

診斷用 X線裝置의 電源設備와 點檢

新丘專門大學 放射線科

金 英 一

Checking and Mains Supply of Diagnostic X-ray Equipment

Young Ill Kim

Dept. of Radiotechnology, Shin Gu Junior College

1. 電源設備

전원설비는 X선실에서부터 주상변압기까지의 설비를 말하고, 여기에는 전원개폐기, 인입선, 주상변압기가 해당이 되며, 기술적, 경제적으로 장치의 효율이 가장 좋고, 장치의 전 능력을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

진단장치는 1~수초간의 단시간부하가 주가 되므로 단시간정격을 기준으로 해서 最大使用電力을 계산하고, 이에 따라서 주상변압기 용량을 결정하고, 裝置에 흐르는 全電流를 구해서 인입선의 굵기를 결정하는데, 이때는 全電流가 주상변압기 및 인입선에 흐르므로서 생기는 전원전압강하가 10% 이하가 되도록 인입선의 굵기를 선정해야 한다(KSA 4022, 5항). 주상변압기 용량과 인입선 굵기를 계산하는 관계 식을 알아 보면 다음과 같다.

① $I = \frac{V}{R} [A]$ Ohm's law

② $V = IR [V]$전압강하

③ $R = \rho \frac{l}{S} [\Omega]$ 도체의 전기 저항

④ $P = EI [W]$ 유효전력

⑤ $P_a = EI [VA]$
 $= EI \times 10^{-3} [KVA]$ 피상전력

⑥ $Z = \frac{V}{I} [\Omega]$ 임피던스

⑦ $I_{RMS} = I_{mean} \times 1.11 [A]$ 전류실효치

⑧ $V_{RMS} = V_{max} \div 1.414 [V]$ 전압실효치

⑨ $1 [A] = 1,000 [mA]$, $1 [mA] = 0.001 [A]$

⑩ $1 [kV] = 1,000 [V]$, $1 [V] = 0.001 [kV]$

例) 다음의 장치에 대한 주상변압기의 용량 및 인입선의 굵기를 산출해 보자[단상전파정류장치 최대출력 60 [kV], 500 [mA], 1 [sec], 연속출력 95 [kV], 10 [mA], 정류관가열전압 17 [V], 8 [A], 4 [개], X선관가열전압 12 [V], 5 [A], 장치의 역율 80 [%]

A) 주상변압기 용량

o X선관의 전력

* 이 講座는 「京畿道放射線士會」 주최 放射線士補修教育(1985.4.28, 동남보건전문대학 강당)에서 발표되었음.

$$(500\text{mA} \times 1.11) \times (60\text{ kV} / 1.414) = 0.55$$

$$[\text{A}] \times 42,400 [\text{V}] = 23,300 [\text{VA}] = 23.3[\text{KVA}]$$

o 정류관 및 X선관 가열전력

$$(17 \times 8 \times 4 \times 10^{-3}) + (12 \times 5 \times 10^{-3}) = 0.604$$

$$[\text{KVA}]$$

- o 이상 합계는 $23.3 + 0.604 = 23.9 [\text{KVA}]$
- o 장치의 최대사용전력은 역율이 80 % 이므로 $23.9 \div 0.8 \approx 30 [\text{KVA}]$
- o 주상변압기 용량은 순간부하에 대해 배정도의 과부하에 견딜수 있으므로 $30/2 = 15 [\text{KVA}]$ 이면 충분하다.

B) 인입선의 굵기

전원전압 100 [V], 60 [Hz], 주상변압기 15

[KVA], 주상변압기와 X선장치간 거리 50 [m]
 라면, $V = I(Z_t + Z_w)$

$$= IZ_t + Z_w$$

Z_t : 주상변압기 임피던스

Z_w : 인입선 임피던스

장치의 全電流(최대출력시 순간전류)는

$$30 \times 10^3 / 100 = 300 [\text{A}]$$

허용전압강하 10 [V] → 100 [V]에 대해 10 % 이하이므로,

$$10 = 300 \times 0.014 + 300 Z_w$$

$$Z_w = \frac{10 - 4.2}{300} \approx 0.019 [\Omega], Z_w = \rho \frac{l}{S} [\Omega]$$

$$Z_w = \frac{1}{55} \times \frac{50 \times 2}{A} [\Omega]$$

표 1. 주상변압기 내부 임피던스

변압기 용량 [KVA]	주파수 60 [Hz]時 임피던스 [Ω]		주파수 50 [Hz]時 임피던스 [Ω]	
	2 차전압 100[V]	2 차전압 200[V]	2 차전압 100[V]	2 차전압 200[V]
3	0.104	0.413	0.096	0.39
5	0.054	0.216	0.05	0.20
7.5	0.034	0.133	0.03	0.122
10	0.024	0.092	0.02	0.084
15	0.014	0.056	0.012	0.05
20	0.01	0.038	0.009	0.036
25	0.007	0.029	0.007	0.028
30	0.0055	0.023	0.005	0.02
40	0.0043	0.017	0.004	0.016
50	0.0033	0.013	0.003	0.012

표 2. 장치형에 따른 권장하는 주상변압기용량

X선고전압 장치의 형명	상 수	주파수 Hz	표준전압 V	허용전압범위 V	허용 최대 임피던스 Ω	권장하는배전 변압기의용량 kVA
RF-300-100	1	50/60	200	180~220	0.133	20
RF-500-100					0.080	30
RF-500-125					0.064	50
RF-500-150					0.051	50
TRF-1000-150	3				0.041	100
콘덴서식	1		100	85~110	0.5*1	-

*1 콘덴서식 전원코드 굵기는 1.25mm² 이상으로 한다.

$$A = \frac{1}{55} \times \frac{50 \times 2}{Z_w} = \frac{1}{55} \times \frac{100}{0.019} \approx 96 \text{ [mm}^2\text{]}$$

∴ 동선의 굵기는 96 [mm²] 이상의 것이 좋다. 만약 전원전압이 200 [V]를 사용하면 전류가 반으로 줄어들어 단면적도 반으로 줄어든다.

이상과 같은 계산에 의해 구할 수도 있지만, 한국공업규격(KSA 4022, 5 항)에는 각 장치에 따른 주상변압기 용량과 인입선의 굵기 및 수동개폐기나 휴즈의 규격을 명시해 주고 있다(표 2).

X선장치의 설치시 표 2, 3, 4에 의해서 전원설비를 간단히 할 수 있다.

2. X線裝置의 點檢

X선장치를 관리함에는 기기 자체의 안전관리와 출력관리로 나눌 수 있으며 이것들이 원활히 되어야 함은 말할 나위도 없는 것이다. 따라서 우리가 취급하는 장치에 대해 어느 점을 어떻게 점검해야 하는가를 알아 보기로 한다. 한국공업규격의 KSA 4021 제 8, 9, 10 항에 의하면 표시 사항, 취급상 주의사항, 정기점검사항이 명시되어 있다.

• 표시

X선장치의 각 단위기기 등에 다음 사항에 해당하는 것을 보기쉬운 장소에 표시하지 않으면 안된다.

표 3. 장치형에 따른 애자로큰 배선의 경우 인입선의 굵기

X선고전압장치의 형명	배전변압기의 용량 kVA	전선의 굵기 (공칭 단면적) mm ²									
		10m 이하	20m 이하	30m 이하	40m 이하	50m 이하	60m 이하	70m 이하	80m 이하	90m 이하	100m 이하
RF-300-100	15	14	22	30	50	60	100	—	—	—	—
	20	8	14	22	22	30	38	50	60	80	100
RF-500-100	20	30	80	—	—	—	—	—	—	—	—
	30	14	22	38	50	80	100	—	—	—	—
RF-500-125	30	22	50	80	—	—	—	—	—	—	—
	50	8	22	30	50	60	80	—	—	—	—
RF-500-150	50	14	30	50	80	—	—	—	—	—	—
TRF-1000-150	100	22	22	30	50	60	100	—	—	—	—

RF : 단상촬영 및 투시 300, 500, 1000 : 최대정격관전류
TRF : 3상촬영 및 투시 100, 125, 150 : 최대정격관전압

표 4. 장치형에 따른 수동개폐기 용량 및 휴즈와 차단기 용량

X선고전압장치의 형명	수동개폐기 또는 삼입접속기		휴즈 또는 배선용 차단기의 규격
	종 류	용 량	
RF-300-100	나이프 스위치	60A 이상	50A 이하
RF-500-100		100A 이상	75A 이하
RF-500-125		100A 이상	100A 이하
RF-500-150		100A 이상	100A 이하
TRF-1000-150		200A 이상	150A 이하
콘덴서식 100, 125 kV형	2극삼입접속기	15A 이상	15A 이하

- (1) 장치의 종류, 형식 또는 그 명칭
- (2) 제조업자명 또는 그 약호 및 주소
- (3) 제조번호
- (4) 설치 년월일 또는 제조년월일
- (5) 정격 전원의 상수 전압 및 주파수
- (6) 소비전력
- (7) 단시간 정격 부하시의 최대피상전력
- (8) 장시간 정격 및 단시간정격
- (9) 최고사용관전압
- (10) 고유여과
- (11) 고압접속부의 구성
- (12) 초점 위치

• 취급상의 주의사항

X선장치는 다음과 같은 장소에 보관하거나 또는 사용해서는 안된다. 특히 이와같은 장소에서 사용하지 않으면 안될 경우에는 미리 제조업자와 충분히 협의하고 장치를 그 환경에 적응하도록 개조하지 않으면 안된다.

또한, 아래의 항목에 적혀있는 주의사항을 취급 설명서의 부속문서에 기재하여야 한다.

- (1) 주위온도가 -10°C 미만 또는 $+40^{\circ}\text{C}$ 를 넘는 장소
- (2) 기압이 700mbar 미만 또는 1060mbar를 넘는 장소
- (3) 유해한 가스가 많은 장소
- (4) 과도하게 습도가 높은 장소
- (5) 수증기에 노출되는 장소
- (6) 물방울이 들어오는 장소
- (7) 먼지 또는 모래먼지가 많은 장소
- (8) 과도하게 기름증기가 많은 장소
- (9) 염분을 포함하는 공기에 노출되는 장소
- (10) 휘발성의 가스 또는 먼지가 있는 장소
- (11) 과도한 진동 또는 충격을 받는 장소
- (12) 10° 를 넘는 경사가 있는 장소
- (13) 전원의 전압에 이상한 변동이 있는 장소
- (14) 전원의 전압이 부하중에 과도하게 강하하는 장소
- (15) 직사일광에 노출되는 장소

• 정기점검

제조업자는 장치의 설치 완료후 1년간 그 성능을 보증하지 않으면 안된다. 단, 소모 (예를 들면, X선관 이미징인텐시파이어등)에 대하여는 제조업자가 정하는 개별보증에 따른다. 사용자는 1년을 넘지 않은 일정 기간마다 장치의 정기 점검을 하고, 필요한 경우, 부품을 갱신하지 않으면 안된다.

정기적으로 점검하는 사항은 다음의 항목과 같다.

- (1) 전원 전압
 - (2) 접지 저항
 - (3) 외관(명판의 확인)
 - (4) 절연 저항
 - (5) 외장 누설 전류
 - (6) X선용 고압케이블의 플러그 및 소켓트 부분의 절연처리
 - (7) 조사장의 편차
 - (8) X선조사 조건
 - (9) 부품의 교체 여부
 - (10) 과부하 자동차단기 및 퓨우즈 또는 배선용 차단기(정격의 확인)
 - (11) 현수 보유기구, 특히 와이어로우프, 체인, 활차 등
 - (12) 소모하는 부품(대전류를 교체하는 접점, 열음극 전자관 등)
 - (13) 주의 명판
 - (14) 설치환경(장치의 수평도, 바닥의 상태, 배선의 상태 등)
- X선장치의 안전관리를 위해서는 상기의 표시 사항, 취급상의 주의점이나 정기점검사항을 준수하고, 다음의 표5의 일반촬영장치의 일일 점검표, 표6 포터블장치 점검표, 표7의 투시촬영장치의 일일 점검리스트, 표8 정기점검표, 표9의 자동현상기 점검표를 작성하고 every day check나 정기점검을 실시한다면 대단히 효과적인 것이며, X선출력관리에 있어서는 품질관리(Quality control, QC)을 위해서 QC측정기가 준비되어야 할 것이다. 표10은 적은 시설, 표11은 중간시설, 표12는 대시설의 측정기 종류를 표시하고 있다.

표 7. 투시촬영장치의 일일점검 리스트

점검 내용	판정	점검내용	판정
제기류	OK NO	TV계	OK NO
배선	OK NO	상의 선명도, 왜곡	OK NO
온도 (5~35°C)	°C	투시 4 mmCu (피사체無)	OK NO
습도 (45~65%)	%	55 kV, 0.5 mA	OK NO
고압케이블 연결상태	OK NO	100 kV, 0.5 mA	OK NO
선원전압 (200~220 V)	V	X선관 특성	OK NO
손상, 록스톱퍼 고정	OK NO	異常音, Starter 동작	OK NO
Power on 표시	ON OFF	50 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
Stand by lamp	ON OFF	60 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
SPT man sec	ON OFF	70 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
CRT	OK NO	80 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
Tubel, Focus-L, High	OK NO	90 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
지지대, 취수부의 안전성	OK NO	100 kV, 200 mA, 0.1sec	mAs
동작범위 속도	AEC의 동작		
투시대동작 (~60° 까지)	OK NO	50 cm, 100 kV, 200 mA, 0.45 sec	OK NO
天板스라이드	OK NO	20 cm, 76 kV, 350 mA, 0.085 sec	OK NO
Spot 가동	OK NO	15 cm, 65 kV, 400 mA, 0.05 sec	OK NO
	Total		OK NO

표 8. 전문가에 의한 정기점검표

시설명:		장치명:	점검일:	점검결과:	점검자:	승인:			
점검내용		점검방법	규정치	6M	1Y	3Y	시간		
I	의용X선관장치 및 부속기()								
1	외관확인(기스, 나사, 파손)	눈으로 확인	이상 없는 것		○				
2	표시확인(명판, 지시, 스킴, 주의사항)	"	"		○				
3	설치환경점검(습도, 온도, 수평, 배선)	"	"		○				
4	소모부품 점검	"	"		○				
5	관용기 누유 확인	방사창, 측판 등에서 누유 확인	"		○				
6	고압케이블, 헤드의 헐거움 확인, 손상확인	손, 눈으로 확인	"	○					
7	코드류 체크	"	"		○				
8	콘, 조리개, 스톱버튼 확인	고정상태를 보고 유격이 없는가 확인	"	○					
9	나사, 보드류 헐거움 확인	헐거움이 없는가, 상태 확인, 진동부 나사 점검	"	○					
10	충여과 확인	고유여과, 부가여과판 재질 두께 확인	U < 60 kV → 1.5 (mmAl) 60 ≤ U ≤ 100 → 2.0 100 < U → 2.5		○				
11	Stator 동작 및 관내 이상음 확인	회전양극의 기동시간을 스톱워치로 측정, 피음 및 고속회전시 동작확인	이상 없는 것	○					
12	光-X선조사야 적합성 확인	광조사야 코너에 L자 크립을 놓고 조사, 다시 코리메터 전부 열고 그중 독사를 행함.	SID에 ±2% 이하	○					
13	빔센터 확인	광조사야 중심에 +자 크립을 놓고 조사, 다시 코리메터 전부 열고 그중 독사(SSD 50~100 cm)	SID에 ±2% 이하	○					
II	X선관출력특성()								
1	X선관출력의 재현성(안정성) 확인	형광량계, 선량계를 이용 일정조건하에서 조사하고 측정, mAs, kV 변화시켜 측정	반복시 변화 없는 것		○				
III	고전압장치								
1	외관확인(기스, 나사, 이그려집, 금)	눈으로 확인	이상 없는 것		○				
2	표시의 확인(주의사항, 명판, 기타)	"	"		○				

	점 검 내 용	점 검 방 법	규 정 치	6M	1Y	3Y	시간
3	설치환경확인(수평, 배선기능, 온도, 습도)	"	"		○		
4	소모품 점검	"	"		○		
5	고압케이블의 접속부 확인	"	"	○			
6	고압변압기 유량, 누유확인	케이지 및 눈으로 확인	"		○		
7	저압 리레이부착, 동작확인	"	"	○			
8	휴즈정격확인	"	"		○		
9	절연저항확인	주회로와 접지단자간 절연저항 측정	2MΩ		○		
10	접지확인	제 3종접지단자와 자기기간의 접지확인, 자기기간의 접지단자와 금속외장간의 접지확인	이상 없는 것		○		

표 9. 자동현상기 점검표

점 검 항 목						
항 목	점 검 내 용					
현 상 탱 크	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
정 착 탱 크	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
수 세 탱 크	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
크로스오버탱크DEV	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
크로스오버탱크FIX	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
건 조 로 러	<input type="checkbox"/> 로울러	<input type="checkbox"/> 기어	<input type="checkbox"/> 스프링	<input type="checkbox"/> 軸受	<input type="checkbox"/> OK	
보 충 계 파 이 프	<input type="checkbox"/> 막힘	<input type="checkbox"/> 누수			<input type="checkbox"/> OK	
유 충 유 량 계	<input type="checkbox"/> 막힘	<input type="checkbox"/> 누수			<input type="checkbox"/> OK	
순 환 파 이 프 계	<input type="checkbox"/> 막힘	<input type="checkbox"/> 누수			<input type="checkbox"/> OK	
배 수 파 이 프 계	<input type="checkbox"/> 막힘	<input type="checkbox"/> 누수			<input type="checkbox"/> OK	
D L 오 프 너	<input type="checkbox"/> 마이크로스폰지	<input type="checkbox"/> 후린더			<input type="checkbox"/> OK	
오 토 필 터	<input type="checkbox"/> 마이크로스폰지	<input type="checkbox"/> 흡반			<input type="checkbox"/> OK	
로 울 러 구 동 계	<input type="checkbox"/> 회전				<input type="checkbox"/> OK	
마 이 크 로 스 폰 지	<input type="checkbox"/> 작동				<input type="checkbox"/> OK	
보 충 펌 프(현상)	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 누수	<input type="checkbox"/> 異常音		<input type="checkbox"/> OK	
보 충 펌 프(정착)	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 누수	<input type="checkbox"/> 이상음		<input type="checkbox"/> OK	
순 환 펌 프(현상)	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 누수	<input type="checkbox"/> 이상음		<input type="checkbox"/> OK	
순 환 펌 프(정착)	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 누수	<input type="checkbox"/> 이상음		<input type="checkbox"/> OK	
순 환 펌 프(수세)	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 누수	<input type="checkbox"/> 이상음		<input type="checkbox"/> OK	
건 조 은 도 계					<input type="checkbox"/> OK	
현 상 은 도 계					<input type="checkbox"/> OK	
건 조 모 터	<input type="checkbox"/> 異常音				<input type="checkbox"/> OK	
계 기 류	<input type="checkbox"/> 오차				<input type="checkbox"/> OK	

§ 10. QC tools for a small facility

Sensitometer
Densitometer
Thermometer
Collimator alignment template
Phantom or step wedge
Simple instructions on how to use phantom
to check linearity, compare rooms
and evaluate fluoroscopic images
Screen-film contact mesh

§ 11. QC tools for a medium-sized
facility

Sensitometer
Densitometer
Thermometer
kVp measurement device
Collimator and beam alignment test tools
Dosimeter(direct readout preferable)
HVL aluminum
Star focal spot test target
Tomographic phantom
Synchronous or electronic timer test tool
Phantom(patient equivalent and mammogra-
phic)
Mesh resolution pattern
Low-contrast test tool
High-contrast lead resolution pattern
Screen-film contact mesh

§ 12. QC tools for a large or extra-
large facility

Sensitometer
Densitometer
Dosimeter(some have time duration option)
Full range of dosimeter chambers
Collimator and beam alignment tools
kVp test device
HLV aluminum
1.5° and 2° star focal spot patterns
Pinhole camera
Tomographic phantoms
Phantoms(full range of body part phantoms,
uniform density phantoms, and resolution
and contrast evaluation phantoms)
Step wedges
Full range of lead resolution targets
Mesh resolution patterns
Low-contrast test tools
Screen-film contact mesh
Oscilloscope
Scope camera
Output detector
Video waveform monitor
Video signal generator
Photometer
General purpose tools
Chart recording thermometer
Digital thermometer