

회로 이론 기초

- ① 분류기 (병렬 접속) 내부 저항 $r = \frac{R}{m-1}$
 배율기 (직렬 접속) " $r = (m-1)R$
- ② 소자 - 능동 : (+) 값만 갖는다
 - 선형 : 저항 (비례성), 철심 없는 코일
 - 비선형 : 다이오드(단방향성), 철심있는 코일
- ③ 직류 전기 회로 (선형)
 - 직렬 회로 - 전류 일정 - 전압강하 법칙 (KVL)
 - 병렬 회로 - 전압 일정 - 전류분배 법칙 (KCL)

④ 파형 평균값 $V = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$

파형 실효값 $V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt}$

# 파형	(파형률) (파고율)		
	평균값	실효값	최대값
정현 전파	$2/\pi$	$1/\sqrt{2}$	1
정현 반파	$1/\pi$	$1/2$	$1/\sqrt{2}$
구형 전파	1	1	1
구형 반파	$1/2$	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
삼각 파	$1/2$	$1/\sqrt{3}$	1

교류 R-L-C 회로 (직렬 - 상대 관계 - 병렬)

- ① 교류 직렬 회로 ($V^2 = V_R^2 + V_X^2$)
 임피던스 = 저항 + (인덕턴스+커패시턴스) 리액턴스
 $Z = R + jX = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$
 $= \sqrt{R^2 + X^2} \angle \tan^{-1}(\frac{X}{R})$

- ② 교류 병렬 회로 ($I^2 = I_R^2 + I_X^2$)
 어드미턴스 = 컨덕턴스+(서셉턴스+엘라스턴스)
 $Y = G + jB = \sqrt{(\frac{1}{R})^2 + (\frac{1}{X})^2} \angle \tan^{-1}(\frac{R}{X})$

- ③ 공진 조건 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$
 공진 주파수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} [Hz]$

- ④ 전압 확대비 $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} < \text{직렬회로} >$
 전류 확대비 $Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} < \text{병렬회로} >$

변압기 권수비

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

- ⑤ 회로망 해석 - 전류 흐름 방향 크기 추적 기법
 - 테브난 정리
 : 왼쪽 출발 해석 (1개 전압원) - 전압강하식
 - 노턴 정리
 : 오른쪽 출발 해석 (1개 전류원) - 합성 저항
 - 중첩 원리
 : 분리 해석후 결합 (여러개 전압원+전류원)
 - 밀만 정리
 : 병렬 옴 법칙 적용 (여러개 전압원)
 - 가역 정리
 : $V_{in} = V_{out}$ (변압기 원리)

- ⑤ 교류 순시값 벡터 표현

$$v = V_m \sin(\omega t + \theta) = V_m \cos(\omega t + \theta + 90^\circ)$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \angle \pm \theta = \frac{V_m}{\sqrt{2}} (\cos \theta \pm j \sin \theta)$$

$$t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{\theta}{2\pi f} = \frac{\text{각도}}{360^\circ \cdot f}$$

- ⑥ 비정현파 교류

* 전압 $V = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \dots}$ (실효값부입)
 * 왜형률 $D = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots}}{V_1}$ (최대값부입)

- ⑦ 인덕턴스 직렬 접속

$$L = L_1 + L_2 \pm 2k\sqrt{L_1 L_2} \text{ (가동+ / 차동-)}$$

인덕턴스 병렬 접속

$$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \pm 2M} \text{ (가극- / 감극+)}$$

$W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} C V^2 [J]$

- ⑧ 페러데이 전자 유도 법칙

$$E = -L \frac{di}{dt} = -M \frac{di}{dt}$$

* $\cos(\text{미분}) = \sin(\text{적분}) - \cos$

교류 전력

① 전력 계산

- 피상 $P_a = VI = I^2 Z = \frac{V^2}{Z} [VA]$
 - 유효 $P = VI \cos\theta = I^2 R = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2 R}{R^2 + X^2} [W]$
 - 무효 $Q = VI \sin\theta = I^2 X = \frac{V^2}{X} [Var]$
 $P_a^2 = P^2 + Q^2$ # 1식 계산을 원칙으로 하되, V식 계산으로도 계산해 봐야함

② 교류 회로의 역률

- 전압과 전류의 위상차의 여현(우함수)
 - 공액을 취해서 급셈 계산

$$\eta = \cos\theta = \sqrt{1 - \sin^2\theta} = \cos(\tan^{-1}\theta_1 - \tan^{-1}\theta_2)$$

$$= \frac{P}{P_a} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

2전력계법 역률

$$\cos\theta = \frac{\text{유효전력}}{\text{피상전력}} = \frac{P_1 + P_2}{2\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - P_1 P_2}}$$

최대 전력 공급 조건 (내부 저항 = 외부 저항)

$$P_{\max} = \frac{V^2}{4R} [W]$$

③ 3상 결선

	선간 전압	선 전류	
Y 결선	$\sqrt{3}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	× 상전압
Δ 결선	1	$\sqrt{3}$	× 상전류

3상 전력

* $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$ (선간전압 적용)
 $= 3 V_p I_p \cos\theta$ (상전압 적용)

* Y결선 실제출력을 = 3상출력 / $\sqrt{3} = 57.7\%$

* n상전원의 위상 $\theta = 90^\circ \cdot (1 - \frac{2}{n})$ [3상 = 30°
 6상 = 60°]

④ 대칭 좌표법 (불평형 사고 계산)

- 3상 전원 matrix - 대칭 성분 matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \quad \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix}$$

$$a = 1 \angle 120^\circ \quad a^2 = 1 \angle 240^\circ \quad a^3 = 1 \quad 1 + a + a^2 = 0$$

* 불평형률 = 역상분 / 정상분

* Y-Δ 변환 Δ-Y 변환

$$A = \frac{ab+bc+ca}{c} \quad a = \frac{AC}{A+B+C}$$

* $I_\Delta = 3I_Y$, $Z_\Delta = 3Z_Y$, $P_\Delta = 3P_Y$

⑤ 2단자 회로망

- 영점: $Z = 0$ (단락 회로 상태)
 - 극점: $Z = \infty$ (개방 ")

정저항 회로 조건 # 역 회로 조건
 (R-L-C 직병렬) (병렬) (직렬)

$$R^2 = Z_1 Z_2 = \frac{L}{C} \quad L_1 C_1 = L_2 C_2$$

⑥ 4단자 ABCD 파라미터 (전력공학 중거리matrix 비교)

T 형 $\begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_1}{Z_3} & Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3} \\ \frac{1}{Z_3} & 1 + \frac{Z_2}{Z_3} \end{pmatrix}$

π 형 $\begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_2}{Z_3} & Z_3 \\ \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{Z_1 Z_2} & 1 + \frac{Z_1}{Z_2} \end{pmatrix}$

⑦ 영상 임피던스

$$Z_{01} = \sqrt{\frac{AB}{CD}} \quad Z_{02} = \sqrt{\frac{BD}{AC}}$$

$AD - BC = 1$ $A = D$ (차우대칭일 경우)

영상 전달 정수

$$\theta = \ln(\sqrt{AD} + \sqrt{BC})$$

⑧ 분포 정수 회로

* 파동(특성) 임피던스 $Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{L}{C}} [\Omega]$

* 전파정수 $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$
 = 감쇠정수 + j위상정수 = \sqrt{LC}

* 무해행조건 $LG = RC$

* 전파속도 $v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\pi}{\text{위상정수}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

⑨ 변이점

$$\text{반사계수 } \alpha = \frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}$$

$$\text{투과계수 } \beta = \frac{2z_2}{z_2 + z_1}$$

* 지락 전류 = 3 × 영상 전류

* 지락 임피던스 = 3 × 임피던스

제어 공학 1

① 라플라스 함수

* 푸리에 급수 표현식

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t$$

* 라플라스 변환식

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

② 라플라스 변환 - 불연속 z 변환(0~1 값)

주파수 함수	시간 함수 f(t)	z 변환
1	$\delta(t)$ 임펄스함수(중량)	1
1/s	$u(t)$ 계단함수(인디셜)	$\frac{z}{z-1}$
1/s ²	t 속도함수(램프)	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
n!/s ⁿ⁺¹	t ⁿ	$\frac{z}{(z-1)^{n+1}}$
1/(s+a)	e ^{-at} 지수함수	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$
1/(s-a)	e ^{at}	$\frac{z}{z-e^{aT}}$
$\lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$	최고값 정리	$\lim_{z \rightarrow 1} \left(\frac{z-1}{z}\right)F(z)$
$\lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$	초기값 정리	$\lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$
$s/(s^2 + \omega^2)$	cos ωt 삼각함수	
$\omega/(s^2 + \omega^2)$	sin ωt	
$s/(s^2 - \omega^2)$	cosh ωt	
$\omega/(s^2 - \omega^2)$	sinh ωt	
$\frac{s+2}{(s+2)^2 + 3^2}$	e ^{-2t} cos 3t	
1/(s-a) ²	t e ^{at} 복소추이정리	
n!/(s+a) ⁿ⁺¹	t ⁿ e ^{-at}	
$\frac{1}{s} e^{-as}$	L[u(t-a)] 시간추이정리	
sF(t)	L[$\frac{d}{dt}f(t)$]	
$\frac{1}{s}F(t)$	L[$\int f(t)dt$]	
* sint cost	= $\frac{1}{2} \sin 2t$	

③ 전달 함수 <선형 시스템에만 적용>

- 비례 요소 (K)
- 미분 요소 (Ks)
- 적분 요소 (K/s)
- 1차 지연 요소 (K/(Ts+1))
- 2차 지연 요소
- 부동작 시간 요소 (Ke^{-Ls})

경로에 잡히지 않는 페루프있는 선도 전달함수

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\text{페루프잡힌경로} + \text{페루프에 안잡힌경로}(1-\text{페루프})}{1-\text{페루프}}$$

④ 자동 제어의 편차 종류

<괄호 밖의 차수에 따라 0, 1, 2 형 결정>
편차 상수 정상 편차

- * 위치 편차 $K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)$ $e_p = \frac{1}{1+K_p}$ (0형)
- * 속도 편차 $K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)$ $e_p = \frac{1}{K_v}$ (1형)
- * 가속도 편차 $K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)$ $e_p = \frac{1}{K_a}$ (2형)

⑤ 과도 현상 (값이 클수록 과도)

* R-L 직렬 회로 과도 전류

$$i(t) = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) [A]$$

시정수 $\gamma = \frac{L}{R}$ [sec] 정상 전류의 63.2% 도달 시간

* R-C 직렬 회로 과도 전류

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-\frac{1}{RC}t} [A]$$

시정수 $\gamma = RC$ [sec] 전류의 36.8% 감소 소요 시간

* R-L-C 과도 현상 특성

$$R^2 > 4\frac{L}{C} \text{ (비진동 안정 = 진동 과도 현상)}$$

* R-L-C 직렬 회로 상태

- t = 0 : C 단락, L 개방
- t = ∞ : C 개방, L 단락

* 시정수 클수록, 과도 현상 오래 지속(천천히 소멸)

제어 공학 2

① 자동 제어 과도 응답 특성

- 지연 시간 : 출력이 입력의 50% 도달 시간
- 상승 시간 : " " 10~90% 도달 시간
- 정정 시간 : 응답이 허용오차 이내로 정착 시간
- 감쇠비 : 제 2 오버슈트 / 최대 오버슈트

$$* 2차지연 요소 \frac{f^2}{s^2 + 2\delta f s + f^2} \quad (\delta: \text{제동비})$$

$$* \text{공진 주파수} \quad \omega_p = f \sqrt{1 - 2\delta^2}$$

$$* \text{최대 오버슈트} \quad M_p = \frac{1}{2\sqrt{1 - \delta^2}}$$

$$* \text{최대 오버슈트 발생 시간} \quad t_p = \frac{\pi}{f \sqrt{1 - \delta^2}}$$

* 대역폭 넓을수록, 응답 속도 빠르고 안정

② 절점 주파수

- 실수부와 허수부의 일치 주파수
- 이득이 -3dB 에서의 주파수
- 보드 선도의 굴곡점

$$* \text{이득} \quad g = 20 \log_{10} |G(s)| \quad [dB]$$

$$* \text{이득 여유} \quad GM = 20 \log_{10} \frac{1}{|G(s)|} \quad [dB]$$

③ 특성 방정식 근

$$|SI - A| = 0$$

상태 방정식 전이 행렬

$$L^{-1} \{ |SI - A|^{-1} \}$$

$$* \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad-bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

제어 가능성 | B AB | ≠ 0

$$\text{관측 가능성} \quad |C \quad CA| \neq 0$$

④ 근궤적의 성질

- 실수축에 대해 대칭
- 극점 출발 ~ 영점 도착
- 근궤적의 계수는 최고 차수와 일치 (영점, 극점 중 큰 수)

$$* \text{근궤적 교차점} \quad A = \frac{\sum P - \sum Z}{P - Z}$$

* 분지점 (이탈점)

벡터 궤적

= 부모 궤호항 개수 만큼, 4분면 공간 교차

⑤ 제어 장치의 감도

$$S_K^r = \frac{K}{T} \frac{d}{dK} T \quad * \left[\frac{y}{x} \right]' = \frac{y x' - y' x}{x^2}$$

⑥ 제어계의 안정 조건

- * 보드선도 이득이 0[dB] 초과 위상(-180°)축을 일치시킬 때, 위상 곡선이 위에 있어야~
- * 이득 여유 4~12dB
- * 위상 여유 30~60°
- * (이득 여유 > 0) & (위상 여유 > 0)
- * 극점 모두가 s평면 좌반면에 있어야~
- * " " z평면상 단위원 안에 있어야~
- * Nyquist선도 시계 방향 경로 → 안쪽 진행 일때~
- " 반시계 " → 바깥쪽 "
- * 제동비 ($\delta > 1$) 과제동 일때

루트표에 의한 안정 조건

- 방정식 모든 차수 존재하고,
- 부호 일치하고, 부호 변환 없어야~
- 3차 특성 방정식에서는 (1,2차항 계수 > 0, 3차항 계수 > 0) 일때~

⑦ 시퀀스 제어계

$$E-OR \text{ 회로} \quad X = \overline{A} \overline{B} + \overline{A} B = A \oplus B$$

논리 대수

$$A + \overline{A} = 1 \quad A \overline{A} = 0$$

$$A + AB = A(1+B) = A$$

$$A + \overline{A}B = (A + \overline{A})(A + B) = A + B$$

⑧ 제어 시스템

- 개루프 - 간단 제어 구조
- 폐루프 - 복잡 구조, 오차 축소 (비교부 + 조절부 + 조작부)

제어 장치 종류

- 제어량 - 프로세스 - 공장, 온도, 압력
- 서보기구 - 기계적 변위, 위치, 각도, 자세
- 자동조정 - 전압, 전류, 주파수
- 목표값 - 정치제어 - 프로세스 제어, 자동조정
- 추치제어 - 비율, 추종
- 프로그램 제어 - 엘리베이터
- 조절부 동작
- 비례제어 - 오차 크고, 속도 느림
- 미분제어 - 속응성, 과도상태 개선 (진상보상) C앞-R뒤 진상기
- 적분제어 - 오차 제거, 정상상태 개선 (지상보상) L앞-R뒤 지상기

이상적 증폭기

- 입력 임피던스 크다
- 출력 임피던스 작다