

정보화 시대를 대비한 전압 및 정전의 국내·외 관리현황과 대응 방안 ①

글/ 김 응 상 한국전기연구소 전력연구단

- 목 차 -

1. 개요

1. 개요
2. 전 압
 - 2.1 한국전력공사의 전압관리 현황
 - 2.2 배전용 변전소 송출전압관리
 - 2.3 변전소 AVR 정정
 - 2.4 배전선로 전압관리
 - 2.5 수용가 전압 표본측정
3. 정 전
 - 3.1 국내의 정전
 - 3.1.1 정전의 종류
 - 3.1.2 정전의 정의
 - 3.1.3 정전의 인지방법
 - 3.1.4 정전시간의 계산
 - 3.2 국외의 정전
 - 3.2.1 미국
 - 3.2.2 일본
 - 3.3 국내·외 정전시간 비교표
4. 기존의 대책
 - 4.1 전원 계통 불안정
 - 4.2 전원계통 불안정에 대한 원인 및 대책
5. 결 론

최근 정보·통신·제어기술의 발달에 따라 정보통신기기, 정밀제어기기, 사무자동화기기, 전산기기, 자동생산라인 등에 마이크로프로세서 및 전력용 반도체 소자의 대거 도입, 고효율 속도제어용 모터와 역률 보상용 콘덴서의 사용, 그리고 경제발전과 산업활성화 등으로 인한 고정밀 단일 대형부하의 증가, 도시화로 인한 대규모 공장용 수용가 등이 증대되고 있는 실정이다.

이러한 상황에서 전력공급의 난점중의 하나가 특정 수용가에서의 고장이 다른 수용가로의 파급에 의한 고장이라고 볼 수가 있다.

이러한 경우 우선적으로 발생된 수용가에서 정확하게 고장원인이나 발생장소를 관련 기관에 알려주면 빠른 대책을 통해 파급 및 피해 지역을 줄일 수가 있지만 그렇지 않고 숨기게 되는 경우 그만큼 원인 분석 및 대책마련에 시간이 필요하게 된다.

따라서 이러한 문제점을 가시적으로 드러내고 관련자들의 토론 및 대책안 준비에 맞도록 본 고에서는 기술적인 부분을 담당하여 사고의 중요 인자로 되는 전압과 정전에 대해서 국내외 실정을 간단히 소개하고 기술적 측면에서의 대책방안을 검토해 보고자 한다.

표 1 주변압기 배전선로 전압강하 구성형태

구 분	전압강하5%이내 선로로만 구성	전압강하 5%초과 선로 포함
유 지 기 준	22.9kV-1%~+4%	22.9kV±4%
송 출 전 압	22,700V~23,800V	22,000V~23,800V

표 2 전압의 유지범위

표 준 전 압(V)		전 압 유 지 범 위(V)
특 고 압	13,200/22900	12,000~13,800/20,800~23,800
고 압	6,600	6,000~6,900
저 압	110	104~116
	220(200)	207~233(188~212)
	380	342~418

2. 전 압

수동운전시에는 자동운전시의 시간대별 전압 실적에 준하여 송출전압 유지

2.1 한국전력공사의 전압관리 현황

◎ 한국전력공사의 전압적정률(규정전압유지율)과 부적정전압에 대한 정의 :

○ 전압적정률(규정전압유지율):

$$\frac{24시간동안\ 규정전압을\ 공급한\ 개소}{총\ 측정\ 개소} \times 100(\%)$$

○ 부적정전압: 측정전압의 30분 평균치가 규정전압 유지범위를 벗어난 경우

2.2 배전용 변전소 송출전압 관리

가. 배전용 변전소에서는 주변압기의 ULTC 등을 활용하여 송출전압 조정

나. 전기사업법에서 규정하는 전압을 유지하도록 공급하고, 주변압기의 배전선로 전압 강하 구성형태에 따른 유지기준은 다음과 같다.

다. ULTC 자동운전시에는 부하시간대와 관계없이 배전선로 전압을 상시 규정전압 범위 내로 유지

라. 변전소 AVR 고장 등의 사유로 인하여

2.3 변전소 AVR 조정

전력관리처는 주변압기에서 공급되는 배전선로의 부하특성에 맞게 AVR의 정정값(전압강하보상기(LDC)정정치, 부하중심점, 전압대역폭, 시지연값)을 합리적으로 산출, 적용하여 적정전압을 송출하도록 한다.

가. 정정의 필요시기

- (1) 배전선로의 신·증설시
- (2) 배전선로 상시 운전의 계통변경시(고장 등으로 인한 일시변경 제외)
- (3) 배전선로의 선종, 공장 및 부하변동이 현저한 경우(부하특성 및 계절적 부하변동 등)
- (4) 기타 필요시

나. 정정절차

- (1) 정정자료 송부: 해당사업소 배전운영부서 → 전력관리처 공무부서
 - 배전선로의 공장, 선로정수(R/km, X/km), 부하중심점, 선로전압강하율, 전선굵기 등의 자료 송부
- (2) 정정결과 확인: 전력관리처(AVR 정

표 3 설비별 전압강하 한도

설비별	전압강하 한도(%)	비 고
특고압 선로	10(%) 이내	-
저압 설비	10(%) 이내	주상변압기:2%, 저압선:6%, 인입선:2%

표 4 배전선로 전압강하 구간별 주상변압기 Tap 조정

공 급 전 압	주상변압기 규격	전압강하 구간별 사용 Tap(V)	
		5% 이하	5~10% 이하
110V	12,600/210-105V	12,000	11,400
	12,600/230-115V	13,200	12,600
	6,600/210-105V	6,000	5,700
220V	12,600/460-105V	13,200	12,600
	12,600/460-230V	13,200	12,600
	6,600/460-230V	6,600	6,300

표 5 주상변압기 Tap 변경점 지정 운영

구분단위	내 용
100	배전설비 분포가 선원측 전압강하 5% 이내인 경우
200	배전설비 분포가 전원측 전압강하 5% 초과인 경우

정 및 시행결과) → 해당 배전사업소

- (3) 배전운영부서:수용가 공급전압을 측정기준에 의거 측정하여 적정여부 확인하고 필요한 경우 AVR 정정 전후의 시간대별 일일 송출전압 기록내용 요청

경우 수시로 시행하고 사업소 자체보고 후 계산결과 보존

- (다) 1차 배전선로가 전압강하 한도를 초과하거나 초과가 예상되는 경우에는 배전선로 보강
(라) 배전선로 보강시 회선분리, 전선교체, AVR설치 등의 방법으로 처리

2.4 배전선로 전압관리

가. 배전전압 유지기준(표 2)

나. 배전 설비별 전압강하 배분한도(표 3)

다. 배전선로 전압유지

(1) 1차배전선로

- (가) 배전선로의 전압강하는 10(%) 이내로 한다.
(나) 1차 배전선로의 전압강하율 계산은 최대부하 실적을 고려하여 배전선로 전압 강하 계산 프로그램을 활용하여 매년 정기적으로 4/4 분기 또는 필요할

(2) 주상변압기

(가) 주상변압기 Tap 조정

- 배전선로의 주상변압기 1차 Tap은 5개로서 전압강하율이 10(%) 이내일 경우 적정 Tap을 선정하여 사용
- 배전선로 전압강하 구간별 주상변압기 Tap 조정
- 저손실형 및 자기진단형 주상변압기 등과 같이 무 Tap 변압기는 전압강하가 5% 이내인 구간에만 설치

(나) 주상변압기 Tap 변경점 지정 운영

- 배전선로 전압강하 계산프로그램에

의해 계산된 간선 및 분기선의 전압강하가 5(%)인 지점을 주상변압기 Tap 변경점으로 지정하고 회선별 단선도 상에 블록 단위로 구분하여 운용(표 5)

- 주상변압기 Tap 위치 표시 고무각인 사용

(3) 저압선 및 인입선

(가) 저압선 및 인입선의 시설은 전압강하를 고려하여 배전설계 기준에 따라 적정 수준으로 유지

(나) 연접 인입선의 제한 기준은 도심지역 1호, 농어촌 지역 3호 이내로 하고, 연접 인입선 기준 공장은 20m 이내로 한다. 단, 현장 여건상 부득이한 경우에는 부하전류 및 공사여건을 고려하여 예외로 할 수 있다.

2.5 수용가 전압 표본측정

가. 표본전압 측정기준

(1) 측정회수

(가) 전기사업법에 의거 하계, 동계로 나

누어 연 2회 측정 → 1999년부터 연 1회로 변경

(나) 동계 측정시에는 하계 측정개소와 동일조건의 인근개소를 선정

(2) 표본전압 측정대상

(가) Bank 별 측정

- 배전용 변전소의 ULTC 자동운전에 따른 송출전압의 적정여부를 확인하기 위하여 Bank 별로 모선 PT 2차 전압을 측정(110V기준)

- Bank 별 측정결과는 전압 적정률 산정에서 제외

(나) 회선별 측정

- 수용가 전용 공급선로를 제외한 전 배전선로를 측정대상으로 한다.

- 회선별 측정 대상 선정

① 일반배전선로(저압수용가)

㉞ 전압강하 5% 이내 선로는 최말단 주상변압기의 직하 및 말단 수용가를 측정

㉟ 전압강하 5% 초과 배전선로는 5% 지점(Tap변경점) 주상변압기 직하 및 말단 수용가와 최말단 주상변압기 직하 및 말단 수용가를 측정

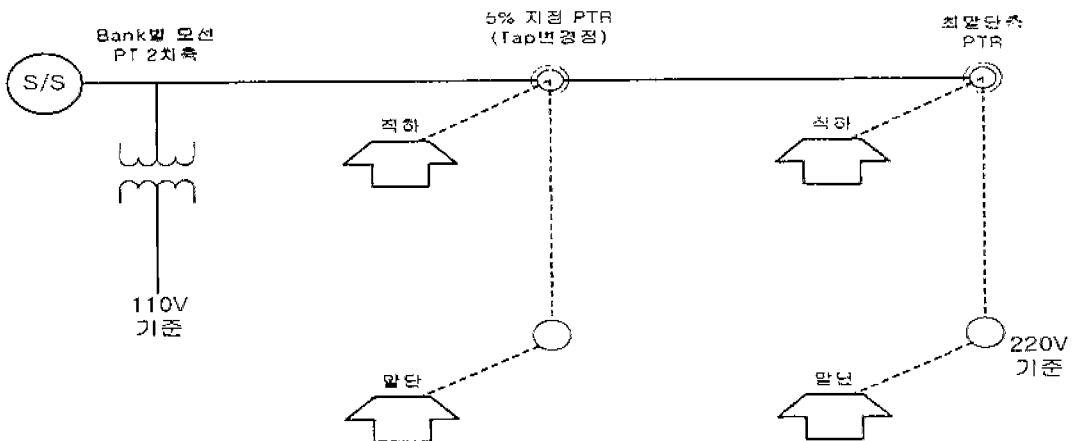


그림 1 측정지점 및 전압

- ② 공단 단독 공급선로(고압 수용가)
 - ㉞ 배전선로 최말단에 위치한 1개 수용가를 선정하여 측정
- ③ 측정지점 및 전압
 - ㉞ 일반 배전선로는 저압 수용가(전등)의 옥내 인입선(누전차단기 및 개폐기 2차측) 전압 측정
 - ㉟ 공단단독 공급선로는 고압수용가(수전설비) 구내의 저압측(PT 및 MOF 2차측) 단자전압 측정
- ④ 측정방법
 - ㉞ 변대별로 선정된 측정대상은 동일일자와 동일 시간대에 측정
 - ㉟ 측정기기는 기록형 전압계를 이용 24시간 연속측정
 - ㊱ 저압 수용가에 대한 110V, 220V 전압의 선정은 지역특성에 따라 균등 배분하되 변대단위는 동일전압으로 측정

나. 표본전압 측정관리

(1) 측정계획 수립

- (가) 수용가 전압 표본측정은 매년 1/4분기 중에 측정계획을 수립
- (나) 수용가 표본전압 측정관리는 1차 사업소 주관으로 시행하여야 하며 1차사업소 담당부장은 다음 사항을 이행
 - ① 연간 측정계획 수립 및 측정시행 지시(1/4분기 이내)
 - ② 관련직원 교육시행(수시)
 - ③ 관내 2차사업소의 측정기기 관리실태 점검(수시)
 - ④ 부적정전압 발생원인 분석 및 대책 수립
 - ⑤ 측정결과 본사보고 등

(2) 현장측정

- (가) 기록형 전압계는 사전에 휴대용 계

측기(정밀급)와 측정전압의 일치여부를 확인하고 계기오차 발생시 국가교정 검사기관에서 교정을 시행

- (나) 기록형 전압계는 취급에 유의하고 정확한 측정이 되도록 표본측정 수용가에 주의사항 안내
- (다) 사업소간 배전선로 공용시 배전용 변전소로부터 부하측에 해당되는 사업소에서 측정함을 원칙으로 하되 1차사업소 지시에 따른다.

(3) 기록형 전압계 관리

- (가) 기록형 전압계는 사업소별 정수기준에 따라 적정수량을 확보
- (나) 불량품 발생 및 고장 등으로 정수기준에 대한 부족분이 발생한 경우에는 사업소 자체적으로 구입하여 사용

(4) 측정결과 기록 및 보존

(가) 측정결과와 기록

① 전압 측정기록지의 기재사항은 다음과 같다.

- 표준전압
- 측정지점이 속한 배전선로가 인출되는 발·변전소 및 배전선로의 명칭
- 측정년월일
- 측정전압의 30분 평균 최대치 및 평균 최소치와 그 평균치
- 측정계기의 형식 및 번호
- 측정자 성명

단, 전자식 전압측정기에 의해 측정시에는 측정결과 분석화면을 출력

② 전압 측정 기록부는 매 건에 대하여 순번 및 I.D. No를 부여하여 기록지와 대조시 확인이 가능하도록 작성

- 최대, 최소전압 발생시간은 측정기록지와 대조하여 30분 평균치를 기록

- 전압측정 기록부의 내용은 담당 간부가 확인

③ 주상변압기 또는 PT(MOF) 기록난에

표 6

구 분	발 생 원 인	조 치
송출전압 불 량	배전용 변전소의 송출전압이 부하상황에 따라 규정전압 범위 이내로 유지되지 않은 경우	해당 전력관리처 공무원에 송출전압 조정을 의뢰하고 조치결과를 확인하여 보존
1차 배전선로 전압강하 과다	배전선로 전압강하가 기준 치를 초과하여 발생할 경우	부하분리 및 선로보강 시행 또는 자동전압조정기 설치
주상변압기 Tap 위치 부 적 정	배전선로 전압강하율에 따라 주상변압기의 Tap 위치가 적정위치에 있지 않은 경우	주상변압기의 Tap 위치를 확인하고 적정위치로 조정
저압선 및 인입선 전압강하 과다	저압선로가 장공장이거나 사용전선의 용량부족 및 연 접수용 과다로 전압강하가 발생한 경우	- 주상변압기 신설 및 부하 분리 - 저압간선 교체 및 연결 인입선의 분리

는 1차 및 2차 전압을 표시

- ④ 배전용변전소의 BANK별 모선 P.T. 2차전압 및 고압수용가(수전설비) 구내의 저압측 단자 1상전압을 측정하여 1차 전압으로 환산하여 표시(저압측 단자전압을 110V 기준으로 측정하고 있으나 계측기의 정도에 따라 오차는 변할 수 있음)

(나) 측정결과외의 보존

수용가 공급전압에 대한 측정결과외의 기록은 3년간 보존

다. 측정결과 보고

(1) 측정결과 확인

- (가) 기록형 전압계에 의해 측정된 기록내용의 오차 발생여부, 측정누락 여부를 확인
- (나) 변전소 Bank별로 측정결과를 분류하고 각 Bank의 모선 P.T. 2차측에서 측정된 결과를 분석하여 변전소 송출전압의 적정여부 확인
- (다) 부적정 전압의 판정은 측정전압의 30분 평균치가 규정전압 유지범위를 초

과하는 개소가 있는 경우를 종일 부적정으로 한다.

(2) 보고서 작성

- (가) 측정결과를 측정기록부에 정확히 기재하고 누락여부 확인
- (나) 1차 사업소별로 측정결과 보고서를 작성하여 측정 종료일로부터 15일 이내에 분사에 보고
- (다) 보고내용은 전압측정연보, 전압측정기록부, 배전선로 현황, 전압측정기 보유현황, 불량전압 발생개소 원인 분석표 등

(3) 부적정전압 원인분석 및 조치(표 6)

3. 정 전

3.1 국내의 정전

3.1.1 정전의 종류

- 작업정전
- 고장정전(순간정전, 영구정전)

3.1.2 정전의 정의

- **작업정전**: 본사에서 지사로, 지사에서 지점으로 연간 계획을 세워 정전시간을 할당해주면, 각 지점에서 정해진 범위 내에서 계획을 세워 운영하게 되는 정전을 의미한다.
- **고장정전**: 계획되어 있지 않던 정전이 발생한 경우
- **순간정전**: 5분 미만의 정전
- **영구정전**: 5분 이상의 정전

3.1.3 정전의 인지방법

- (1) CB가 Rock-out된 경우(영구정전의 경우)와 CB가 재폐로된 경우 SCADA(배전사령실)에 고장구간과 고장시간이 명기된다.
- (2) 전력사령실에서 감지하여 배전사령실에 연락해 준다.
- (3) 유인변전소의 경우 변전소 운전원이 기록 및 사고 분석자료를 배전사령실에 보고한다.
- (4) 순간정전이든 영구정전이든 수용가에서 전화가 오는 경우도 있다.
- (5) R/C만 동작하는 경우도 있는데, 이런 경우를 조사하기 위해 매월 각 지사 및 지점에서는 배전선로(D/L)에서의 R/C

Counting 횟수를 기록하여 확인한다.

3.1.4 정전시간의 계산

: 고장구역의 수용호수와 복구시간을 넣으면 프로그램(정전관리 통합 프로그램)으로 계산된다.

⇒ 지점의 정전시간은 모든 선로를 총합한다. 지사의 총 정전시간은 각 지점의 정전시간을 종합한다. 전국의 정전시간은 각 지사의 정전시간을 종합한다.

① 사업소별 산출의 경우

- 지점분

○ 호당 정전회수(A) =

$$\frac{\text{해당지점 정전저압수용호수}}{\text{해당지점 저압수용호수}} \text{ (회)회/호}$$

○ 호당 정전시간(B) =

$$\frac{\text{해당지점 연정전호수정전시간}}{\text{해당지점 저압수용호수}} \text{ (분)분/호}$$

- 지사 및 본사분

○ 호당 정전회수 =

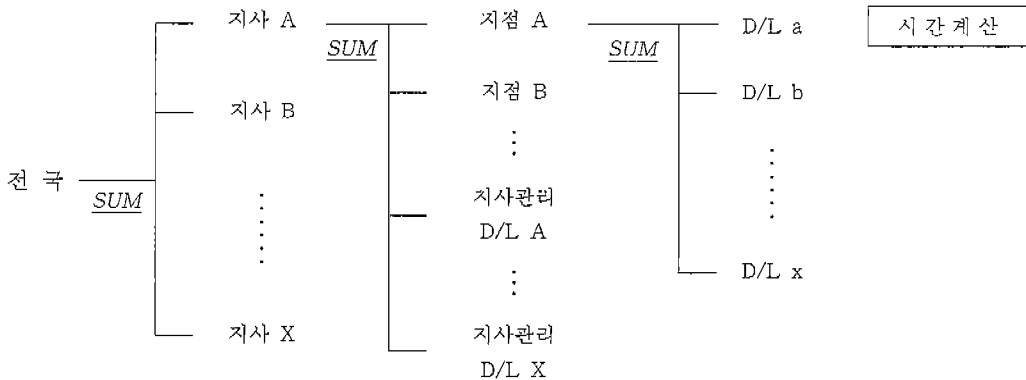


그림 2 정전시간의 계산

$$\frac{\sum(\text{각 지점 저압수용호수} \times (A))}{(\text{각 지점 저압수용호수})} (\text{회}) \text{회} / \text{회}$$

○ 호당 정전시간 =

$$\frac{\sum(\text{각 지점 저압수용호수} \times (B))}{(\text{각 지점 저압수용호수})} (\text{회}) \text{분} / \text{회}$$

3.1.5 보고절차

- SCADA의 화면에 동작시간 변전소명 D/L 명이 명기되며, 이는 정전관리 통합 시스템(프로그램) 운영방법에 의하여 입력을 한다. (본사에서는 항상 열람이 가능하다)
- 순간정전이든 영구정전이든 R/C만 재폐로 된 경우를 제외한 정전에 대해서는 원인을 조사하여 보고한다.
- 순간정전 중에서 R/C만 재폐로 되는 경우의 순간정전에 대해서는, 매일 각 지점에서 선로(D/L)에서의 R/C Counting 횟수를 체크하여 보고한다.

3.1.6 열람방법

- 각 지점이나 지사에서는 123고장 접수(고장접수 및 보고 LIST)에 등록만 해놓으면 본사에서는 언제든지 열람이 가능하다.

○ 다음호에 계속 됩니다

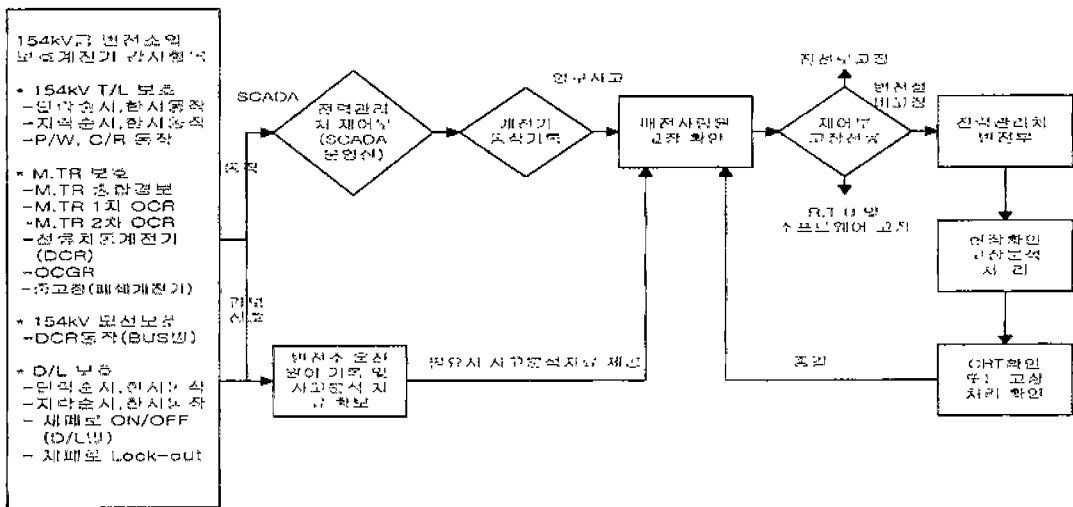


그림 3 계전기 동작시 처리과정