

일본전기기술사 문제 해설 ②



◆ 자료제공 서울공과대학원

☎ 02)676·1113~41

클/기술사 용인공업전문대 교수 류상룡

기술사 두원공업전문대 교수 김세동

일본의 기술사 자격시험제도

일본의 기술사 자격시험제도는 기술사법 11조 1항에 의거 과기처장관의 지정기관인(사)일본기술사회가 실시하고 있다. 전에는 우리나라와 같은 제도로 시행하고 있었으나 5년전부터 미국식 기술사 시험방법을 일부 보정하여 기술사보 시험과 기술사 본시험으로 나누어 다음과 같이 시행하고 있다.

기술사보 시험에서는 공통과목(물리, 수학 위주)과 전문과목으로 구분하는데 4년제 대학 졸업자 및 1급 기사자격 소지자는 공통과목만을 면제받을 수 있다. 그의 대학 졸업후 실무경력(7년)설계, 감리, 시공 구분없음이면 기술사 본시험에 응시할 수 있는 것은 우리나라와 같은 조건이다.

그러나 기술사보 자격자가 기술사 본시험에 응시할때는 기술사 밑에서 4년간의 경력(설계업무)이 있어야 한다. 이것은 미국과 같은 조건이며 이에 비해 우리나라에서는 4년제 대학 졸업후 7년 경력자(설계, 감리, 시공 구분없음) 또는 1급 기사로서 5년 경력자는 기술사 시험을 볼 수 있다.

일본의 전기기술사는 우리나라와는 달리 8개 분야(발전배변전, 전기설비, 전기기기, 전기응용, 전기재료, 전기통신, 전자응용, 계측제어)로 나누어 져 있으며, 기술사 본시험에서는 각 분야마다 필수과목과 선택과목으로 나누어 시험을 치른다.

본지에서는 전월에 이어 우리나라의 전기기술사 시험을 준비중이거나 관심을 가지고 있는 전력기술인들을 위하여 일본 전기부분의 기술사 문제 중 발전배변전 분야의 최근 기출제된 문제를 중심으로 우리나라 기술사시험에 맞게 해설·정리하여 연재해 보고자 한다.

문제 1] 터빈발전기의 여자방식에 있어서 20년 정도의 기술진보와 변천에 대해서 설명하여라. (平成 2年, 1990년)

해설

1. 여자시스템의 기본 기능

터빈발전기 여자시스템의 기본 기능은 동기기의 계자권선에 직류 전류를 공급하는 기능으로서 계자전압을 조정하여 계자전류를 제어함으로써 전력계통의 만족스런 성능 구현에 필수적인 보호기능과 제어기능을 수행하는 것이다.

발전기 여자시스템에 의한 제어기능에는 전압제어, 무효전력제어 그리고 계통안정도 향상을 포함하고 있으며, 보호기능에는 동기발전기, 여자시스템과 타 설비들이 그들 자신의 능력 한계를 벗어나지 않도록 보호하는 기능을 포함하고 있다. 동기발전기의 관점에서 볼 때,

첫째 여자시스템은 동기발전기가 연속 운전할 수 있는 범위 내에서의 출력 변화에 응하여 동기기의 계자전류를 자동 제어함으로써 단자전압을 유지할 수 있어야 한다.

둘째로는 발전기의 순간적이고 단시간 능력에 부합하는 계자강화(field forcing)를 수행함으로써 과도적인 외란에 대응할 수 있어야 한다.

이러한 관점에서 발전기의 능력은 높은 계자전압으로 인한 계자권선의 절연과피, 계자전류의 과다로 인한 과열, 부하전류의 과다로 인한 전기자 과열, 부족 여자에 의한 발전기의 철심 끝단(core end)부 과열과 전압 주파수비(V/Hz)의 증대로 과다 자속에 의한 과열 등으로 제한받고 있다.

각 인자에 의한 열적 한계는 시간 의존적인 특성을 가지고 있으며 동기발전기의 단시간 과부하 능력은 15초에서 60초 범위에 있으나 일반적으로는 과부하의 크기에 따라 반한시 특성을 가지고 있다.

2. 여자시스템의 기술진보와 변천

(1) 직류 여자시스템

교류발전기가 최초로 출현하였을 때 계자시스템에 대한 전원공급장치로 직류발전기를 이용한 직류 여자시스템이 사용되었다. 직류발전기는 주 여자시스템이나 부여자기로 사용되었을 뿐 아니라 후에는 회전증폭기 또는 앰플리다인(amplidyne)으로 알려져 있는 제어증폭기로도 사용되었다.

직류 여자시스템은 정류와 브러시 장치 그 자체로서 뿐 아니라 이들로 인한 불꽃발생 등으로 어려움을 겪어 왔으나 발전기 과도상태에서의 성능향상에 사용되는 양방향 동일출력전압을 공급할 수 있는 능력을 가진 특별한 장점도 갖추고 있다.

(2) 교류 여자시스템

직류 여자시스템은 1920년대로부터 1960년대에 걸쳐 사용되어 왔지만 브러시 장치와 정류에 따르는 불꽃 등의 문제에 의한 전류공급의 제한으로 인하여 교류 여자시스템(AC excitation system)으로 대체되었다. 교류 여자시스템은 정지형 반도체 정류기를 이용하여 정류된 직류를 슬립링을 통하여 발전기 계자권선에 공급하는 정류자 없는 교류 여자시스템(commutatorless excitation system)이거나 축상에 설치된 회전정류기를 통해서 직접 전류를 공급하는 브러시 없는 여자시스템(brushless excitation system)이 있다.

(3) 정지형 여자시스템

급속한 반도체 기술의 발달로 고전압 전류에서 운전 가능한 사이리스터를 사용한 정지형 여자시스템(static excitation system)이 도입되었다.

반도체 소자 중 사이리스터의 개발 활용과 함께 정지형 정류기의 역할이 급격히 변화하였다.

사이리스터 정류기는 발전기 계자에 공급하는 여자전력을 직접 제어할 수 있는 소자로서 다이오드와 같이 전류를 한 방향으로만 공급함과 아울러 다이오드와는 달리 공급 전류의 크기를 도통 시점 즉, 점호각을 조절함으로써 제어할 수 있다.

여자전력의 크기는 사이리스터의 점호각을 제어함으로써 조정됨에 따라 동기발전기에 다이오드 전파 정류기를 사용하여 여자전력을 공급하기 위한 교류 발전기인 주 교류 여자시스템(main AC exciter)이 불필요하게 되었다. 이러한 주 교류 여

자기를 사용하는 시스템의 시정수에는 기본적으로 주 여자시스템 권선에 의한 시지연(time delay)이 있기 때문에 이를 제거한다는 것은 여자시스템의 응답 시간을 빠르게 하고, 결과적으로 동기발전기의 과도 안정도를 향상시키게 된다.

정지형 여자시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 발전기의 계자전원을 발전기의 출력단에서 변압기를 통하여 계자에 공급하는 것은 AC 여자시스템에 비하여 구조가 간단하고 설치가 쉽기 때문에, 현재 여자시스템의 주종을 이루고 있다.

그러나 이러한 여자시스템은 발전기 출력단의 전원을 여자시스템의 전원으로 이용하기 때문에 제어 범위가 좁고 발전기 출력단에서 고장이 생긴 경우에는 여자 전원을 상실하기 때문에 상당히 불완전한 요소를 가지고 있다. 따라서 그림 2와 같은 컴파운드형 시스템이 개발되었는데, 이는 발전기 출력단에 고장이 생기더라도 정전류 기능을 갖고 있는

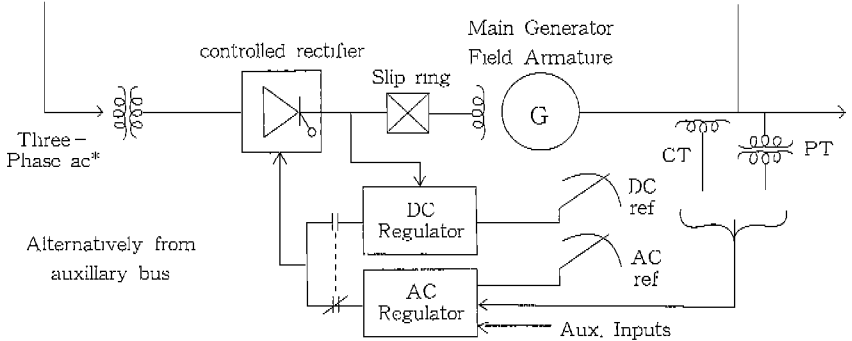
인덕턴스를 이용하여 여자시스템의 안정도를 높이는 것이다. 또한 계자를 2중으로 만들어 하나는 정지형 여자시스템과 같이 만들고 또 하나는 직류전원을 인가하여 고장에 대한 안정도나 제어범위를 넓히는데 목적을 둔 Dual형 여자시스템도 있다.

문제 2] 전력용 피뢰기의 종류에 대하여 설명하여라. (平成 6年, 1994년)

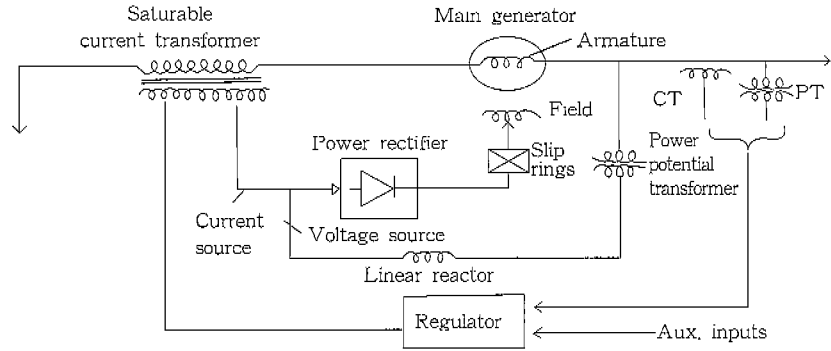
해설

1. 개요

강전용(強電用)피뢰기는 일반적으로 Arrester라고 호칭되고 있지만, 정식으로는 전력용 피뢰기이



<그림 1> 정지형 여자 제어시스템



<그림 2> 컴파운드형 정지형 여자 제어시스템

다. 국내에서는 KS로 규정되고, 해외에서는 IEC 규격으로 Surge Arrester로 규정되고 있다.

Arrester(또는 피뢰기)는 뇌(번개)에서 기인하는 과전압(Surge Voltage)으로부터 전력용 기기(변압기, 차단기 등)를 보호하고 고장·정전 등을 예방하며, 양질·안정된 전력을 수용기에 공급하기 위해 전력계통에서는 없어서는 안되는 중요한 기기라고 말할 수 있다.

전력용 피뢰기는 일반적으로는 변전소, 배전선, 전차, 전철 등에 설치되지만 근년에 이르러서는 송전선이나 기기내장용, 기타에 폭넓게 적용되고 있다.

2. 피뢰기의 역할

피뢰기는 뇌과전압(뇌 서지)으로부터 기재를 보호하기 위해서는, 반도체의 비직선 저항특성을 이용하여 이 반도체를 회로와 어스의 사이에 접속시켜 평상시에는 절연상태로 해놓고 있다가, 서지가 침입하면 즉시 저저항으로 되어서 어스로 전류를 인도하여 이 서지전압을 억제하며, 서지가 통과한 후에는 원래의 절연상태로 복귀하는 장치가 유효하다. 이 비직선저항으로서 종래에는 탄화규소(SiC) 손자가 사용되고 있었으나, 1975년경부터 비직선특성이 극히 우수한 산화아연(ZnO) 소자를 사용하는 전력용 피뢰기가 실용화되어, 현재는 이 형식(정식으로는 산화아연형 피뢰기)이 추류로 되어 있다.

3. 강전용 피뢰기의 종류와 특성

전력용 피뢰기는 표 1과 같이 용도 및 사용목적에 따라 여러가지 종류가 있으며, 대표예로서 발·변전소용의 애자형 피뢰기의 특징에 대해서 설명하면 다음과 같다.

ZnO소자는 그림 1에 표시하듯이 종래의 SiC소자에 비해서 우수한 비직선 저항특성을 가짐으로, SiC에서와 같이 상시운전전압에 견디기 위해 불가결했던 직렬갭(gap)이 불필요하게 되고, 소위 “갭레스(gapless)”가 가능하게 되었다.

이 때문에 종래의 직렬갭부착 피뢰기(또는 다중갭형 피뢰기)에 비해 보호특성, 서지처리능력(에너지 내력), 내오손특성, 소형경량화, 내진성 등의

여러 성능이 대폭으로 향상되었다(표 2).

또 이 ZnO소자로 된 전력용 피뢰기는 갭레스(gapless)이기 때문에 소형이고 모든 절연매체중에서 사용할 수 있다는 잇점이 있어, 이 산화아연형 피뢰기는 여러가지 분야, 용도에 적용이 확대되고 있다. 발·변전소용에서는 SF₆ 가스절연기기내장(GIS 등), 유입기기내장(트랜스, 리액터 등)에 의한 소형화·신뢰성 향상에, 배전계통에서는 주상변압기, 개폐기 등의 복합화에 의한 내뢰보호성능의 향상에, 또 배놓을 수 없는 것에는 송전선철탑에 취부함으로써 정전을 방지하는 등의 효과가 있으며, DC용으로서도 전철용으로부터 DC송전에까지 폭넓게 적용되고 있다.

4. 강전용 피뢰기의 개발 동향

강전용 피뢰기는 19C말·20C초까지는 각종 구석을 거쳐오다가 1930년대에 이르러서는 직렬갭부착 SiC소자형으로 옮겨갔다.

이것은 비직선저항형 또는 반저항이라 불렀으며, 구석에 비해 보호성능, 서지내량, 메인터넌스프리 등의 점에서 월등했기 때문에, 제2차 대전후는 전력용 피뢰기를 대표해 왔다.

그러나, 초고압계통의 실현에 따라 뇌서지 뿐만 아니라 개폐서지(Switching surge)의 보호까지 피뢰기에 요구하게 되어 단순한 불꽃갭(Spark gap)이 아니고 속류차단능력이 큰 자기취소형의 갭형 피뢰기가 미국에서 개발되어 1955년부터 세계적으로 적용되어 왔다.

이 자기취소형 갭피뢰기는 기본적으로 직렬갭부착 비직선저항형의 숙명적 과제인 내다중뢰, 내오손, 초중책무, 콤팩트화라는 과제를 해결하지 못했다. 1967~1968년경 일본에서 개발된 「산화아연을 주성분으로 하는 약전용 바리스터」는 상기의 제과제를 전부 해결할 수 있는 가능성을 가지고 있었기 때문에, 이것을 베이스로 전력용 피뢰기를 개발하는 연구를 진행하여 1975년에는 세계에서 제일 먼저 66kV급의 전력용 갭레스 피뢰기(gapless arrester for electric power)를 실용화했다.

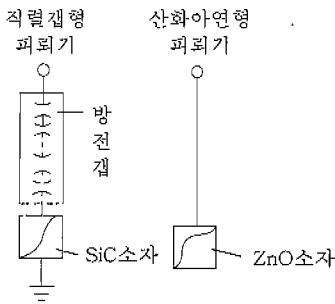
이 ZnO소자는 비직선특성이 지극히 우수하며, 에너지내량(J/cm²)이 크기 때문에 갭레스화와 콤팩트화가 가능하게 되고, 병렬사용에 의해 서지내량

<표 1> 강전용 피뢰기의 종류

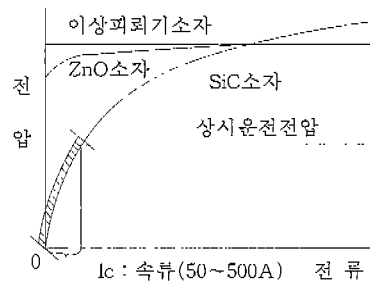
용도	사용 목적	분 류	비 고
발·변전소용	발·변전기기의 보호	에자형	변압기·보선·인입구 등에 설치
		탱크형	GIS용 이외에 변압기·차단기의 탱크에 취부
		기기내장형	변압기·리액터·차단기 등에 내장
배전용	선로보호	에자형	고압배전선에 100~200m 간격에 설치
	기기의 보호	기기내장형	주상기기(변압기·개폐기 등)에 내장 또는 외부 취부
	기 타	에자·선로보호	전선지지에자에 내장 또는 외부 취부
송전용	선로보호	송전용 피뢰장치	포리머 에자사용갭부가 주류
	케이블 보호	케이블용	케이블헤드 취부형과 내장형 이외에 별치 탱크형도 있음
	기 타	방식층 보호	전력케이블의 접속점(크로스본드)에 취부. 기타
전철용	변전기기의 보호	에자형	직류용은 에너지 내량이 큼
	차량탑재기기의 보호	차량탑재용	
	선로보호	기전용	DC용과 AC용이 있음
기 타	교·직변환소의 보호	변환소·선로보호	주파수 변환소·교직변환소 등에 상용됨
	저압용	저압배전용	해외에서 사용되고 있음
	기 타	제어·통신·산업기기용	

<표 2> 직렬갭형(series gap type)과 산화아연 피뢰기의 비교

기 술 과 제	직 렬 형 의 문 제 점	산화아연형에 의한 해결내용
내다중뢰 성능의 향상	다중뢰에 대해 직렬갭의 절연저하로 인해 지락사고에 이르는 수가 있음	소자의 전압·전류 비직선 특성이 극히 우수하기 때문에 상시운전전압에서는 물론이고 동작후의 속류가 없음(과열절연열화로 인한 지락사고가 없음)
내오손성능의 향상	직렬갭의 절연이 불안정하게 되어 지락사고로 이어지는 때가 있음	직렬갭이 없으므로 좌기와 같은 문제가 없음
개폐 서지에너지 흡수능력의 향상	직렬갭의 개폐 서지에너지 처리에 기인한 절연특성유지에 한계가 있음	직렬갭이 없으므로 좌기와 같은 문제점 없음. 또 병렬사용으로 큰 서지에너지도 대응할 수 있음
소형화·복합화	직렬갭이 존재하기 때문에 소형화가 곤란	직렬갭이 없으므로 소형화가 쉽고 성능이 안정되고, 신뢰성도 향상



(a) 피뢰기의 원리 및 방식



(b) 양소자의 비직선 특성의 비교

<그림 1> ZnO소자의 원리 및 특성(SiC 소자와 비교)

을 자유로이 크게 할 수 있고, 더욱이 무속류이기 때문에 내다중회·내오손성능도 대폭으로 향상할 수 있다는 이상적인 피뢰기이다.

이 때문에 일본은 1980년 이래는 세계적으로 전력용 피뢰기의 주류가 되어 현재에 이르고 있다.

문제 3] 빌딩 지하에 설치하는 변전소의 설계시에 환경보전 및 방재면에서 고려하여야 할 사항에 대하여 설명하여라.
(平成 7年, 1995년)

해설

1. 개요

최근 도심지에 초고층 복합건물의 건설확대로 인하여 전력다소비 대수용가가 증가하면서 도심에 변전소가 설치되고 있으나, 용지취득의 곤란, 환경조화의 문제 등으로 건물 지하에 변전소가 설치되고 있다. 따라서, 도심 건물지하에 설치하고 있는 변전소는 고신뢰도가 요구될 뿐만 아니라 환경조화, 방재대책, 안전성확보 등에 유의하여야 한다.

2. 도심지하 변전소 설계시 고려할 사항

(1) 신뢰도의 향상

- 고신뢰도의 기기를 사용하여 사고 파급의 영향을 최소화하도록 하여야 하며, 또 사고 발생의 원인이 되지 않도록 한다.
설치 공간의 여유가 없기 때문에 사고 후의 처리에 상당한 시간이 필요하며 정전 시간이 길어진다.
- 고신뢰도 결선방식을 채용하여 사고의 파급범위를 국한시킨다.
- 설비의 사고시에도 단시간에 공급을 재개 하도록 한다.
- 자동조작장치를 사용하여 전원의 변환을 자동적으로 실시하여 무정전공급을 목표로 한다.

(2) 환경대책

- 주변환경과 조화를 도모하여, 일조(日照)를 확보한다.
- 변압기 및 차단기 등에서 발생하는 소음과 진동을 가능한 한 방지한다.
- 건설중인 진동, 소음에도 세심한 주의를 하고, 지하공사에서는 지반 침하, 우물물에도 주의한다.

(3) 입지 조건 고려

- 밀폐형 복합기기 등 콤팩트한 기기를 채용하여 입체적으로 배치하고, 설치공간을 가능한 한 작게한다.
- 옥내식, 지하식으로 하고, 근접지역의 민가에 영향을 최소화하고, 동시에 토지, 건물의 다각적인 이용을 고려한다.
- 변전소 전용의 기기 반입 루트 및 취급을 위한 공간을 확보한다.

(4) 방재대책

- 사고 발생시에 재해가 주변으로 파급되지 않도록 한다. 내화재의 사용, 방화구획, 연소방지, 자동화재 탐지, 소화설비의 설치, 기름의 유출방지, 피난 통로의 확보 등이 필요하다.
- 주변에서의 유사한 연소의 방지
- 수해 등이 변전소에 파급되지 않도록 한다.

3. 결론

도심부 등 용지 확보가 곤란한 경우에는 빌딩이나 공원 등의 지하에 변압기 및 주유 기기를 설치하는 방식이 요구된다. 최근에는 우수한 소호능력과 절연기능을 가지며 설비의 축소화를 도모한 것이 가스절연개폐장치이며, 이러한 가스절연개폐장치를 중심으로 여기에 모선, 계기용변성기, 피뢰기 및 접지장치까지를 모두 가스봉입 금속용기내에 수용한 가스절연변전소(gas insulation substation)가 설치되고 있다. 근래에 들어 우리나라에서도 상기한 용지 문제 외에 소음과 환경대책의 일환으로 지하식 변전소가 건설되는 것이 요구된다.