

제2장 가공 송전 선로

구분	분류	no.	문제	회수	배점
가공 송전 선로	염해대책	1	해안가에서 염해로 인한 배전선로 불시정전이 빈번히 발생하고 있다. 아래 사항에 대해 설명하시오 1) 염해 정전발생 과정 및 염해 정전의 특징 2) 염해대책 설계시 내오손 기준 적용 및 선로 경과지 선정 방법 3) 시공 방법 및 유의 사항	93	25
	경과지선정	2	가공송전선로의 경과지선정을 위한 설계측량업무의 흐름도를 작성하고 예비답사, 본답사 방법과 경과지선정을 위한 기본조건을 기술하시오.	87	25
	이도	3	경간이 300[m]일 때 측정된 이도가 9[m]이었다. 이도를 10[m]로 하려면 추가적으로 소요되는 전선의 길이[m]를 계산하시오.	87	10
	송전용량	4	우리나라 송전선로의 ①송전전압과 가공선의 종류에 따라 1회선당 전력 공급허용용량[MW]과 ②발전소 연결시 전압별 용량선정에 대해서 표로 작 성하여 답하시오.	87	10
	송전용량	5	가공선로의 송전용량 증대방안을 열거하고, 그 중 신도체방식의 종류와 효과에 대하여 설명하시오.	86	10
	오프셋	6	가공 및 지중전선로에 사용되는 오프-셋(off-set)의 의미를 각각 구분하 여 설명하시오.	86	10
	애자청소	7	활선 애자 청소장치(Hot Line Washing System)에 대하여 설명하시오.	84	10
	전선로	8	초내열 인바심 알루미늄 합금연선(STACIR)의 특징을 설명하시오.	83	10
	가선공사	9	ACSR전선의 송전선로 가선공사 중에 발생하는 전선벌어짐현상(Bird Cage)의 원인과 대책에 대하여 기술하시오.	78	10
	갤러핑	10	가공송전선로에서 갤러핑(galloping)현상에 대하여 설명하고, 갤러핑 발 생의 원인을 열거 하시오.	75	10
	애자조건	11	송전선로용 애자가 구비해야 할 일반적인 요건과 애자의 종류를 쓰시오.	78	10
	송전손실	12	초고압 가공 송전선로의 송전 손실에 대하여 기술하시오.	72	10
	애자조건	13	교류용 애자에 비해 직류용 애자 선정시 유의해야 할 특성 3가지를 그 이유와 함께 기술하시오.	72	10
	하중경간	14	가공 송전선로 지지물에서 하중경간의 종류와 특징에 대하여 설명하시오	72	10
	진동현상	15	가공 송전선로에서 바람으로 발생하는 진동현상의 종류와 방지대책에 대 하여 설명하시오.	72	25
	오프셋	16	가공 송전철탄에서의 오프셋(off-set)와 지중 송전케이블에서의 오프셋 에 대한 차이점을 설명하시오.	72	25
	철탄	17	철탄의 설계시 설계과정을 간단히 설명하고 철탄의 종류를 强度上 분류 하시오.	66	25
	애자비교	18	최근 국내 배전선로에 자주 사용되고 있는 배전용 폴리머애자와 기존의 자기애자의 장단점을 비교하여 설명하시오.	65	25
	트래킹	19	폴리머 애자에서 Tracking 현상이란 무엇인지 설명하시오.	61	10
	전선로	20	가공 송전선 철탄에 적용할 수 있는 철탄 기초의 종류와 장.단점을 설명 하시오.	63	25
	역섬락	21	송전선로에서 발생하는 역섬락(逆閃絡)에 대하여 설명하시오.	61	10
	미풍진동	22	가공지선의 미풍진동현상에 대해 설명하고 그 대책에 관해 논하시오	59	25
	켈빈법칙	23	전선의 경제적인 굵기를 결정하는 켈빈의 법칙을 설명하시오	56	25
	철탄형상	24	345 ⁿ (n=kV) 2회선 현수철탄의 형상(Configuration) 결정에 있어서 검토 해야 할 주요 사항에 대하여 기술하라.	48	25
	진동현상	25	가공송전선의 진동과 그 대책에 대하여 기술하시오.	44	25

[켈빈의 법칙]	
1. 개요	건설 후에 전선의 단위 길이를 기준으로 해서 여기서 1년간에 잃게 되는 손실 전력량의 금액과 건설시 구입한 단위 길이의 전선비에 대한 이자와 상각비를 가산한 연경비가 같게 되게끔 하는 굵기가 가장 경제적인 전선의 굵기로 된다.
2. 관련식	<p>M : 전선 1Kg의 가격[원]</p> <p>N : 1년간의 전력량(KW 년)요금[원]</p> <p>P : 1년간의 이자와 상각비의 합계(소수 표시)</p> <p>A : 전선의 굵기[mm²]</p> <p>σ : 가장 경제적인 전류밀도[A/mm²]</p> <p>라고 하고 가령 ACSR를 사용할 경우에는 ACSR의 무게가 $2.7 \cdot 10^{-3}$ [Kg/m-mm²], 저항율은 $1/35$ [Ω/m-mm²] 이므로</p> <p>$(\sigma A)^2 \cdot (1/35A) \cdot 10^{-3} \cdot N = 2.7 \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot MP$</p> <p>그러므로 $\sigma \approx \sqrt{\{(2.7 \cdot 35MP) / N\}}$ [A/mm²]</p> <p>한편 $I = \sigma A$ 이므로 $A = I / \sigma = P / \sigma \sqrt{3} V \cos\theta$</p>
3. 결론	전선의 가격이 M이 비쌀수록, 이자라든가 상각비가 P가 클수록, 그리고 전력요금 N이 쌀수록 전류밀도 σ 는 커지고 전선의 굵기 A는 그만큼 가늘어 질것이다.
[경간이 300[m]일 때 측정한 이도가 9[m]이었다. 이도를 10[m]로 하려면 추가적으로 소요되는 전선의 길이[m]를 계산하시오]	
	$D = W S^2 / 8 T$ $L = S + (8 D^2 / 3 S)$ D : 이도[m], W : 전선의 중량[Kg/m] S : 경간[m] T : 전선의 수평장력[Kg] L:전선길이 $L_1 = S_1 + (8 D_1^2 / 3 S_1)$ $L_1 = 300 + (8 \cdot 9^2 / 3 \cdot 300) = 300.72[m]$ $L_2 = 300 + (8 \cdot 10^2 / 3 \cdot 300) = 300.89[m]$ 추가로 필요한 전선의 길이는 $300.89 - 300.72 = 0.17[m]$
[염해 대책]	
1. 개요	우리나라는 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 또한 다량의 냉각수를 바닷물을 이용하고 있는 관계로 발전소 입지가 해안 근처로 염분에 의한 사고 발생 빈도가 높다. 이는 주로 해수에 의하여 대기 중에 부유하는 염분입자가 전기시설물에 부착하여 발생하는 현상이다.
2. 염분에 따른 애자류 침락현상 과정	애자표면에 염분 오손물 부착→애자표면의 습윤상태→표면의 누설전류 증가→ Dry Belt 형성

	→부분 섬락→전면 섬락
3. 섬락을 좌우하는 인자	
1) 등가 영분 부착 밀도	영분 부착 밀도[mg/cm ²]가 클수록 섬락전압은 낮아진다.
2) 누설거리	애자단자간 표면을 켜 길이가 길수록 오손시 내전압치는 높아진다.
3) 평균직경	$D = S / (\pi * L)$ 단, S:애자의 전표면적[mm ²] L:누설거리[mm] 평균직경이 클수록 오손시 내전압 값은 낮아진다.
4. 영분등 오손에 따른 열화 종류	
1) 트래킹 현상	애자 표면에 전계가 가해져 절연물의 옆면 방향으로 열화도전로가 형성되는 것 누설전류→미소방전→탄화물형성→절연파괴로 인한 지락사고 발생
2) 애로전	누설전류→미소방전→장시간 오손, 습윤으로 전연물표면침식→절연파괴로 인한 지락사고 발
5. 가공배전설비의 영해 대책	
1) 절연 길이의 강화(과절연)	(1) 고정부분의 고압내장 애자의 개편화 (2) 통과부의 누설길이 큰 고압중실애자 사용 (3) 부상류에 깊은 홈타입 사용
2) 차폐	(1) 내염판과 같은 염풍차폐 시설(차폐효과, 누설거리 증가 효과) (2) 애자표면에 실리콘그리스를 1~2mm 도포
3) 세정	(1) 제트 활선 세정법 : 수동 세정법으로 가격 저렴 (2) 고정 스프레이 세정법
4) 재질의 강화	(1) 탄소전로의 발생을 저지하는 충전제 사용 (2) 내염 고압핀애자 사용 (3) 주상변압기에 심구형의 내염용 부상 사용 (4) 내 트래킹성의 폴리에틸렌 절연전선 사용
5) 밀폐	(1) 주요 변전기기를 철제속에 수용하고 SF ₆ 가스의 충전 밀폐화 (2) GIS 및 옥내화, 선로의 지중화
6. 경과지선정시 유의점	
	과거의 영해실적, 영분부착량 측정, 지형등을 참고하여 중오염 지구(해안에서 약 3~10km이내), 경오염 지구(해안에서 약 20km 이상) 등을 설정하여 대책을 강구하고 경과지 선정

[가공 및 지중전선로에 사용되는 오프-셋(off-set)의 의미를 각각 구분하여 설명하시오]

1. 가공선로의 OFF-SET

1) 개요

전선을 수직으로 배치할 경우에 상, 중, 하 선 상호간의 수평 거리

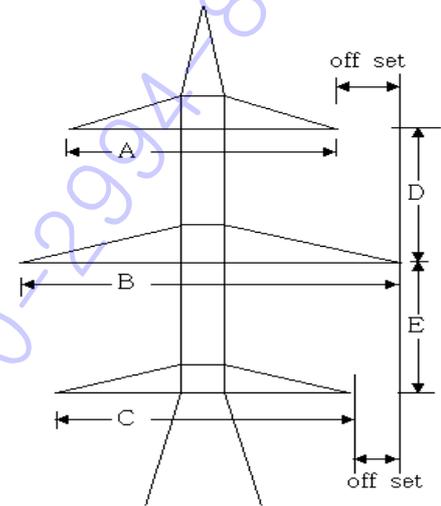
2) 목적

착빙설로 인한 전선의 처짐 또는 빙설이 탈락시 그 반동으로 전선이 점핑하거나 갠업핑 현상등에 의한 선간 섬락 사고 방지

3) 보통 선로의 선간전압에 대한 사용주파 방전개시 봉 간격의 1.5~2배 정도를 취한다.

4) 현재 적용 OFF-SET

지역	기호 전압	A	B	C	D	E	비고
다설지구	154kV	8,000	14,100	10,300	4,900	3,900	강릉태백지구
보통지구	"	7,000	9,200	7,200	4,200	3,600	다설지구 제외 지역



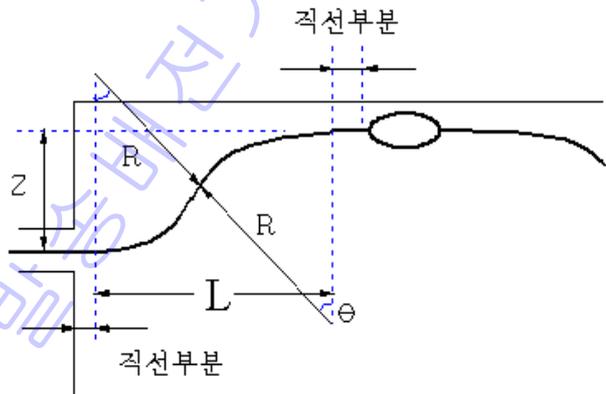
2. 지중선로의 OFF-SET

1) 개요

케이블은 주위 온도, 부하에 변화에 따라 수축, 팽창을 하게 되며, 이 열신축(熱伸縮)으로 케이블의 금속씨스, 접속함의 연공부, 절연체 등에 피로가 가중되어 손상을 일으킬 수 있다. 이에 대한 대책으로 케이블의 신축량을 곡률변화에 의해 흡수되도록 맨홀내에서 관로구로부터 접속부에 이르는 케이블을 곡선 형태로 설치하는 것을 off-set이라고 한다

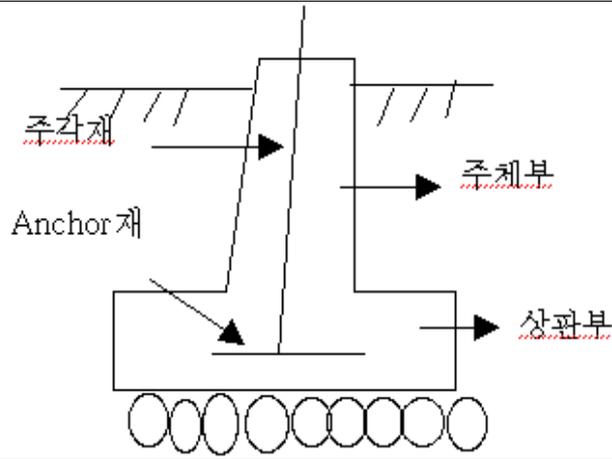
2) 개요도

off-set는 아래 그림에서와 같이 off-set 폭과 Off-set 길이의 2개의 요소로 이루어지며, 맨홀의 관로구면과 바닥면에 투영된 길이를 각각 말한다.



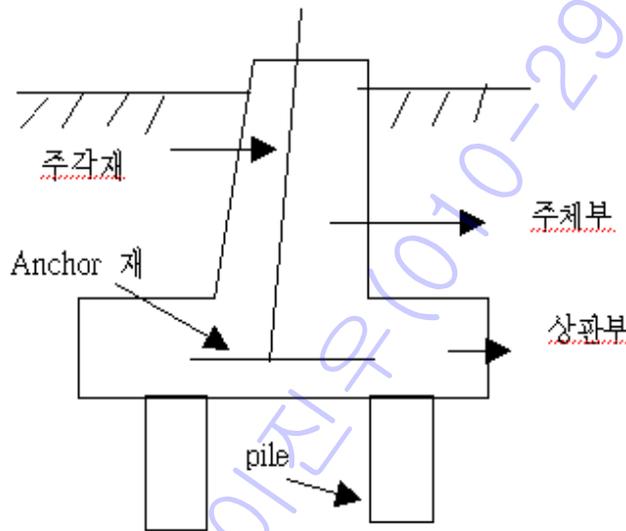
L : Off-Set 길이 Z : Off-Set 폭
R : 케이블의 곡률반경

[가공송전선로의 경과지선정을 위한 설계측량업무의 흐름도를 작성하고 예비답사, 본답사방법과 경과지선정을 위한 기본조건을 기술하시오]	
1. 설계측량업무 순서	
1) 측량답사	
	송전선로 경과지 선정을 위하여 지도상에 선정한 2~3개의 예정 경과지를 현지 답사하는 것을 말한다.
(1) 도상 계획	
	예정 경과지를 총체적으로 파악하기 위하여 먼저 지도(축적 1/25,000 ~ 1/50,000)등에 의 송수전단을 송전선로 건설이 가능한 단거리로 연결하여 보고 송전선 건설에 지장이 되는 곳을 피하여 예비답사를 필요로 하는 범위를 결정한다.
(2) 예비 답사	
	도상으로 선정한 2 ~ 3개의 계획된 경과지를 현지 지형지물과 지형도, 도시계획도 등과 비교 확인하고 현지를 답사한 후 종합개요, 특기사항, 주요경과지 등에 대하여 비교 검토하여 본답사를 위한 1개의 경과지를 선정한다.
(3) 본 답사	
	예비답사에 의하여 결정된 경과지에 대하여 민원발생가능성, 부식성 gas, 눈사태, 산사태, 착설, 착빙, 통신선 유도장애, Corona장애 및 하천횡단 등을 면밀히 조사하여야 하며 수평각도, 고저차, 경간 등이 큰 개소는 설계조건에 타당성 여부를 검토하는 등 측량을 위한 사전 준비작업을 병행한다
2) GIS 이용 경과지 선정	
	송전선로 길이 10km 이상의 경과지선정 또는 2km 이상의 경과지 변경에는 GIS(Geographic Information System)를 이용한 경과지 조사를 시행한다
(1) 건설계획확인 및 현지개황 조사	
(2) 광역 데이터베이스 구축	
(3) 후보경과대역(zone) 선정(GIS분석 I) 및 답사	
(4) 최적경과대역 선정	
(5) 상세역 데이터베이스 구축	
(6) 최적 경과지 선정 (GIS분석 II)	
(7) 가중단도 작성 및 검토 (GIS분석 III)	
(8) 경관영향 평가 및 경과지 답사	
(9) 최적경과지 확정	
3) 중심 측량	
	중심측량은 본답사시에 결정된 경과지에 대하여 중심선을 설정하는 것으로, 타공작물과 접근개소에 대하여 설계기준의 한도에 근접한 개소는 수평 및 이격거리를 실측하고, 지지물의 중심점의 전후 약 15m위치, 지형굴곡이 심한 개소, 수목 밀집지역, 타공작물의 횡단위치, 산복측량 또는 선하중단측량을 필요로 하는 개소 등의 선로중심선에 작은 말뚝을 설치한다. 이미 결정된 선로 중심선의 일부에 상황변화에 따라 재측량을 필요로 하는 장소는 중심선을 수정하고 중심측량의 결과는 축적 1/50,000, 1/25,000 또는 1/5,000 지도에 경과지를 기입한다
4) 종단측량	
	송전선로의 종단도면 작성을 위한 측량으로 중심종단측량, 선하중단측량이 있고 선하중단에 부수하여 산복측량을 한다.
5) 평면 측량	



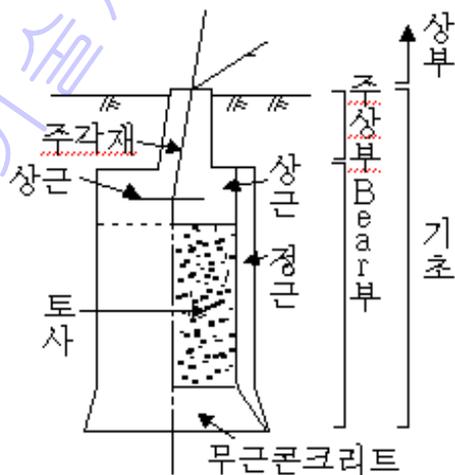
2) 말뚝기초

주로 말뚝하중을 지반에 전달하는 구조물로서 이미 제작된 말뚝기초 또는 현장타설 콘크리트 말뚝기초 등을 말한다.



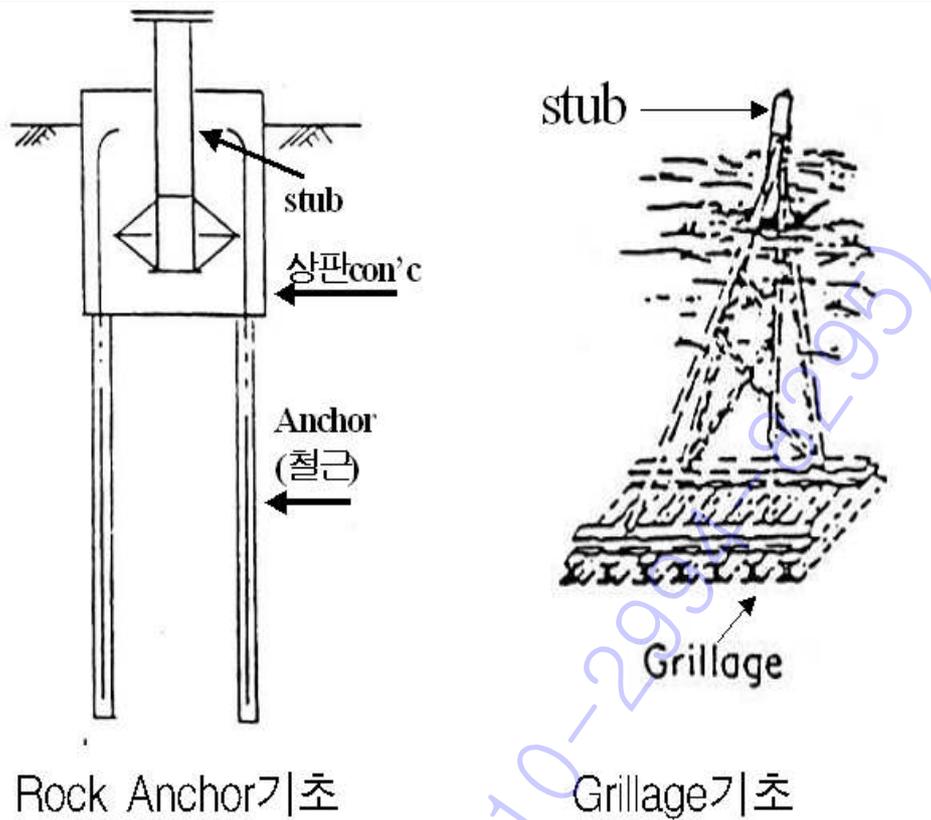
3) Pier기초

Pier(기둥,교각) 등에 의해 하중을 지반에 전달하는 구조물로서 심형기초, 정통기초 등을 말한다



4) Anchor 기초

Anchor 및 Grillage에 의해 하중을 전달하는 구조물로 Grillage 기초 및 Rock anchor 기초 등을 말한다. 기초의 종류 선정은 상부구조의 하중조건, 지반특성, 부지상황, 시공성 및 기초의 설치로 인하여 인접지역에 미치게 될 영향 등을 종합적으로 고려하여 선정한다.



2. 장단점

구분	역T형기초	심형기초	현장타설 말뚝기초
장점	<ul style="list-style-type: none"> ▷시공이 비교적 단순 ▷지반상태, 지층이 육안 확인이 가능하므로 신뢰성이 높다. ▷154/345kV산악지 철탑 기초에 대부분 채택하여 시공경험이 많다. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷사용장비가 적고 간편한 공법 ▷굴착면이 좁아 산림훼손면적이 작다 ▷산악경사지에 유리 ▷큰 설계하중 (인발력, 압축력)에 적합한 구조물 ▷주각재 정착설계 및 수평지지력 등 많은 연구를 통해 얻은 공식 전용으로 신뢰성이 높다. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷인발저항력이 크다 ▷시공속도가 빠르고 토지조건에 관계없이 시공가능 ▷말뚝길이 조절이 간단
단점	<ul style="list-style-type: none"> ▷설계하중이 작은곳에 채택 ▷산림훼손 면적이 크다. ▷기초의뒤에무기상태에따라 신뢰성평가 ▷지반상태에 영향을 받음 ▷소규모 철탑에 적용 ▷경사면의 영향을 많이 받음 ▷상판폭이 7m이상 되면 시공 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> ▷용수 및 지하수위가 높은 지층에서는 시공 불가 ▷시공속도가 느리고 숙련 작업 필요 ▷안전관리에 주의 필요 ▷굴착장비 개발 필요 ▷연암 및 경암등의 경질암에서의 발파로 인한 시공 속도 저하 ▷굴착고가 큰 경우 작업자를 위한 환기장치 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ▷대형 장비 및 넓은 작업장 필요 ▷말뚝 시공 품질관리 필요

[철탑의 설계시 설계과정을 간단히 설명하고 철탑의 종류를 强度上 분류하시오.]

1. 철탑 설계 과정

1) Clearance Diagram

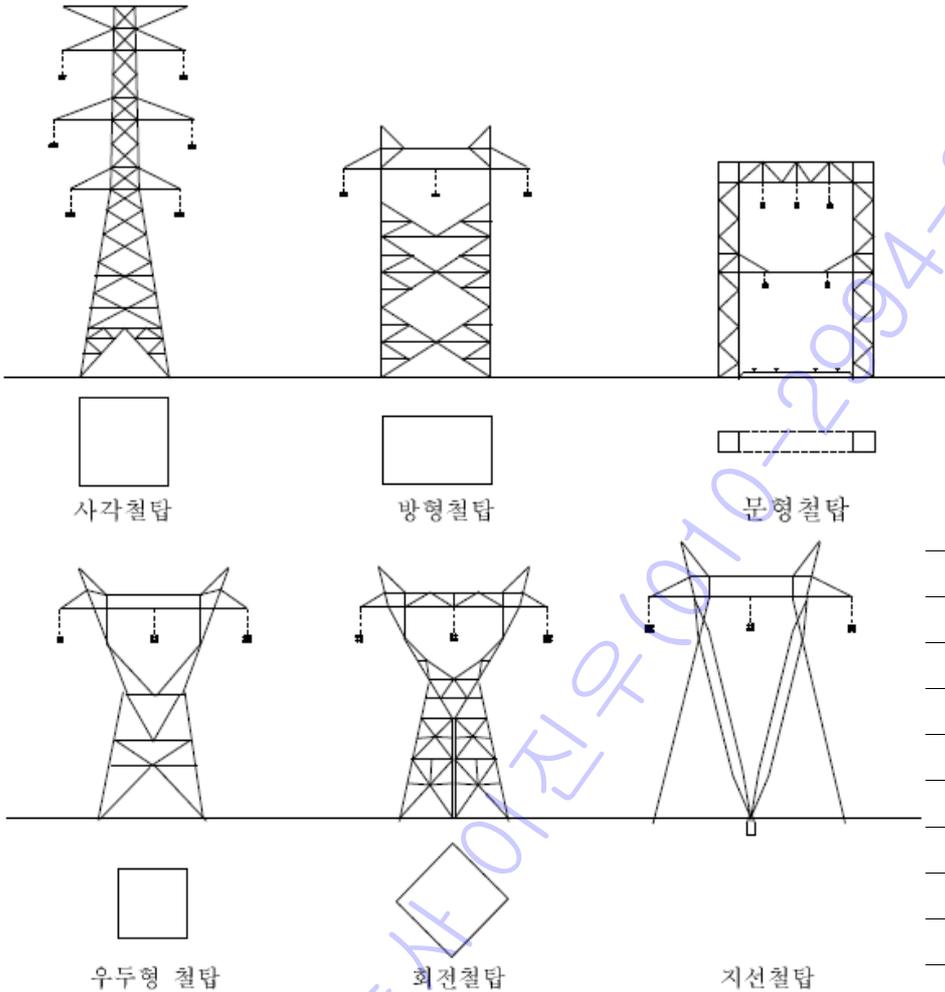
(1) 전선이나 애자런이 바람에 의해 횡진하게 될때 각 절연간격과 풍속 조건을 조합하여 전선과 지지물이 유지하여야 할 여유거리 즉, 절연간격을 Clearance라한다.

(2) 이 절연간격을 그림으로 나타낸것을 Clearance Diagram이라 하며 이 Diagram에 의해

	철탑 아암의 수직, 수평 간격을 검토한다.																												
(3)	Clearance Diagram을 그릴 때느 전선과 철탑간의 절연간격, 바람에 의한 횡진각, 애자련의 길이, 전선의 수평각도, 안전거리, 커티너리각에 의한 영향, 현수 애자 장치 가동부 길이, 부재 폭에 의한 영향 등을 고려 하여야 한다.																												
2. 전선 이격 거리																													
(1) 전선-지지물																													
ㄱ.	(대지) 표준 절연 간격 : 애자련의 절연강도와 같은 값, 상정한 과전압에 대하여 섬락이 일어나지 않도록 도체 중심점, 또는 실드링 중심점으로부터 지지물 돌출부간에 유지 하여야 할 절연 거리, 아킹흔 유무에 따라 다름																												
ㄴ.	최소 간격 : 내뢰(개폐서지)에 대한 기준, 상정한 과전압에 대하여 섬락이 생기지 않도록 도체 최외측, 또는 실드링 최외측으로부터 돌출부간에 유지 하여야 할 절연거리																												
ㄷ.	154kv 애자 장치 횡진각																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">구 분</th> <th>상 시</th> <th>이상시</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">횡진각</td> <td>현수장치</td> <td>20°</td> <td>60°</td> </tr> <tr> <td>내장장치</td> <td>15°</td> <td>40°</td> </tr> <tr> <td colspan="2">적용 절연간격</td> <td>표준절연간격</td> <td>최소절연간격</td> </tr> </tbody> </table>	구 분		상 시	이상시	횡진각	현수장치	20°	60°	내장장치	15°	40°	적용 절연간격		표준절연간격	최소절연간격													
구 분		상 시	이상시																										
횡진각	현수장치	20°	60°																										
	내장장치	15°	40°																										
적용 절연간격		표준절연간격	최소절연간격																										
ㄸ.	154kv 공기 절연 간격																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>표준절연간격</th> <th>최소절연간격</th> <th>이상시 절연간격</th> <th>점피선-아암 간격</th> <th>아킹흔 간격</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,400[mm]</td> <td>900[mm]</td> <td>390[mm]</td> <td>$1400 \times 1.2 = 1650$ [mm]</td> <td>1120[mm]</td> </tr> </tbody> </table>	표준절연간격	최소절연간격	이상시 절연간격	점피선-아암 간격	아킹흔 간격	1,400[mm]	900[mm]	390[mm]	$1400 \times 1.2 = 1650$ [mm]	1120[mm]																		
표준절연간격	최소절연간격	이상시 절연간격	점피선-아암 간격	아킹흔 간격																									
1,400[mm]	900[mm]	390[mm]	$1400 \times 1.2 = 1650$ [mm]	1120[mm]																									
(2) 전선과 지지물간의 절연 간격(공기 절연 간격)																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">공칭전압</th> <th colspan="3">전선과 철탑과의 절연간격</th> <th rowspan="2">내장장치의 경우 점피선과 아암과의 간격</th> </tr> <tr> <th>표 준 풍속 10[m/s]</th> <th>최 소 풍속 20[m/s]</th> <th>이 상 시</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>66[kV]</td> <td>650[mm]</td> <td>400[mm]</td> <td>170[mm]</td> <td>$650 \times 1.2 = 800$ [mm]</td> </tr> <tr> <td>154[kV]</td> <td>1,400[mm]</td> <td>900[mm]</td> <td>390[mm]</td> <td>$1400 \times 1.2 = 1,650$ [mm]</td> </tr> <tr> <td>345[kV]</td> <td>2,700[mm]</td> <td>2,200[mm]</td> <td>800[mm]</td> <td>$2700 \times 1.2 = 3,300$ [mm]</td> </tr> <tr> <td>765[kV]</td> <td>5,250[mm]</td> <td>4,400[mm]</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	공칭전압	전선과 철탑과의 절연간격			내장장치의 경우 점피선과 아암과의 간격	표 준 풍속 10[m/s]	최 소 풍속 20[m/s]	이 상 시	66[kV]	650[mm]	400[mm]	170[mm]	$650 \times 1.2 = 800$ [mm]	154[kV]	1,400[mm]	900[mm]	390[mm]	$1400 \times 1.2 = 1,650$ [mm]	345[kV]	2,700[mm]	2,200[mm]	800[mm]	$2700 \times 1.2 = 3,300$ [mm]	765[kV]	5,250[mm]	4,400[mm]		
공칭전압	전선과 철탑과의 절연간격			내장장치의 경우 점피선과 아암과의 간격																									
	표 준 풍속 10[m/s]	최 소 풍속 20[m/s]	이 상 시																										
66[kV]	650[mm]	400[mm]	170[mm]	$650 \times 1.2 = 800$ [mm]																									
154[kV]	1,400[mm]	900[mm]	390[mm]	$1400 \times 1.2 = 1,650$ [mm]																									
345[kV]	2,700[mm]	2,200[mm]	800[mm]	$2700 \times 1.2 = 3,300$ [mm]																									
765[kV]	5,250[mm]	4,400[mm]																											
(3) 전선-전선(선간거리)																													
ㄱ.	표준간격 = 대지표준 간격 * 2배																												
ㄴ.	최소간격 = 대지표준 간격 * $\sqrt{3}$ 배																												
(4) 송전선로 절연 설계의 기본 고려 사항																													
ㄱ.	절연내력, 계통신뢰도 및 경제성등이 적절한 균형을 이루도록 기준 정함																												
ㄴ.	계통 내외부의 과전압 뿐만 아니라 선로 경과지역의 자연환경의 영향인 염진해, 바람에 의한 전력선 및 애자련의 횡진, 착빙설의 탈락에 의한 전선도약, 갤로핑 등 종합적 고려 필요, 이를 통해 해자의 취부수량, 전선과 지지물간의 간격, 전력선 상호간격, 전력선과 가공 지선 간격, 하킹흔 간격등을 결정 하게 된다.																												
(5) 전선의 배치 및 선간 거리																													
ㄱ.	전선이 정지상태에서는 표준 절연 간격을 유지할 것																												
ㄴ.	바람에 의하여 횡진하여 철탑에 근접하는 최악상태에서는 최소 절연간격 이상 유지																												
ㄷ.	표준 및 최소 절연 간격은 계통의 기준절연레벨(BIL), 애자에 대한 예상 염분 부착량 애자장치의 50% 충격섬락전압(FOV 50%), 개폐서지전압의 배율등에 의해 구한다.																												
ㄹ.	전선 선간거리는 바람에 의해 횡진시의 전선간 거리가 상용주파 섬락거리보다 클 것																												

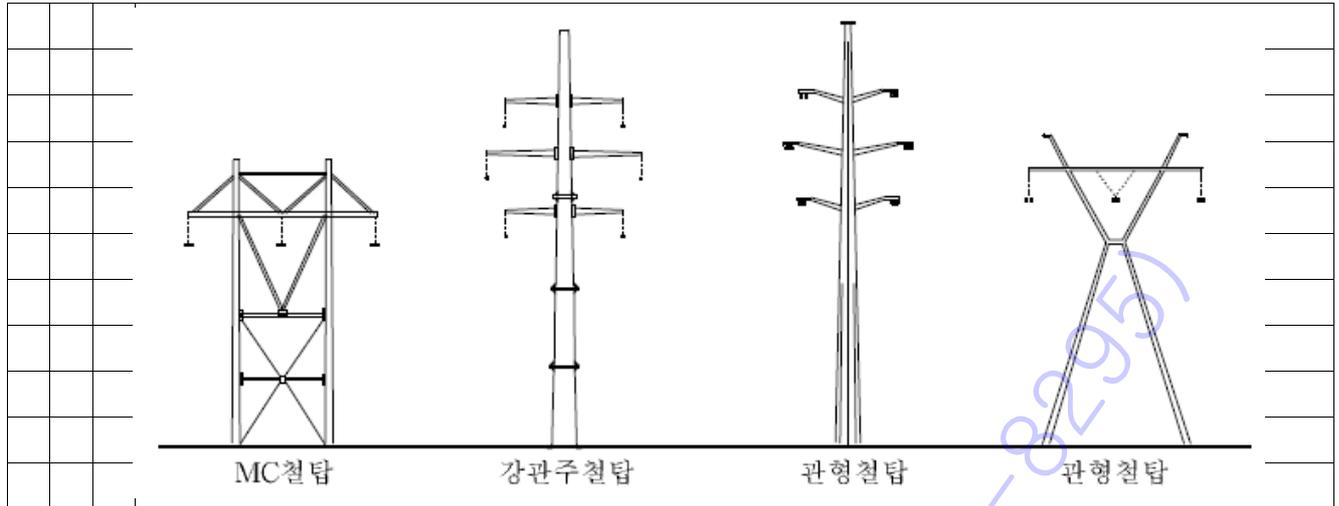
	<p>ㄷ. 착빙설의 탈락에 의한 전선도약시 전선 상간단락을 방지하기 위하여 상하 암간에 적당한 OFF-SET을 둘 것</p> <p>ㄹ. 전선 선간거리는 위 조건을 모두 만족하도록 결정하여야 하지만 표준경간 이내에서의 선간 거리는 철탑 구조상 Clearance Diagram에 의해 충족되면 선간거리도 만족한다. 단, 장경간용은 선간거리를 별도로 검토 한다.</p>
--	---

2. 형상에 의한 철탑 분류



1) 사각 철탑	<p>(1) 4면이 같은 형태로 되어 전선로 방향과 직각 방향의 철탑 강도가 동일</p> <p>(2) 설계가 용이하고 안전하므로 가장 널리 사용</p>
2) 방형 철탑	<p>단면이 직사각형으로 되어 있는 구조여서 전선로 방향과 직각 방향의 강도가 다름</p>
3) 문형 철탑	<p>(1) 전기철도, 송전선로 인출개소나 도로 등을 건너기 위해서 사용됨</p> <p>(2) 형태가 문 모양을 하고 있으며 일명 간트리 철탑이라 부름</p>
4) 회전 철탑	<p>철탑 본체 중간 부분에서 탑체 단면이 45° 회전한 형태</p>
5) 우두형 철탑	<p>(1) 철탑 중앙부를 좁게하고 그 윗 부분을 넓힌 형태로서 소머리형으로 된 구조</p> <p>(2) 전압이 높은 1회선이나 산악지대의 1회선용으로 사용</p>
6) 지선 철탑	<p>상정된 하중을 지선으로 분담시킨 구조</p>

3. 경간에 따른 철탑의 종류				
1) 전압별 표준 경간				
	전압	사용전선	표준경간	전선 지상고
	66[kV]	ACSR 95~240[mm ²]	250[m]	6[m]
	154[kV]	ACSR 160~520[mm ²]	300[m]	7[m]
	345[kV]	ACSR 480×2~480×4[mm ²]	350~400[m]	9[m]
	765[kV]	ACSR 480×6[mm ²]	500[m]	28/19[m]
2) 직선 철탑				
(1) 수평 각도가 3° 이하인 곳에 사용하는 현수애자용 철탑				
(2) 철탑형 표시는 "A"로한다.				
3) 각도 철탑				
(1) 수평각도가 큰 장소에 사용되는 내장형 애자를 사용하는 철탑				
(2) B형 : 3°를 넘고 20°이하인 곳에 사용				
(3) C형 : 20°를 넘고 30°이하인 곳에 사용				
4) 인류 철탑				
(1) 전체의 전선을 끌어 당겨서 고정할 수 있는 철탑으로서 충분한 강도가 요구되는 장소에 사용하며 내장형 애자를 사용한다.				
(2) 철탑형 표시는 "D _o "로한다.				
5) 내장 철탑				
(1) 전선로를 보강하기 위해 사용하는 철탑				
(2) 전선로의 장경간 개소, 인접 경간의 차이가 크고 현저하게 불균형 장력이 발생할 우려가 있는 개소, 또는 직선 철탑이 연속되는 경우가 10기 이하마다 1기씩 내장 철탑을 사용하여 전선로를 보강 한다.				
6) 특수 철탑				
(1) 송전선로 분기 개소, 하천이나 계곡 횡단등의 장경간 개소, 표준철탑의 허용 수평각도를 초과하는 중각도 개소 등의 특수한 개소로서 표준철탑을 사용할 수 없는 곳에 적용할 수 있도록 특수 설계된 철탑				
(2) 기호는 표준철탑의 기호 뒤에 S자를 첨가하고, 연가철탑 기호는 "TC"로 한다.				
4. 재료에 따른 분류				
1) 산형강 철탑				
345KV 이하는 주로 등변산형강을 사용한 격자형 철탑을 사용, 가장 일반적임				
2) 강관형 철탑				
적용 하중이 큰 곳에는 강관을 재료로 사용한 격자형 파이프 철탑 사용				
풍압하중이 크고 미관이 미려하여 765KV철탑에 사용				
3) 기타 철탑				
(1) MC 철탑				
강관에 콘크리트를 채운 콘크리트 충전 철탑인데 원형 단면이어서 강도가 크고 구조가 간단하며 강재량이 절감된다. (MC는 Motor Columbus라는 회사 이름임)				
(2) 강관주 철탑				
강관에 후렌지를 붙여 볼트로 연결한 철탑				
(3) 관형 철탑				
도심지에서 미관을 고려하여 격자형 철탑보다 강관을 6각 이상의 다각형 강관 형태로 접어 붙여 슬립 연결한 구조의 철탑				



[가공선로의 송전용량 증대방안을 열거하고, 그 중 신도체방식의 종류와 효과에 대하여 설명하시오.]

1. 가공 송전 선로의 손실

1) 저항손

선로에 전류가 흐르면 선로 자체의 저항에 의해 소비 되는 손실($3 I^2 R$)

2) 코로나 손실

(1) 코로나 발생시 누설 전류에 의한 손실 발생

(2) PEEK의 실험식

$$P = \frac{241}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{d}{2D}} (E - E_0)^2 \times 10^{-5} [\text{kW/km/line}]$$

1m의 코로나 손실이 대략 전선 1Km의 상용주파 교류 저항손과 비슷함

E : 전선의 대지전압[KV]

E_0 : 코로나 임계 전압[KV]

f : 주파수[Hz]

d : 전선의 지름[cm]

D : 선간 거리[cm]

δ : 상대공기밀도

2. 가공 송전선로의 송전용량 증대 방안

1) 복도체 사용

송전용량 $P = VS \sin\delta / X$ 에서 복도체를 사용하면 L은 감소하고 C는 증가되어 X가 작아지므로 송전용량이 증대

2) 전압의 승압

저항 손실을 $P_L' = P_L / P = 3 I^2 R / P = 3 [P / (\sqrt{3} * V \cos\theta)]^2 R / P = P R / V^2 \cos^2\theta$

따라서, $P = (P_L' V^2 \cos^2\theta) / R$ 이므로 저항 R이 일정할 경우 전압과 역률의 2승에 비례해서 송전용량이 증대

3) 신도체 방식의 적용

(1) 허용전류 용량이 큰 신도체(TACSR, STACIR)를 채용함으로써 송전용량을 증대

(2) 도전율이 우수한 신도체를 채용하여 유효전력 손실과 선로의 국부적 과열을 저감

(3) ACSR/AW : ACSR선을 피복한 것으로 내부식성이 요구되는 곳에 적용

(4) TACSR : ACSR에 비해 전류용량이 1.5~1.6배이고 허용온도가 150℃ 정도

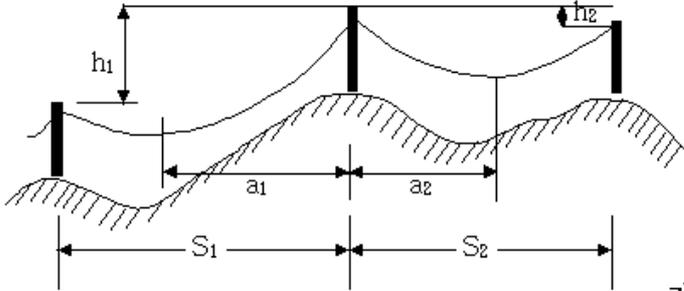
(5) STACIR : ACSR에 비해 전류용량이 약 2배이고 허용온도가 210℃ 정도

[ACSR전선의 송전선로 가선공사 중에 발생하는 전선벌어짐현상(Bird Cage)의 원인과 대책에 대하여 기술하시오.]	
1. 원인	일반적으로 ACSR전선의 가선공사중 전선벌어짐현상이 일어나는데 그 원인과 대책은 다음과 같다
	1) 전선회전
	2) 시소선의 늘어남
	3) 전선의 밀림 등
2. 대책	
	1) 전선회전의 방지
	(1) 연선작업시 연선 Wire와 전선간 Counter Weight를 달아서 wire의 회전력이 전선에 미치지 않도록 한다.
	(2) 전선자신의 회전력에 의하여 전선이 회전하는것을 방지한다.
	(3) 종각도(수평각 30°이상)의 연선은 가급적 피한다.
	(4) 각도개소에서 사용하는 활차는 될 수 있으면 가벼운 활차를 사용한다. 예를 들면 2륜 금차를 피하고 1륜 금차를 사용한다..
	2) 시소선의 늘어남을 작게한다.
	(1) 직경이 큰 활차를 사용한다. 통상 활차의 직경은 전선외경의 15배 이상 일 것
	(2) 고장력 연선은 피하고 통상 연선장력은 전선인장하중의 10% 정도로 한다.
	3) 전선의 밀림을 작게한다.
	1) 저항이 큰 활차는 사용하지 않고 직경이 큰 활차를 사용한다.
	2) 연선차로서 Slip type의 것(unicycle sheave 1륜 연선차)은 피하고 Shoe chain Type의 것을 사용한다.
	3) 전선의 표면의 기름이 건조한 경우에는 연선차에 들어가기 전에 약간의 주유를 해서 미끄럼을 양호하게 한다.
[가공 송전선로 지지물에서 하중경간의 종류와 특징에 대하여 설명하시오.]	
1. 수평하중경간(Horizontal Span, Wind Span)	한 지지물의 중심에서 양측에 있는 지지물의 중심점간의 거리를 합하여 이것을 평균한 거리를 말한다. 수평하중경간은 전선의 풍압력 계산에 사용되며 아래와 같이 구한다.
	$\text{수평하중경간}(S) = \frac{S_1 + S_2}{2}$
	전선의 풍압하중 $H_C = \text{전선풍압} \times \text{전선외경(mm)} \times \text{수평하중경간(m)} \times 10^{-3}(\text{kg})$
	또한 수평하중경간은 주로 가선선의 풍압하중과 수평각도하중의 상대관계에서 구해지는 철탑유도계산에 적용된다.
	$S = \frac{H_p' + 2T \sin \frac{\theta}{2}}{H_c}$
	S : 철탑하중경간 H_C : 전선풍압(kg/m ²)
	T : 전선의 상정최대장력(kg) θ : 수평각도
	H_p' : 전선풍압과 수평각도의 영향에 의한 전선의 횡분력과 합(kg)

※ 철탑유도계산 : 철탑응력계산이 끝난 철탑을 수평각도에 따라 수평하중경간에 얼마나 더 사용할 수 있는가를 말한다.

2. 수직하중경간(Weight Span)

수직하중경간은 한 지지물의 중심점에서 양측경간에 가선된 전선의 최대이도점(vertex)간의 양측거리를 말하며 전선의 무게를 계산하여 철탑의 수직하중에 적용한다.



$$\begin{aligned}
 \text{수직하중경간}(S) &= a_1 + a_2 \\
 &= \left(-\frac{S_1}{2} + \frac{C h_1}{S_1}\right) + \left(-\frac{S_2}{2} + \frac{C h_2}{S_2}\right) \\
 &= \frac{1}{2} (S_1 + S_2) + C \left(\frac{h_1}{S_1} + \frac{h_2}{S_2}\right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{전선의 수직하중경간}(W_c) &= W(a_1 + a_2) + I \\
 &= W S_m + T \left(\frac{h_1}{S_1} + \frac{h_2}{S_2}\right) + I
 \end{aligned}$$

W : 전선단위길이당 무게
 S_m : $(S_1 + S_2)/2$
 I : 애자중량(kg)

[가공송전선의 진동과 그 대책에 대하여 기술하시오.]

1. 발생 원인

매초 수m 정도의 미풍이 전선과 직각에 가까운 방향으로 불때 그 전선의 배후에 공기의 소용돌이 생기고 이때문에 전선의 수직 방향에 교번력이 작용해서 전선이 상하로 진동하게 된다.

이때에 주파수가 전선의 경간, 장력 및 전선의 단위길이의 무게에 의해서 정해지는 고유 진동수와 같게 되면 공진을 일으켜 상하로 진동을 계속하게 된다.

2. 영향인자

가벼운 전선, 경간이 길고, 가선 장력이 크고, 전선 바깥지름이 클수록 발생 용이

3. 결과

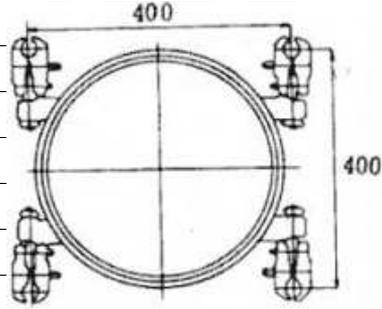
진동이 장기간 계속되면 전선 지지점에서 반복되는 응력을 받아서 피로현상을 나타내고 결국은 단선 사고에까지 이르게 된다.

4. 종류

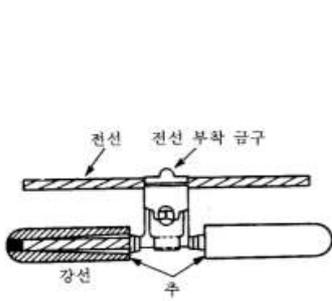
구분	미풍진동 Aeolian Vibration	겔로핑 Conductor Gallop	소경간진동 Subspan Oscillation
주파수범위	3~150Hz	0.08~3Hz	0.15~10Hz
진폭범위 (전선외경)	0.01~1배	5~300배	0.5~20배
발생풍속	1~7m/s	7~18m/s	4~18m/s

5. 대책

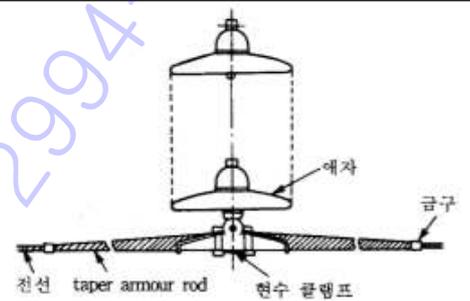
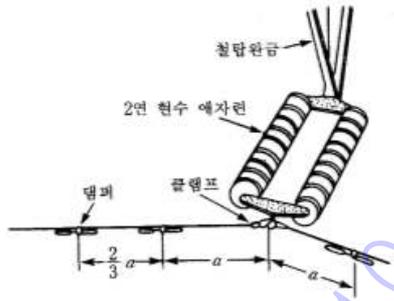
1) 다도체 선로에서는 스페이서(댐퍼)를 설치하여 소도체 간격 유지 및 진동 흡수



2) 단도체의 경우 스톡브리지 댐퍼나 아머로드 사용



(a) stock bridge damper



(b) armour rod

[송전선로에서 발생하는 역섬락(逆閃絡)에 대하여 설명하시오.]

1. 개요

송전선로의 가공지선이 낙뢰를 차폐하고 있지만 이 경우에도 역섬락이 발생할 수 있다.

역섬락은 2가지 형태로 구분할 수 있으며 첫 번째의 경우는 철탍 또는 가공지선에 뇌가 직격

(直擊)할 때 철탍의 전위가 현저히 상승하여 철탍에서 전력선으로 역섬락하는 경우이며

두 번째는 가공지선에 뇌가 직격할 때 뇌격전류의 파두부(波頭部)가 급준하기 때문에 송전선의

경간에서 가공지선으로부터 전력선으로 역섬락을 하는 경우이다.

2. 철탍 역섬락 전류

$$I_L = \frac{V - E}{(K - C) \cdot Z_r} \text{ (kA)}$$

V: 아킹흔(50%) 임펄스섬락전압 (kV)

E: 교류대지전압파고치(kV), 최대치 $\times \sqrt{2} / \sqrt{3}$

Zr: 철탍정부 전위상승을 임피던스로 표시한 값(Ω)

C: 결함율 (0.3)

K: 상단암 철탍내 전위상승율 (0.8)

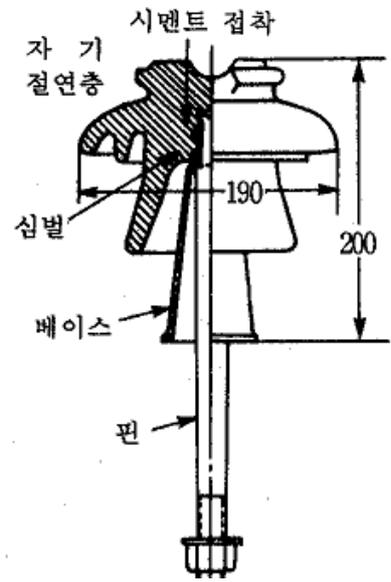
V_{F50}: 표준충격파 50% 섬락전압(F.O.V) (V)

k: 파형계수

L: 섬락전압 저하계수(대기조정계수) 1.1

1×10 μ s 波	1×40 μ s 파의 V _{F50} 의 1.2~1.25배
파두장 2 μ s 파미가 긴 경우	1×40 μ s 파의 V _{F50} 의 1.05배
파두장 4 μ s일 때 파미에 관계없이	1×40 μ s 파의 V _{F50} 의 1.18배

(계산예) 154kV 송전철탐의 경우(현수애자10개, 접지저항 20Ω, 아킹흔이 없는 경우)	
◦ 표준충격파 50% 섬락전압	$V_{F50} = 945\text{kV}$ (한전설계기준1031)
◦ 임펄스 50% 섬락전압(4×5μs인 경우)	$V = (V_{F50} \cdot k)/L = (945 \times 1.28 \times 1.18)/1.1 = 1,267(\text{kV})$
◦ 교류대지전압파고치	$E = V_m \times \sqrt{2} / \sqrt{3} = 170 \times \sqrt{2} / \sqrt{3} = 138.78$
◦ 철탐 역섬락전류	$I_L = (1,267 - 138.78) / [(1 - 0.3) \times 18] = 89.5(\text{kA})$
☞ 참고자료	
1. 아킹흔이 있는 경우의 $V_{F50} = 550 \times D + 80(\text{kV})$	단, D는 아킹흔간격(m)
2. 상기 역섬락전류는 철탐전위상승율을 1.0으로 계산한 결과임(한전설계기준1031)	
② 가공지선 역섬락 전류	
$I_L = \frac{V}{(1 - C') \cdot Z_L} \quad (\text{kA})$	
V:	경간내 가공지선과 전력선간 써지섬락전압(kV)
ZL:	경간내 전위상승을 고려한 등가써지임피던스(Ω)
C':	가공지선부터 본선에의 유도계수
[송전선로용 애자가 구비해야 할 일반적인 요건과 애자의 종류를 쓰시오.]	
1. 구비 조건	
1)	선로의 상규 전압에 대해서는 물론 각종 사고에 의해서 발생하는 이상전압에 대해서도 어느 정도 절연내력을 가질 것
2)	비, 눈, 안개 등에 대해서도 충분한 전기적 표면저항을 가지고 누설 전류도 미소할 것
3)	상규 송전 전압하에서는 코로나 방전을 일으키지 않고 만일 표면에 아크라든지 코로나가 일어나더라도 그에 의해서 파괴되거나 상처를 남기지 않을 것
4)	전선 등의 자체 중량 외에 바람, 눈 등에 의한 외력이 더해질 경우에도 충분한 기계적 강도를 지닐 것
5)	내구력이 있고 가격이 저렴 할 것
2. 애자의 종류	
1) 핀 애자	핀애자는 현수애자와 달리 한 개로 전선을 지지하게 되므로 전압 계급에 따라서 자기의 크기, 총수, 절연층의 두께등이 달라지지만 66kv를 초과하면 형태가 커지고 제작이 어려우며, 기계적 강도에도 한도가 있으며, 경년열화가 심해지므로 최근에는 주로 33kv 이하에 사용됨



2) 현수 애자

원판형의 절연체 상하에 연결금구를 시멘트로 부착시켜 만든 것으로 전압에 따라 필요개수 만큼 연결해서 사용
 66kv 이상의 모든 선로에는 거의 현수 애자를 사용하고 있음
 과거에는 클레비스형을 주로 사용하였으나, 근래에는 활선작업등의 편리상 볼.소켓형 사용

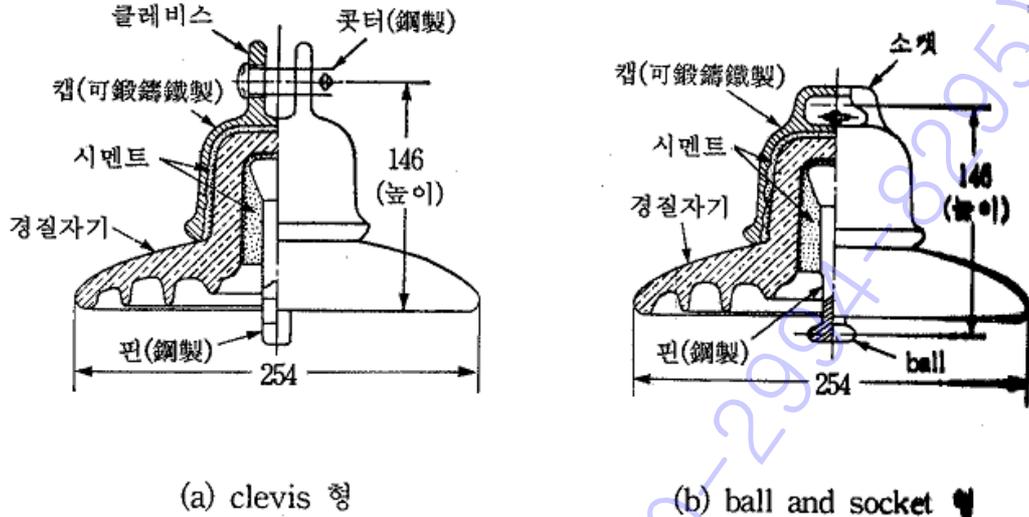


그림 2.10 250 [mm] 현수 애자

3) 장간애자

원통형의 긴 애자인데 속까지 꼭 찬 긴 자기봉의 양단에 연결용 금구로서의 캡을 시멘트로 고착시킨 막대기형 현수애자의 일종으로 사용전압에 따라 연결 개수 변화 가능
 경년 열화가 적고, 표면 누설거리가 비교적 길어서 염분에 의한 애자 오손이 적고, 비에 잘 씻기기 쉽고, 내무성도 좋고 보안 점검이 용이하여 내염, 내무 애자로 적당하다.
 단점은 기계적 강도가 약하다.

4) 지지 애자

발 변전소나 개폐소 모선, 단로기 기타의 기기를 지지하거나 연가용 철탑 등에서 점퍼선을 지지하기 위해서 쓰이고 있는데 그중 전선로용으로는 라인포스트 애자가 대표적이다.
 LP 애자는 장간애자와 같은 장점을 구비하고 있기 때문에 77KV 이하의 송전선에 사용한다.

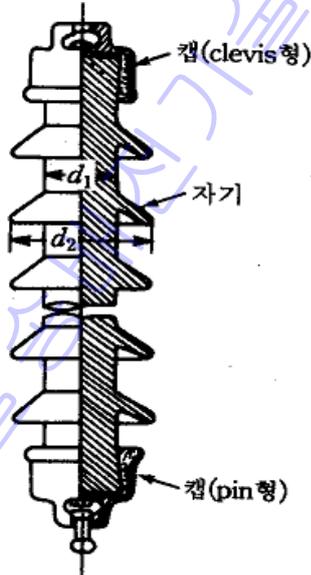


그림 2.11 장간 애자

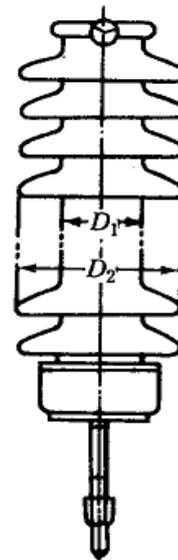


그림 2.12 라인 포스트 애자

[애자의 전기적 특성]

1. 애자의 섬락 전압(FOV : Flash Over Voltage)

1) 건조 섬락 전압

20℃, 760mmHg, 습도 11g/m³(상대습도 63%)인 공기 중에서 상용주파 섬락전압값(실효치)

2) 주수 섬락 전압

강우 상태에서 애자 표면이 젖은 경우의 섬락 전압으로서 내뢰에 대한 하나의 절연기준이 된다. 주수 시험은 고유 저항이 10kΩ.cm인 물을 각도 45°로 분당 3mm의 비율로 주수한 상태에서 행하며, 이때의 상용주파섬락전압(실효치)를 말한다.

3) 충격파 섬락 전압

애자의 전선측에 정극성의 표준충격파형(1.2*50μs)을 인가하였을때의 50% 섬락치로 나타내는데, 이는 같은 파고값의 충격파를 여러 번(15/30회) 인가하였을 때 섬락 횟수가 50%가 되는 비율일때의 충격파의 파고치를 말한다.

충격파 섬락전압은 낙뢰 등에 의한 외부 이상전압에 대한 애자의 절연설계 기준이 된다.

4) 개폐 충격 섬락 전압

표준 개폐 충격파형(250*2500μs)의 전압을 인가하여 증가시킬 때 섬락이 일어나는 경우의 전압, 변전소 차단기 개폐시에 발생하는 이상전압에 대한 절연내력을 나타낸다.

5) 유중 파괴 전압

절연유 중에서 애자를 구성하는 자기나 유리가 파괴될 때의 사용주파 섬락 전압을 가리키는 것으로 섬락전압보다는 훨씬높다. 이것은 공기중에서 섬락이 생기기전에 애자가 파괴되어서 는 안되기 때문이다.

6) 250mm(지름 254mm) 애자의 표준 섬락전압

(1) 건조 : 80 kv-rms

(2) 주수 : 50 kv-rms

(3) 50% 충격파 : 125 kv-peak

(4) 유중파괴 : 140 kv-rms 이상

2. 애자의 전압 분포

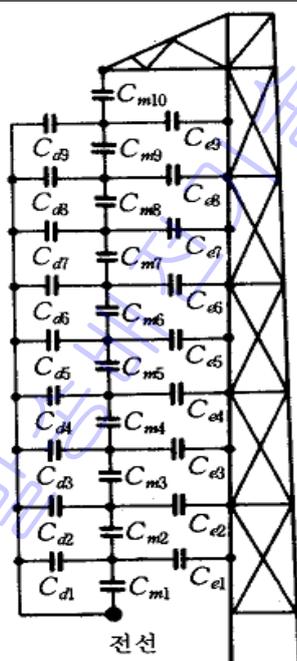


그림 2.13 애자련의 등가 회로

초호환 설치전

초호환 설치후

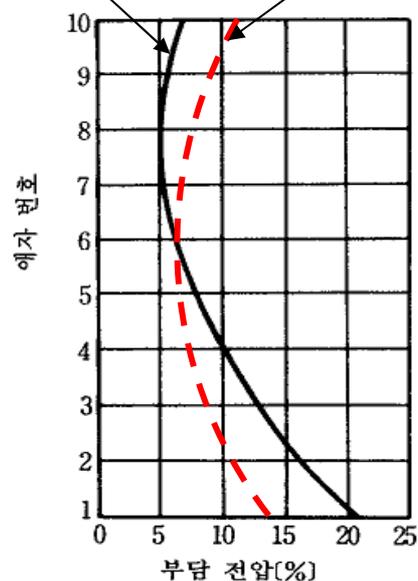
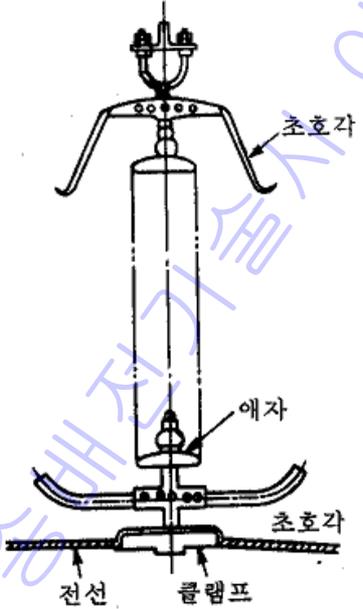
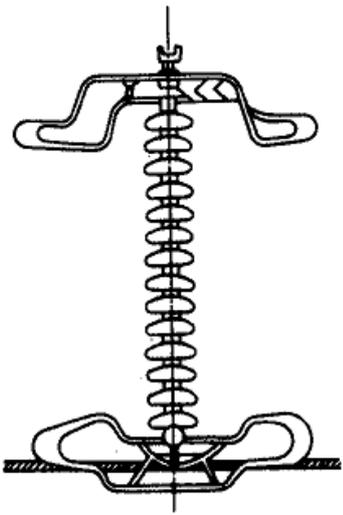


그림 2.14 애자련의 전압 분포

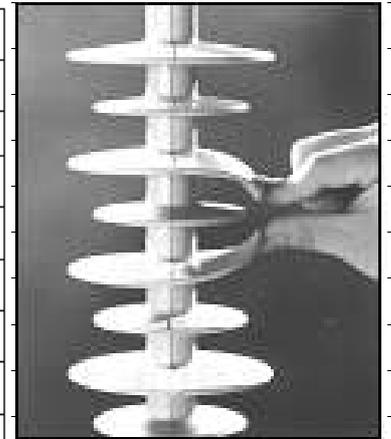
1) 일련의 현수 애자련에는 각 애자 자체의 정전용량 외에 애자 금구와 철타(대지), 애자 금구와 전선 사이에 각각 정전용량이 있다.	
2) 일련의 각 애자의 전압 분담은 균등하지 않고 전선에 가장 가까운 애자가 가장 분담비가 크고 중간은 낮아지며 지지물에 가까운 애자는 다시 약간 커진다.	
3) 보통 철타의 아암에서 3~4번째 애자의 분담비가 제일 낮다.	
4) 연능율	
$\eta = V / nV_1$	
V_1 : 애자 1개의 건조 섬락 전압	n : 1련의 애자 개수
V : 1련의 애자의 전체 건조섬락 전압	
5) 초호환 설치하면 애자의 전압 분담비를 균등하게 만들어 주는 효과가 있다.	
(1) 초호환 설치전 전압 분담비 → 1번 : 8번 = 20% : 5%	
(2) 초호환 설치후 전압 분담비 → 1번 : 8번 = 12% : 8%	
3. 애자 보호 장치	
1) 초(소)호각(Arcing Horn) 및 초(소)호환(Arcing Ring)	
(1) 역섬락 발생시 아크를 애자로부터 멀리 유도하기 위하여 전선측과 철타의 아암측에 소호장치를 설치한다.	
(2) 이들은 모양에 따라 초호환과 초호각으로 구분하는데 특히 초호환은 평상시 애자련의 전압 분포의 불균등을 완화시켜 주는 효과도 있다.	
(3) 또는 전선측에만 링을 설치하여 애자의 전압분포를 균등화하거나, 코로나 장애 또는 전파 장애를 방지하기 위한 경우도 있기 때문에 취부 위치나 용도에 따라 균압환, 차폐환 또는 Control Ring이라고도 한다.	
(4) 선로 사고시 차단시간이 짧은 154kv 계통에는 일반적으로 사용하지 않으나, 345kv 이상의 중요 계통 선로에 사용한다.	
	
(a) 초호각	(b) 초호환
4. 애자의 열화	
1) 열화의 원인	
(1) 전기적 스트레스	(2) 누설 파괴

	(3) 온도	(4) 시멘트의 화학 팽창
	(5) 제조상의 결함	
2) 트래킹 및 흑연화 현상		
	(1) 애자와 같은 고체 절연물 표면에 수분을 포함한 먼지, 염분등이 부착되면 표면의 연면	
	방향 전계에 의해 부착물간에 부분방전이 일어나고, 그때의 열 때문에 Dry Spot, Dry	
	Bend라고 불리는 국부적인 건조지대가 생기며 이것이 길게 이어진 형상을 Tracking라 함	
	(2) 일반적으로 목재가 불에 타서 탄화되면 무정형 탄소로 되어 절연물 상태이지만 스파크	
	등으 고열로 인한 경우에는 정형 탄소인 흑연으로 되어 도전성을 띄게 되는데 이를 흑연화	
	현상이라 한다.	
	(3) 트래킹과 흑연화 현상은 발생 원인은 다소 다르지만 트래킹에 의해서도 흑연화 현상이	
	동반되므로 통상 양자를 묶어서 트래킹이라 한다.	
3) 열화 대책 및 사고 방지 대책		
	(1) 자기의 기계적 강도의 향상	
	(2) 시멘트 팽창 억제제의 개량	
	(3) 시멘트 접촉면의 처리법의 개선	
	(4) 정기적인 애자 청소	
	(5) 농무 및 염해가 심한 곳에 특수 애자 사용	
	(6) 현수 애자 사용 개수 증가	
	(7) 애자 표면 실리콘 코팅(주기적으로 반복 필요하므로 발변전소등 한정된 장소에만 사용)	
	(8) 아킹훈 설치	
[최근 국내 배전선로에 자주 사용되고 있는 배전용 폴리머애자와 기존의 자기애자의		
장단점을 비교하여 설명하시오]		
1. 폴리머 애자		
	폴리머란 같은 종류 또는 다른 종류의 고분자 물질을 중합하여 생기는 화합물을 말한다. 즉	
	중합체를 일컫는다.	
	폴리머 애자란 EPDM(Terpokymer of Ethylene Propylene Diene Monomers), 실리콘 고무,	
	에폭시 애자등을 지칭하며 Composite Insulator라고도 한다.	
2. 폴리머 애자의 발달 과정		
	1) 1940년대 : Bisphenol Epoxy를 옥내용 절연물로 사용한 애자	
	2) 1950년대 : Alumina Trinydrate의 Tracking 억제능력을 이용한 옥외용 애자	
	3) 1957년 : Cicloalipatic Epoxy 애자 개발	
	4) 1960년대 : Polymer 고무애자 개발	
	5) 1979년대 : Non-ceramic Insulator 등장	
	6) 1980년대 : 전력계통에 시험적 사용 시작	
	7) 1995년 : 배전계통에 적용	
	8) 1998년 : 우리나라 154kv 계통에 사용 개시	
3. 주요 구성부		
	1) 심재	
	에폭시 및 유리섬유로 이루어진 FRP Rod로서 전기적 절연특성, 기계적 강도 및 열적 특성 양	

2) 외피 절연부	
	유연성, 내구성 및 난연성을 가진 순수한 실리콘 고무를 기저고분자로 한 재질로서 시스와 날개로 구성되며 심재에 균일하게 접착되어 외부환경으로부터 심재를 안전하게 보호하고
	애자에 요구되는 전기적, 기계적 성능을 만족시킬수 있는 핵심부로 색상은 보통 회색
3) 연결 금구	
	볼 소켓이나 클레비스 형으로 충분한 기계적 특성을 갖는 구조이며 재질은 구상흑연 주철품
	규정하는 2종 또는 기계구조용 탄소강에 규정하는 제품이상 이어야 한다.
	표면은 전면 균일하게 용융 아연도금 또는 알루미늄 도금을 한다.
4. 폴리머 애자의 특성	
1) 절연성능이 우수하다.	
	우수한 발수 특성으로 누설전류에 의한 섬락현상이 감소하여 절연특성이 우수하다.
2) 트래킹 현상이 없다.	
	수산화 알루미늄을 고분자 물질에 첨가하여 성형한 무기질 애자여서 트래킹 현상이 없다.
3) 무게가 가볍다.	
	자기제 애자의 20%정도로 가벼워서 운송 및 시공이 용이하다.
4) 인장력이 강하다.	
	금속부와 FRP Rod의 특수 압착으로 인장강도가 높고 충격에 강해서 현장 취급시 파손이 적다
5) 온도변화에 강하고 폭발성이 없어서 사고시 비산으로 인한 2차 피해 우려가 없다.	
6) 내오손성이 뛰어나고 내진성, 경제성이 양호하다.	
7) 누설거리 등 수용가 요건에 맞춘 설계가 자유롭다.	
8) 자기제 애자는 제작시에 건조과정 등이 필요한 반면 폴리머 애자는 금형 제작으로 만들어	
	지므로 간편하게 대량 생산이 가능하다.
9) 코로나, 아크, 자외선에 취약하며 사용기간이 길지 않아서 장기 수명 예측이 곤란하고 경년	
	변화 특성이 명확히 규명되어 있지 않다.
10) 외국에서는 애자가 Vandalism의 대상으로 되어 사격이나 투석에 의해서 파괴되는 일이	
	찾아서 그 대책의 일환으로 폴리머 애자가 사용되기도 하지만 새가 부드러운 외피를 쪼아서
	손상을 입히기도 한다.

5. 자기제 애자와 폴리머 애자 비교

구 분	현수애자 Type					
	볼소켓형(볼 직경)			폴리머형(길이)		
				A형	B형	
치 수[mm]	250[mm]	280[mm]	320[mm]	525±55[mm]	430±35[mm]	
상용주파 내전압	건조	75[kV]	80[kV]	85[kV]	138[kV]	117[kV]
	주수	40[kV]	41[kV]	43[kV]	117[kV]	99[kV]
뇌임펄스 내전압	105[kV]	115[kV]	120[kV]	225[kV]	190[kV]	
표면 누설거리	280[mm]	370[mm]	460[mm]	760[mm]	580[mm]	
인장강도	6.6[ton]	8.4[ton]	12[ton]	7[ton]	7[ton]	



[전압별 애자 개수 선정]

1. 154kV의 애자 개수 선정

1) 현수애자 1련의 해자개수는 내부 이상전압에 견디는 것을 기준으로 해서 정한다. 즉, 개폐서지의 최대치를 상규대지전압의 4배로 보고 강우시에 이것에 견디도록 하며, 불량애자 및 열화를 대비하여 약간의 여유를 둔다.

2) 250mm 애자의 주수 섬락전압이 50KV, 대지전압은 $154/\sqrt{3}$ KV이므로 애자련의 애자 개수는 $N = \{(154 * 4 / \sqrt{3}) / 50\} + \text{여유} = 7.1 + \text{여유} \approx 9\text{개}$

3) 실제로는 내 개폐서지 설계, 내뢰설계 및 내염해 설계로 각각의 기준이 다르다.

2. 전압별 애자 수량

오손등급		청정지구	A	B	C	D
765KV	현수애자	29/37개	44개	50개	58개	66개
345[kV]	현수애자		24개	29개	32개	35개
154[kV]	현수애자	9개	11개	13개	14개	16개
	내장애자	10개	10개	12개	13개	14개
66[kV]	현수애자		5개	6개	6개	7개
22.9[kV]	현수애자	2개	2개	2개	3개	3개

[활선 애자 청소장치(Hot Line Washing System)에 대하여 설명하시오.]

1. 개요

활선 제정은 염분부착의 상태, 세정장치로부터 나오는 물의 분포나 물의 양, 주수하는 물의 고유 저항, 바람에 의한 물의 부딪치는 모양 등의 여러가지 요소의 복잡한 중첩 상황에 따라 애자의 내전압치를 미묘하게 좌우한다. 그리고 염분 부착밀도가 높을수록 내전압치가 저하함과 동시에 그 값의 분포 범위도 크게 된다.

2. 염분 부착 밀도

활선 제정은 여러가지의 조건을 검토한 연후에 주의깊게 행할 필요가 있으나, 통상적인 상태에 있어서의 등가염분 부착밀도의 한계치로서 $0.03\text{mg}/\text{cm}^2$ 를 기준으로 채택하였다. 이값은 일반적으로 애자류의 크기를 기술적, 경제적 한도내에 억제시킬수 있는 값이다.

3. 세정 내전압

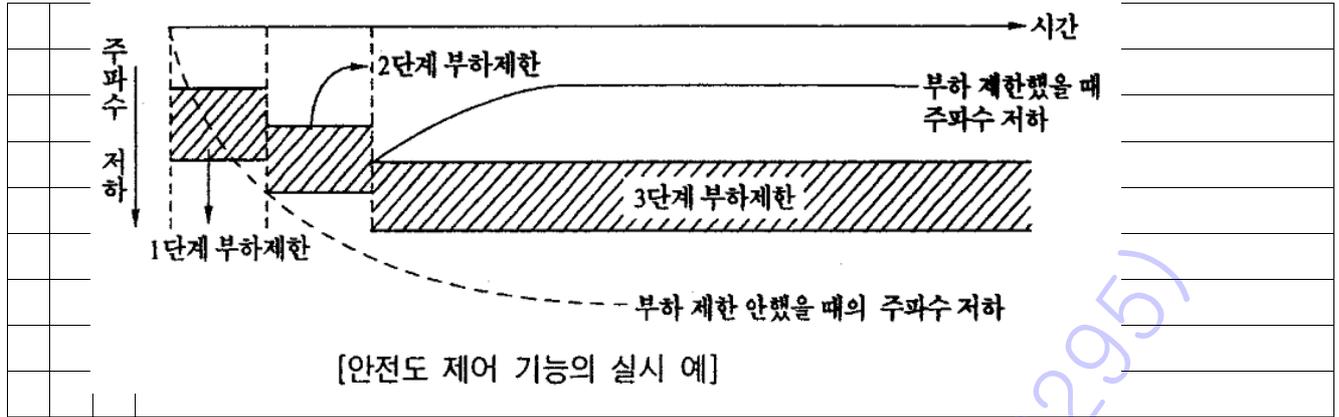
오손된 애자를 활선으로 주수 세정하는 경우, 얼마만큼의 전압까지는 견디는가 하는 것을 실험실의 데이터로부터 추정한다는 것은 오손 내전압을 구할대에 고려하였던 여러가지 요소 이외에 세정장치의 종류, 주수량, 수압, 물입자의 대소, 주수 분포와 그의 시간적 변화 그리고 바람에 의한 영향 등으로 복잡미묘하게 변화한다. 따라서 세정 내전압치를 실험에 의하여 구한다는 매우 곤란한 것이지만, 실험실의 데이터는 일반적으로 필드의 그것보다 훨씬 가혹한 쪽으로 나오기 때문에 일반적으로 개개의 세정 장치에 의하여 애자류의 오손 제정 시험을 행하여, 4회 모두 섬락을 일으키지 않는 최고의 전압치를 그경우 세정 내전압이라 한다.

4. 세정수 고유저항과 내전압과의 관계

애자의 세정 내전압은 세정수의 고유저항에 따라 변화한다. 실제의 활선 세정시험 데이터로부터 구한 세정수 고유저항-세정 내전압치의 관계로 부터 세정수의 고유저항이 $5\text{k}\Omega/\text{cm}$ 이하가 되면

	세정 내전압이 급격히 저하되는 것을 알 수 있다. 따라서 세정수의 고유저항은 상시 5kΩ/cm 이상 이어야 한다.
5. 활선 애자 청소 방법	
1) 고정식 활선 세정법	
	해안가에 위치한 발변전소등에 고정된 분사 노즐을 설치하여 세정하는 방법
2) 이동식 활선 세정법	
	세정 작업자가 철탑에 승주하여 수동식 세정 장비를 이용하여 세정하는 방법
	일반적인 송전선로 세정 작업에 사용
	작업 피로도가 높고, 사고 위험이 항상 내재 되어 있다.
3) 최신 기술에 의한 세정 방법	
	(1) 로봇에 의한 활선 세정법
	(2) 헬기에 의한 활선 세정법
[사고파급과 시스템 붕괴]	
1. 개요	
1) 전력 시스템을 구성하는 기기는 전기적으로 밀접하게 연결되어 있으므로 하나의 기기에 발생한 사고가 주변의 기기에 영향을 미치고, 2차적, 3차적으로 사고를 유발하게 된다.	
2) 이와 같은 상황을 사고 파급이라 하고, 사고 파급에 의해 전체 시스템의 기기가 그기능을 잃게 되는 것을 시스템 붕괴라 한다.	
2. 사고파급을 일으키는 원인	
1) 유효 전력의 수급 불균형에 의한 주파수 이상 변화	
	부하와 발전력이 급변해서 양자간에 불균형이 발생하면 주파수가 이상적으로 변화하여 발전기가 시스템으로부터 탈락된다.
	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{W}{M}(P_{in} - P_{out}) = \frac{W}{M} \Delta P$
	$\Delta P = \frac{M}{2\pi f} \cdot \frac{d2\pi f}{dt} = \frac{M}{f} \cdot \frac{df}{dt}$
2) 무효전력의 수급 불균형에 의한 전압의 이상 변화	
	무효전력의 급증과 지락 및 단락 사고 등에 의해 시스템 전압이 떨어지고 병렬기기와 송전선의 탈락이 확대되어 시스템이 붕괴된다.
	$\Delta V = E_s - E_r = I(R \cos \theta + X \sin \theta) = \frac{PR}{E_r} + \frac{QX}{E_r}$
	$\therefore \Delta V = \frac{QX}{E_r} \quad (\because R \ll X)$
3) 송전선의 과부하	
	2회선 이상의 송전선이 병렬로 구성되어 있는 경우, 하나의 송전선에 사고가 발생하면 나머지 회선이 과부하되고 이로 인한 고장 등의 연속으로 결국 전체 회선이 차단된다.
4) 송전선 사고에 의한 시스템 탈락	
	병행 송전선 중 하나의 안전도가 악화되면 탈조하게 되고, 이송전선에 전송되고 있던 전력은 다른 회선으로 옮겨져 탈조하게 되어 결국 시스템 탈락이 발생한다.

5) 이상전압의 전파에 의한 사고 발생							
	낙뢰 또는 개폐 서진에 의한 이상전압이 시스템 내에 전파되어 절연이 약한 지점에서 섬락을 일으켜 중대한 사고를 초래한다.						
3. 사고 파급 방지 대책							
1) 시스템 강화와 연계의 적정화							
(1) 시스템 구조 강화							
	ㄱ. 전원 적정용량 선정						
	ㄴ. 예비력 확보						
	ㄷ. 자력 복구 가능한 전원설비 도입						
(2) 적정 연계							
	ㄱ. 경제성과 신뢰성 향상의 이점을 최대로 할 수 있는 적정 연계 필요						
	ㄴ. 적정연계란 연계 본래의 목적을 달성하는 동시에 사고 파급을 방지 하는 것						
2) 보수 계획과 그 실시 방법의 합리화							
	(1) 시스템의 전반적인 상황을 고려하여 보수 계획 수립						
	(2) 실시 도중 인위적인 실수를 최소화						
3) 안전도 급전 제어 시행							
	계통에 갑작스런 사고나 동요등의 외란이 발생해도 이것을 이겨낼수 있도록 계통을 운용하는 것으로 안전도 제어가 행해지고 있다.						
	(1) 예방제어 : 미리 상정한 사고가 발생했을 때 사고파급에 대한 예측점검 및 적절한 대책수립						
	(2) 긴급제어 : 사고가 발생하였을 때 적절한 대책으로 사고 파급 방지						
	(3) 복구제어 : 사고가 파급되어 시스템이 붕괴했을 때 시스템을 원래 상태로 복구						
	[안전도 급전기능]						
	<table border="1"> <tr> <th>예방 제어</th> <th>긴급 제어</th> <th>복구 제어</th> </tr> <tr> <td> 1. 발전력 조정 2. 부하 절환 3. 시스템 구성변경 </td> <td> 1. 1차 사고 발생 2. 사고 파급 3. 전원 제한 4. 부하 제한 5. 시스템 분리 6. 전압저하 </td> <td> 1. 전원 복구 2. 송전선 복구 3. 부하 투입 </td> </tr> </table>	예방 제어	긴급 제어	복구 제어	1. 발전력 조정 2. 부하 절환 3. 시스템 구성변경	1. 1차 사고 발생 2. 사고 파급 3. 전원 제한 4. 부하 제한 5. 시스템 분리 6. 전압저하	1. 전원 복구 2. 송전선 복구 3. 부하 투입
예방 제어	긴급 제어	복구 제어					
1. 발전력 조정 2. 부하 절환 3. 시스템 구성변경	1. 1차 사고 발생 2. 사고 파급 3. 전원 제한 4. 부하 제한 5. 시스템 분리 6. 전압저하	1. 전원 복구 2. 송전선 복구 3. 부하 투입					
	[안전도 제어 절차]						



4. 예비력

예측 수요의 오차, 발전기 불시 고장 등으로 인하여 전력의 수급 균형을 유지하지 못할 경우를 대비하여 최대 수요를 초과하여 보유하는 발전력을 말한다.

설비용량	공급능력	설비예비력	계획정비	급전정지		
			공급예비력	운영예비력	대기예비력	대기정지
					운전예비력	여유예비력 순동예비력
최대수요						

1) 설비 예비력 : 설비용량 - 최대 수요

2) 공급 예비력 : 공급능력 - 최대 수요

3) 운영 예비력 : 운전 예비력 + 대기 예비력

4) 운전 예비력 : 운전중인 발전기의 출력 여유분, 10분이내 응동할 수 있는 예비전력

5) 순동 예비력 : AGC 또는 GF 운전에 따라 자동으로 응동할 수 있는 예비력

"주파수 조정 예비력"이라 칭한다.

6) 여유 예비력 : 고장, 정지에 대비하여 자동 또는 수동으로 응동할 수 있는 예비력

7) 대기 예비력 : 특정시간(20분) 내에 대응 할 수 있는 예비력

8) 대체 예비력 : 발전소 및 송전설비 고장정지 등에 대비하여 120분 이내 확보 및 이용이 가능한 예비력

9) 예비력 확보 기준

예비력 종류별 확보량은 다음과 같으며, 종류별 확보기준 초과량은 후순위 예비력에 포함한다

(1) 주파수 조정 예비력 : 1,000MW이상

(2) 대기예비력 : 운전상태 500MW이상, 정지상태 1,000MW이상

(3) 대체예비력 : 1,500MW이상