

전력 공학 기초

< 실기 = 정의, 원인, 결과, 대책 >

- ① 전선의 구비 조건 # 전선의 굵기 선정
- 도전을 크고, 전류 잘 흘릴것 - 허용 전류 클것
 - 기계적 강도가 클것 - 전압 강하 적을것
 - 가벼워서 설치가 쉬울것 - 기계적 강도가 클것
 - 가격 경제성과 신뢰성 높을것

전선의 종류

- 연동선, 경동선 / ACSR(강심 알루미늄 연선)
- 연선수 (1, 7, 19, 37)

- ② 전선의 이도 (밀도로 내려온 길이)m

$$\text{이도} \quad D = \frac{WS^2}{8T} \times \text{안전률}$$

$$\text{전선실제길이} L = S + \frac{8D^2}{3S}$$

$$\text{전선평균높이} h = H - \frac{2}{3}D [m]$$

- ③ 애자의 구비 조건
- 절연 내력이 클 것 (누설 전류 적을 것)
 - 기계적 강도가 클 것
 - 정전 용량이 적을 것
 - 온도 변화와 습기에 잘 견딜 것

- ④ 애자권 보호 - 소호각(초호각, 아킹혼)
전선 진동 방지 - 스페이서 댐퍼, 아머로드
전선 단락 방지 - 철탑의 오프셋

- ⑤ 지중 전선으로 필요한 곳
- 공급 신뢰도가 중요한 구간
 - 대도시 미관 요구 구간
 - 송전 용량이 크게 요구되는 구간
 - 보안상 가공 전선로 설치불가 구간

지중 전선로 장점 <가공 전선로 대비>

- 전력 공급 신뢰도 높다 - 전자 유도 장애 경감
- 경과지 확보 용이 - 다회선 설치 용이

단점

- 고장시 복구 어려움 - 건설비가 비싸다
- 같은 굵기 도체일 경우, 송전 용량이 작다
- 신규 수용에 대한 탄력성 결여

- ⑥ 케이블 고장점 측정 방법
- 머레이 루프법 (휘스톤 브리지 평형원리 이용)
: 1선 지락, 선간 단락 사고시
 - 펄스 측정법 : 3선 단락, 지락 사고시
 - 정전 브리지법 : 단선 사고시

케이블 발생 손실 (도체손, 유전체손, 연피손)

- ⑦ 철탑의 종류
D형(인류) - A형(직선) - E형(내장) - B,C형(각도)

현수 애자 설치 개수 (250mm)

22	66	154	345	765kw
2	5	10	20	40개

현수 애자 섬락 전압 크기 순서
주수 < 건조 < 충격 < 유중

발전공학

- ① 화력 발전
- # 사이클 방식
카르노 - 랭킨 - 재생(급수가열) - 재열(증기가열)
 - # 발전 사이클
급수펌프 --- 보일러 --- 과열기 --- 터빈 --- 복수기 --- 급수펌프
↳ (급수가열기-절탄기-공기에열기)

$$\text{* 발전기 열효율} \eta = \frac{860P}{WC}$$

조속기 (터빈 발전기의 속도 자동 조절)
평속기 - 배압 밸브 - 서보모터 - 복원기구

- ② 원자력 발전
- # 원자로 핵심 구조 (제어봉+감속제+냉각제)
 - # 원자로 종류
 - 비등수형 (BWR) - 일본식, 방사능 누출 위험
 - 가압수형 (PWR) - 열 교환기

- ③ 수력 발전
- # 유량 곡선 (풍수량>평수량>저수량>갈수량)
 - # 수차의 종류 (고낙차 ~ 특유 속도는 반대)
펠턴 > 프란시스 > 사류 > 프러펠러, 카플란
위치 → 압력 에너지 전환 <흡출관>
 - # 조압 수조 (차동 서지 탱크 - 상승관)
 - # 캐비테이션 (기포 압력 → 수차 충격)

$$\text{* 유속 계산식} v = k\sqrt{19.6H}$$

$$\text{* 발전기 출력} P = 9.8QH$$

Δ-Y 결선의 단점

- 1차와 2차 선간 전압 사이에 30도의 위상차가 있다.
- 1상에 고장이 생기면 전원 공급 불가능

송 전 선 로 1

① 조상 설비 (전압 유지 무효 전력 공급)

- 전력용 콘덴서 - 진상
- 병렬(분로) 리액터 - 지상
- 동기 조상기 (역률 개선 무부하 전동기) - 진지상
- SVC (정지형 무효 전력 보시기) - 진지상

직렬 리액터 - 고조파 제거

- 병렬 " - 페란티 현상 방지
- 소호 " - 지락 전류 제거
- 한류 " - 단락 전류 제한
- 직렬 콘덴서 - 계통 안정도 향상
- 병렬 " - 수전단 역률 개선

② 페란티 현상

- 정의: 경부하, 무부하시 수전단 전압이 송전단 전압보다 높아지는 현상
- 원인: 선로의 대지 정전 용량으로 인한 진상 무효 전력의 영향 때문
- 대책: 분로 리액터 지상 무효 전력 공급, 동기 조상기 저역자 운전 공급

③ 전력 계통 연계

- # 장점 - 계통 전체 설비 용량 감소, 경제적 계통 운용, 계통의 공급 신뢰도 향상 안정
- # 단점 - 한 계통 사고의 확대 가능성, 리액턴스 감소, 단락 전류 증가, 통신선 유도 장애 증가

④ 직류 전송

- # 장점 - 전력 손실 적다, 비동기 주파수 계통간 연계 가능, 리액턴스가 없어 안정도가 높다, 절연 비용을 낮출 수 있다
- # 단점 - 송입, 강입이 곤란하다, 변환 장치 설치 비용이 높다, 고조파 제거 장치 필요, 고장 전류 차단이 어렵다

⑤ 송전 선로의 연가 (Transposition)

- 각 상의 임피던스 평형
- 유도 장애 감소
- 소호 리액터의 직렬 공진 방지
- 비접지 중성점 잔류 전압 제거

⑥ 전자 유도 장애 저감 대책

$$\text{유도 전압 } E = 3\omega MII$$

<전자 유도 전압 억제 - 영상 전류가 원인>

전력선 측

- 이격 거리 멀게
- 지중 선로화
- 고장 회선 신속 차단
- 소호리액터 접지방식
- 연가 / 차폐선 설치

통신선 측

- 절연 성능 강화
- 절연 변압기 설치
- 전력선과 수직교차
- " 병행 길이 단축
- 고성능 피뢰기 설치

① 다도체 용량식 (154kV-2도체 / 345-4 / 765-6)

$$L = \frac{0.05}{n} + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{\sqrt{rS^{n-1}}} [mH/km]$$

$$C = 0.02413 / \log_{10} \frac{D}{\sqrt{rS^{n-1}}} [\mu F/km]$$

다도체의 장점

- L 감소 + C 증가
- 코로나 방지 (임계 전압 상승)
- 송전 용량 증가

$$\text{무손실 송전용량 } P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \theta$$

$$\left[\log_{10} \frac{D}{r} = \frac{Z_0}{138} \right]$$

② 3상 전선로 1선당 충전 전류

$$I = \omega (3 \times \text{선간 } C + \text{대지 } C) \frac{\text{선간 } V}{\sqrt{3}} [A]$$

3상 충전 용량 $Q = \omega C V^2 [VA]$

→ 페란티 방지 위한, 분로 리액터 용량 추산

③ 코로나 현상

- 정의: 송전 선로에 일정이상 계통전압 가해졌을 때 선로 주변 공기 절연 파괴로, 방전하는 현상
- 파열 극한전위 경도 - 직류 30 / 교류 21[kV/cm]
- 코로나 임계전압 (표면계수, 날씨, 공기밀도 영향)
- 결과
 - ~ 전력 손실 발생, 고조파 발생, 전자 유도 장애
 - ~ 전선 부식으로 전선 수명 단축
- 대책 ~ 굵은선, 다도체 사용, ~ 표면을 매끄럽게 관리, ~ 가선 금구 개량

④ 중성점 접지 목적

- 1선 지락시 건전상의 대지 전위 상승 억제
- 보호 계전기 신속 정확한 동작
- 지락 아크 소멸, 이상 전압 방지
- 전선로, 기기의 절연 레벨 경감

변압기 중성점 접지 방식 비교

	비 접지 (Δ 결선)	직접 접지 (Y 결선)	소호리액터 (병렬 공진)	고저항 접지
- 임피던스	무한대	0	jX	R
- 전위 상승	1.7 배	1.3이하	최대	1.7배
- 지락 전류	小	大	小	小
- 유도 장애	小	大	小小	小
- 보호계전기	X	작동확실	X	X
- 과도안정도	-	bad	good	-

⑤ 계통 안정도 향상 대책

- 전력 계통 송입
- 계통의 직렬 리액턴스 감소 (복도체 채용, 병행 회선수 증가, 직렬 콘덴서 설치)
- 전압 변동 억제 (속응 여자 방식 채용, 계통 연계)
- 중간 조상 방식 채용, 단락비 큰 발전기 사용
- 고장 전류 줄이고, 고장 구간 신속 차단
- 고장시 발전기 인출력 불평형 해소

송 전 선 로 2

① 단거리 < R과 L만의 집중 정수 회로 >

② 중거리 < RLC 직병렬 집중 정수 회로 >
T형 등가회로 matrix π형 등가회로 matrix

$$\begin{pmatrix} 1 + \frac{ZY}{2} & 1 + \frac{ZY}{4} \\ Y & 1 + \frac{ZY}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 + \frac{ZY}{2} & Z \\ 1 + \frac{ZY}{4} & 1 + \frac{ZY}{2} \end{pmatrix}$$

③ 장거리 < RLCG 분포 정수 회로 >

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

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

= 감쇠정수 + j위상정수 = \sqrt{LC}

$$* \text{무왜형조건 } LG = RC$$

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

④ 4단자 송수전단 ABCD 정의 matrix

$$\begin{pmatrix} \text{전압비} & \text{전달 임피던스} \\ \text{전달 어드미턴스} & \text{전류비} \end{pmatrix}$$

⑤ 3상 3선식 송전 선로

$$* \text{전압강하율} = \frac{\text{전압강하}}{V_r} = \frac{V_s - V_r}{V_r}$$

$$= \frac{\sqrt{3} I (R \cos\theta + X \sin\theta)}{V_r} = \frac{P}{V_r^2} (R + X \tan\theta)$$

$$* \text{전압변동율 } \delta = \frac{\text{부부하시 } V_r - \text{전부하시 } V_r}{\text{전부하시 } V_r}$$

$$* \text{전력손실 } P_l = 3I^2 R = \frac{P^2 R}{V^2 \cos^2\theta}$$

송압시 장점 - 전력 손실 감소
" 단점 - 절연비용 증가+코로나 발생 우려

⑥ 송전 용량 계산법

$$* \text{송전 용량 계수법 } P = k \frac{V^2}{l}$$

$$* \text{Alfred-Still 식 } V = 5.5 \sqrt{0.6l + \frac{P}{100}} [kw]$$

(경제적 송전 전압 결정)

변압기 Δ-Δ 결선 방식

- 장점

- ~ 1대가 고장나면, 나머지 2대로 V결선 사용 가능
- ~ 3고조파 전류가 Δ 결선에 순환하므로, 정현파 교류 전압을 유지하여, 기전력 파형이 왜곡되지 않음
- ~ 각 변압기의 상전류가 선전류의 $1/\sqrt{3}$ 이 되어 대전류에 적합

① 피뢰기(LA) <직렬결 + 특성요소 + 1종 접지>

- 구비 조건

- ~ 충격 개시 전압 낮을것
- ~ 방전 내량 크면서, 제한 전압 낮을것
- ~ 상용 주파 방전 개시 전압 높을것
- ~ 속류 차단 능력 충분할것
- 정격 전압 = 속류 차단 가능 교류 최고 전압
- 제한 전압 = 피뢰기 방전중 단자 전압의 파고값
- 속류 = 방전 종료후 피뢰기 쪽으로 흐르는 전류

② 절연 협조

- 계통의 기계, 기구의 경제적 합리적 절연 설계

절연 강도

(피뢰기 < 변압기 < 차단기 부싱 < 선로애자)

③ 가공 지선 (ACSR 전선 사용)

- 설각 사고 방지
- 차폐각 작게 설치
- 전자 유도 장애 경감

역섬락

- 절탑의 접지 저항 높아, 송전 선로 방전
- 매설 지선 설치 → 탑각 접지 저항 감소

④ 3상 단락 사고 계산

$$\% \text{임피던스 } \%Z = \frac{PZ}{10V^2}$$

$$\text{단락전류 } I = \frac{100}{\%Z} \frac{P}{\sqrt{3}V} \quad \text{단락용량 } P = \frac{100}{\%Z} P_n$$

#사고/전류	영상	정상	역상
1,2선 지락	O	O	O V≠0
선간 단락	X	O	O
3상 단락	X	O	X V=0

⑤ 대칭 좌표법 (불평형 사고 계산)

- 3상 전원 matrix - 대칭 성분 matrix

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

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

⑥ 변이점

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

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

- 단점

- ~ 중성점 접지할수 없어, 지락 사고 검출 곤란
- ~ 권수비 다른 변압기를 결선하면, 순환 전류가 흐름
- ~ 각 상의 임피던스가 다를 경우, 3상 부하가 평형이 되어도, 변압기의 부하 전류는 불평형이 된다.

배 전 선 로

(급전선 -<궤전점>- 간선 - 분기선)

① 종 류

방사상 (가지식)

- 선로가 간단, 건설비 싸다
- 전압 강하, 전력 손실 크다
- 사고 정전 범위 커서, 공급 신뢰도 낮다

저압 배킹 방식 (부하밀집 시가지+구분 개폐기)

- 전압 변동, 전력 손실 경감
- 변압기 용량 저감
- 캐스캐이딩 장애 가능성 (저압선 고장에 의해, 건전한 변압기의 일부, 전부가 차단되는 현상)

저압 네트워크 방식

- 무정전 공급 가능, 공급 신뢰도 가장 우수
- 플리커, 전압 변동, 전력 손실 감소
- 공사비 많이 들고, 네트워크 프로텍터 필요 (저압용 차단기+전력방향 계전기+퓨즈)

② 플리커 경감 대책 (전압 변동으로 조명깜빡임)

전원 측

- 전용선 공급
- 단락 용량 큰계통 연계
- 승압, 승압기 사용

수용가 측

- 굵은 배전선 사용
- 직렬 콘덴서 설치
- 직렬 리액터 "

③ 고조파 억제 대책

- 변압기 Δ 결선 채용 (3고조파)
- 직렬 리액터 설치 (5고조파)
- 고조파 제어 필터 채용
- 무효 전력 보상 장치 채용

④ 배전 계통 손실 경감 대책

- 배전 전압의 승압, 역률 개선
- 적정 배전 방식 채택 (네트워크식)
- 변전소, 변압기 적정 배치 (변압기 손실 경감)

개 폐 기

① 개폐 저항기 = 개폐서지, 이상전압 억제

② 차단기(CB)

- OCB (유입차단기) - 화재 우려
- ABB (공기 ") - 소음
- VCB (진공 ") - 소용량-서지흡수기(SA)
- MBB (자기 ")
- ACB (기중 ") - 공기 저압용
- GCB (가스차단기) - SF₆ 가스
 - ~ 소음 없고, 무색 무취 무독성
 - ~ 차단 성능 우수, 강력한 소호 작용
 - ~ GIS(가스절연 개폐장치) 금속제 밀폐 소형화

③ 단로기(DS) - 무부하시 개폐 가능 <인터록>

④ 전력퓨즈(PF) - 단락 전류와 같은 큰 전류 차단

장점

- 소형으로 큰 차단
- 고속도 차단
- 한류 특성
- 정전 용량 적다

단점

- 재투입 불가
- 계전기 처럼 시한 특성 없다
- 과도 전류로 용단되기 쉽다
- 비보호 영역 있으며, 사용중 열화하여 결상하기 쉽다

⑤ 전기 방식 비교

1선당 전력비	소요전선비
- 1상2선식	1.0
- 1상3선식 (밸런서 要)	1.33
- 3상3선식	1.15
- 3상4선식 (한국 채용)	1.5

⑥ 변압기 용량 산출식

$$= \frac{\text{설비용량} \times \text{수용률}}{\cos\theta \times \text{부동률}}$$

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용능력}}{\text{설비용량}}$$

$$\text{부하율} = \frac{\text{평균수용전력}}{\text{최대수용전력}}$$

$$\text{부동률} = \frac{\text{각부하의최대전력합}}{\text{합성최대전력}}$$

⑦ 역률 개선용 콘덴서 용량

$$Q = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)$$

$$= P\left(\frac{\sqrt{1 - \cos^2\theta_1}}{\cos\theta_1} - \frac{\sqrt{1 - \cos^2\theta_2}}{\cos\theta_2}\right)$$

배전 선로 보호 방식

(변전소 - 리클로저 - 섹셔널라이저 - 퓨즈)
<자동 재폐로 차단기> <구분 개폐기>

- # 모선 전압 조정 - 유도 전압 조정기
- # 선로 전압 조정 - 직렬 콘덴서, 승압기
- # 발전소 변전소 모선 보호 방식 (전류 / 전압 / 위상 / 방향 차동 계전)

보호 계전기

① 용도에 따른 종류

- OCR (과전류 계전기)
- OVR (과전압 ")
- LVR (부족전압 ")
- GR (지락접지 ") - DSR (방향단락 ")
- SGR (선택지락 ") - DZR (방향거리 ")
- ZCT(영상변류기)+GR : 비접지 선로 지락 검출
- GPT(접지형 계기형 변압기)+GR : Y-Δ 결선
- MOF(전력 수급용 계기용 변성기) = PT+CT

② 계통에 따른 종류

- 비일 차동 계전기 (발전기, 변압기, 모선 보호 - 1,2 전류차)
- 거리 계전기 (송전 선로 보호 - 전압 전류비, 위상차)

송전 선로

방사상 선로보호	1단	양단
환상	OCR	OCR + DSR
"	DSR	DZR

변류비 = 최대 부하 전류 / 5