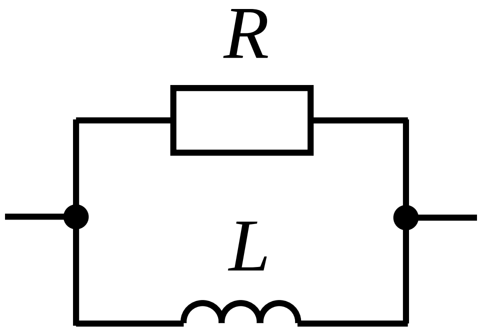
$f = 0$　$\dot{Z}_{\mathrm{RC\_S}} \approx \infty$　$\left(R \ll \dfrac{1}{j\omega C}\right)$　***C*** が支配的

***C*性** から ***R*性** に変化

$f = \infty$　$\dot{Z}_{\mathrm{RC\_S}} \approx R$　$\left(R \gg \dfrac{1}{j\omega C}\right)$　***R*** が支配的

並列回路で考えるインピーダンスの変化

RL並列回路



$$\dot{Y}_{\mathrm{RL\_P}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}$$

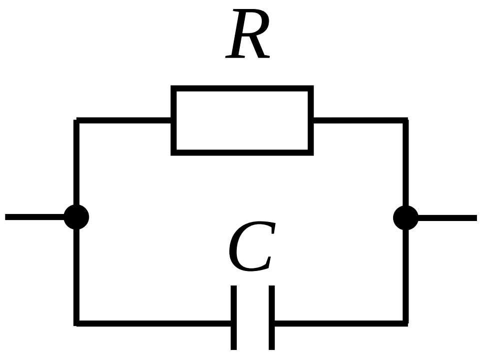
$$\dot{Z}_{\mathrm{RL\_P}} = \frac{1}{\dot{Y}_{\mathrm{RL\_P}}}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{\mathrm{RL\_P}} \approx 0 \quad \left(\frac{1}{R} \ll \frac{1}{j\omega L}\right)$ ***L*** が支配的

***L*性** から ***R*性** に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{\mathrm{RL\_P}} \approx R \quad \left(\frac{1}{R} \gg \frac{1}{j\omega L}\right)$ ***R*** が支配的

RC並列回路



$$\dot{Y}_{\mathrm{RC\_P}} = \frac{1}{R} + j\omega C$$

$$\dot{Z}_{\mathrm{RC\_P}} = \frac{1}{\dot{Y}_{\mathrm{RC\_P}}}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{\mathrm{RC\_P}} \approx R \quad \left(\frac{1}{R} \gg j\omega C\right)$ ***R*** が支配的

***R*性** から ***C*性** に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{\mathrm{RC\_P}} \approx 0 \quad \left(\frac{1}{R} \ll j\omega C\right)$ ***C*** が支配的

定常状態と過渡状態における回路の動作

	電流と電圧の関係	定常時→過渡時のインピーダンス ($t = 0$)	過渡時→定常時のインピーダンス ($t = \infty$)
抵抗 R	$v_{\mathrm{R}}(t) = Ri(t)$ $\left(\dot{V}_{\mathrm{R}} = R\dot{I}\right)$	**変化なし** $i(t)$ と $v_{\mathrm{R}}(t)$ の波形が **等しい**	**変化なし** $i(t)$ と $v_{\mathrm{R}}(t)$ の波形が **等しい**
インダクタ L	$v_{\mathrm{L}}(t) = L\dfrac{di(t)}{dt}$ $\left(\dot{V}_{\mathrm{L}} = j\omega L\dot{I}\right)$	$Z_{\mathrm{L}} = \infty$: **開放** **電流** の急激な変化を **妨げる** → **電圧** は急激に変化 **する**	$Z_{\mathrm{L}} = 0$: **短絡** **導線** と同じとなるため 電圧降下は発生 **しない**
キャパシタ C	$v_{\mathrm{C}}(t) = \dfrac{1}{C}\displaystyle\int_0^t i(t)dt$ $\left(\dot{V}_{\mathrm{C}} = \dfrac{1}{j\omega C}\dot{I}\right)$	$Z_{\mathrm{C}} = 0$: **短絡** **電圧** の急激な変化を **妨げる** → **電流** は急激に変化 **する**	$Z_{\mathrm{C}} = \infty$: **開放** **満充電** している状態となるため 電圧は発生 **している**

モード解析法による過渡現象の解法

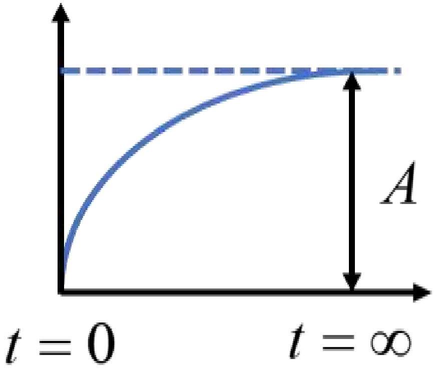
過渡現象の解法

① L と C の **最初** と **最後** の状態を導出
② 波形は **上昇** か **下降** か
③ **時定数** τ を求める

ただし，RL 回路及び RC 回路に限る
（※RLC回路は条件による）

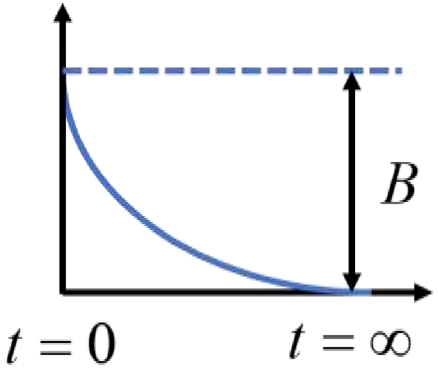
波形：**上昇**

$$A\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$



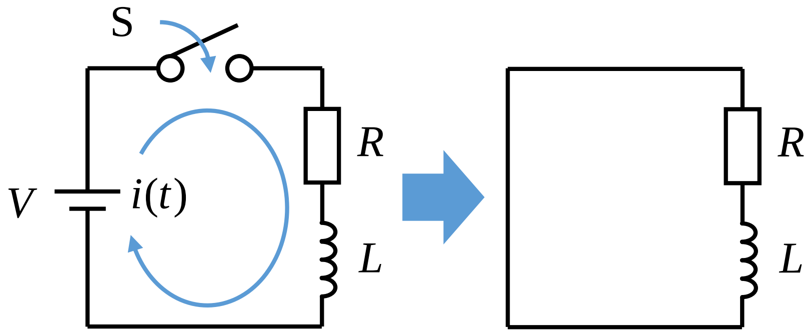
波形：**下降**

$$Be^{-\frac{t}{\tau}}$$



時定数の求め方

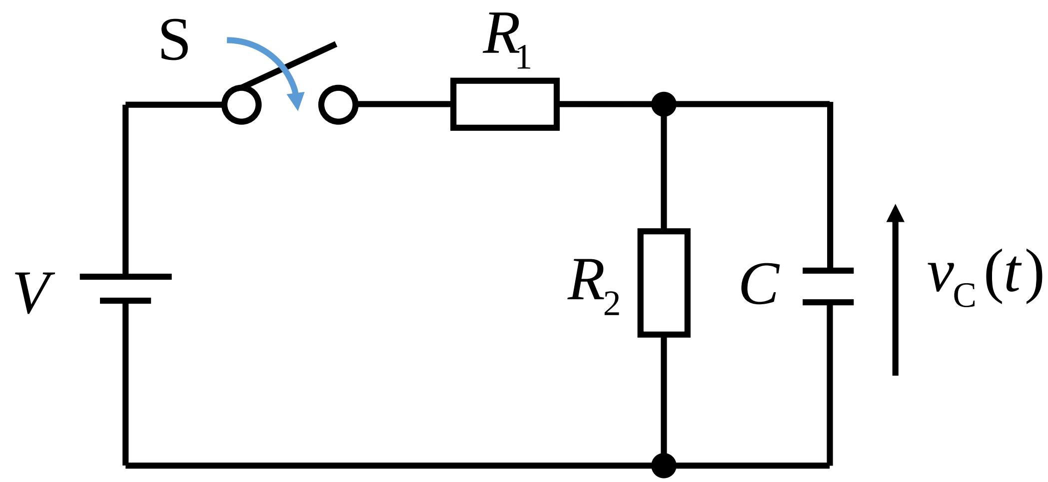
① **電源** を **短絡** 除去する
② L，C と R を **直列** の形にする



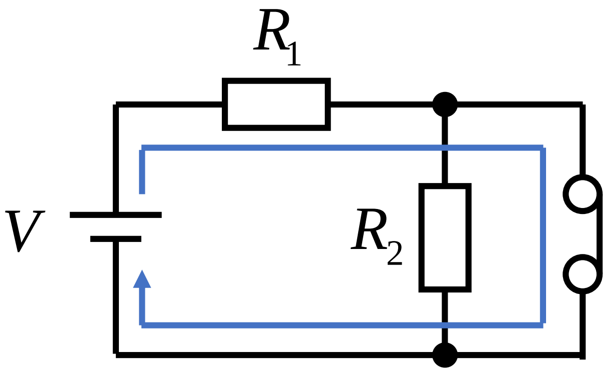
$$\begin{cases} RL\text{回路} & \tau = \dfrac{L}{R} \\ RC\text{回路} & \tau = CR \end{cases}$$

モード解析法による過渡回路の解析

キャパシタCの電圧 $v_\mathrm{C}(t)$ を求める（なお，初期電荷は無いものとする）



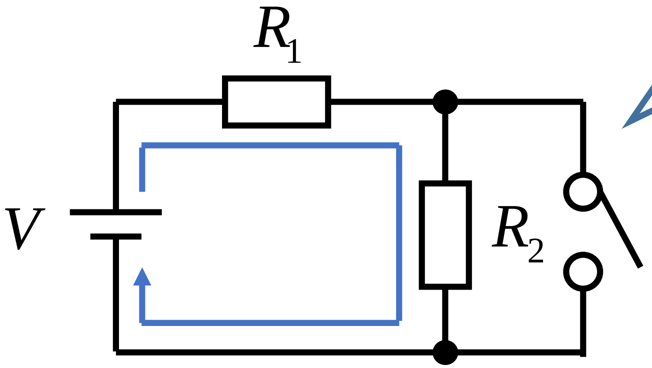
回路の **最初** の状態：$t = 0$でS = ON



C：**短絡**

$$v_\mathrm{C} = 0$$

回路の **最後** の状態：$t = \infty$（**定常** 状態）



C：**開放**

$$v_\mathrm{C} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

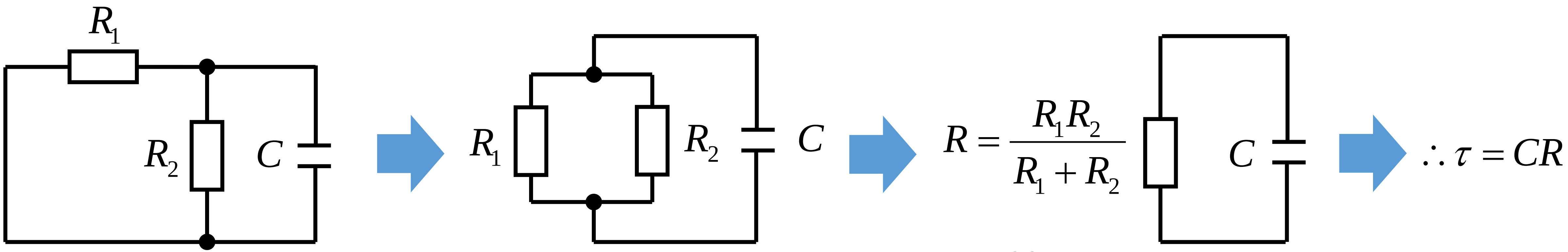
$t = 0$から $t = \infty$にかけて
キャパシタの電圧が **上昇** している

∴ 波形は **上昇** となる

モード解析法による過渡回路の解析

時定数を求める

① 電源を **短絡** 除去する ➡ ② L，C と R を **直列** 接続する



以上より，

$$v_C(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \qquad \tau = C \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$