

가스터어빈 發電機選定에 관한 小考

(A Study on Selecting
Gas Turbine Generator)

이 영 수
(새한 設計 顧問 代表)

차 례

1. 빌딩용 非常發電機의 특징
 - (1) 發電機의 負荷
 - (2) 年中 稼動率과 稼動時間
 - (3) 低公害性
 - (4) 建物고유의 요구사항
2. 非常用 發電設備 原動機의 選定
 - (1) 燃料消費率
 - (2) 負荷應答 特性
 - (3) 振動 騒音
 - (4) 排氣가스
 - (5) 크기, 취급성 및 기타
 - (6) 原動機의 選定
3. 特殊負荷에 관한 검토
4. 發電機 容量 계산법
5. 結 論

1. 빌딩용 非常發電機의 특징

빌딩용 비상발전기는 자가용변전설비를 갖춘 건물에 설치되어 있는 방재용 내지는 자위용 자가 발전설비를 말한다.

여기서 말하는 발전기의 용도 구분에서 비상과 상시의 개념은 표1과 같이 구분되며 특히 여기서는 비상용으로 다음과같은 용도로 사용되는 발전기를 말한다. 다만 축전지 설비를 제외시킨다.

- (1) 發電機의 負荷
 - ㄱ) 소방법에 의한것.
 - 소화전 펌프
 - 스프링클러 펌프
 - 배연 팬
 - 피난 유도등
 - 기타 방재용
 - ㄴ) 건축법에 의한것.
 - 비상조명
 - 비상승강기
 - 항공장애등
 - 기타 방재용
 - ㄷ) 기타
 - 컴퓨터 전원
 - 통신전원
 - 급배수 전원
 - 방송 전원
 - 비상 전원
 - 항공활주로 조명
 - 기타필요 장소

표 1에 非常用 發電機와 常用 發電機의 기기 선정상 구분을 표시한다.

비상용 발전기와 상용 발전기 간의 기기 선정상 명확한 구분은 없으나 발전기장치를 설치할 경우 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

(2) 年中 稼動率과 稼動時間

1971년 미국 뉴욕에서의 큰 정전사고, 1979년 일본의 대 지진에 의한 정전사고 등은 일단 정전이 되면 단 시간내에 재기할 수 없는 매우 큰 정전이었다. 전자는

표 1. 비상용과 상용 발전기의 구분

항목 종류	비 상 용	상 시 용
용 량	○부하는 최소필요 용량을 산출하여, 산출용량에 대해 1.0~1.1배 정도의 출력을 갖는 기관을 선정.	○소요 부하 용량을 산출하여, 산출용량에 대해 1.1~1.3배 정도의 출력을 갖는 기관을 선정.
디젤기관	○고속 경량화에 의해 설치면적을 최소화 한다. ○시동성을 중시하고, A중유 또는 경유를 사용. ○소방법 및 건축 기준법에 의한다.	○보수점검에 중점을 둔다. ○대용량 기관에서 경제성을 중시하여 B중유 또는 C중유를 사용하는 경우가 많음. ○장기간 운전에 필요한 연료유 저유구가 필요.
발 전 기	○고속 경량화에 의해 설치 면적을 최소화 한다. ○F중 절연을 사용, 소형화 한다.	○보수 점검에 중점을 둔다. ○B중유 절연이 많이 사용된다.
보호장치	과전류 계전기	○과전류 계전기 ○내부 고장 검출 계전기 ○배어링 온도계(경보 접점부) ○고정자 권선 온도계
조작방식	○자동조작 또는 전자동 조작	○기측 조작 또는 수동 조작

발전소와 송전망에 견잡을 수 없는 혼란으로 일어났으며 후자는 냉각수계의 손상이라는 미세한 사고로 발전을 방해하는 복잡성을 가진 약점이 있었다.

그러나, 현재 우리나라의 송전망이 환상화 되어 있으므로 정전을 일으키는 확률은 매우 적다고 볼 수 있다. 정전은 대략 지진, 태풍, 화재 등에 의하여 일어나는 확률이 높다고 본다.

이런 점에서 비상발전기는 재해시만 가동하므로 평상시는 보수 운전이 유일한 운전으로 생각된다. 그렇지만 설치하여보면 단시간이긴 하지만 정전회수는 의외로 많은 것으로 알려져 있다. 건물용 전선은 컴퓨터회선이나 인명보호등 정지하지 못하는 중요한 사명을 갖는것으로 비상용 발전장치는 극히 중요하다는 것을 알 수 있다. 즉, 電源設備로서 높은 신뢰성을 가져야 하는 것이다.

상정될수 있는 비상용 자가발전기의 연간 가동조건은, 1회 정전시간: 1~10분, 가동회수: 10~25회, 운전시간: 1~10시간/년(보수), 20~30시간/년(재해) 평균 이상의 통계수치로 나타나고 있다. 이것은 어디까지나 참고수치로서 실제운영에 큰 참고가 될 수 있다.

이상과 같이 비상발전장치는 운전시간이 극히 짧으며, 엔진 선정의 경우 연료소비율을 문제로 고려하지 않아도 된다.

(3) 低公害性

건물설비에서 건물내부의 거주성과 건물주변의 환경 문제를 감안하여 엔진의 소음, 배기가스 등의 공해에 대한 충분한 검토가 요구된다.

표 2. 지역구분별 소음기준 (단위 : Leq dB(A))

지역구분	적용대상지역	기 준	
		낮(06:00 ~22:00)	밤(22:00 ~06:00)
일반지역	"가" 지역	50	40
	"나" 지역	55	45
	"다" 지역	65	55
	"라" 지역	70	65
도로변지역	"가" 및 "나" 지역	65	55
	"다" 지역	70	60
	"라" 지역	75	70

(주) 1. 지역구분 및 적용대상의 구분은 다음과 같다.

(1) "가"지역

국도이용관리법 제6조의 규정에 의한 자연환경보전지역, 관 광휴양지역 및 취락지역중 주거지구 도시계획법 제17조의 규정에 의한 녹지지역 도시계획법시행령 제15조의 규정에 의한 주거전용지역 의료법 제3조의 규정에 의한 종합병원의 부지경계에서 50미터 이내의 지역

(2) "나"지역

국도이용관리법 제6조의 규정에 의한 취락지역중 주거지구 이외의 지구 도시계획법시행령 제15조의 규정에 의한 주거지역 및 준주거지역

(3) "다"지역

도시계획법 제17조의 규정에 의한 상업지역 도시계획법시행령 제15조의 규정에 의한 중공업지역

(4) "라"지역

도시계획법시행령 제15조의 규정에 의한 공업지역 및 전용 공업지역 국도이용관리법 제6조의 규정에 의한 공업지역

2. 도로라 함은 2차선이상의 도로를 말하며, 이 때의 차선은 1종렬의 자동차(2륜자동차는 제외한다)가 안전하고 원활하게 주행하기 위하여 필요한 일정폭을 가진 차도부분을 말한다.
3. 이 소음환경기준은 항공기소음, 철도소음 및 건설작업소음에는 적용하지 아니한다.

소음에 대한 환경기준으로서 소음 규제에 관한 법이 보전법시행규칙에 관련 시행되고 있다.

표2 지역구분별 소음 기준(환경보전법시행규칙 별표를 표시한다.)

부근 주민과의 관계로 실제로는 이보다 더 심한 요구가 되는 경우도 있다.

경계선과의 거리, 음의 반사, 굴절, 배기방출방향, 음의 상하방향 확산특성 등, 실제로 설치장소의 조건하에 소음평가를 하고, 발전장치에 대한 사양을 규정할 필요가 있다. 과도한 품질요구는 장치의 가격을 높게할 우려가 있다. 표3은 건물공간의 소음진동 레벨과 설계목표의 허용치의 예를 표시한다.

진동은 대략 건물 내부의 거주성과의 관련으로 검토되고 있으나, 디젤기관의 경우는 저주파 진동이 발생하므로, 대용량의 설비에는 건물외부에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다. 회전 원동기인 가스터어빈은 본질적으로 진동에 있어서 유리하지만 옥상 혹은 중간층에 설치할때, 바닥면과 보와의 공진유무를 검토하는것이 바람직하다.

배기가스는 비상용설비로서는 규제되어 있지 않으나 환경보전법이 앞으로 강화됨은 물론 저에미션이 엔진의 기본적 의무로 요구되는 방향으로 가고 있다.

(4) 건물고유의 요구사항

용도상 건물 고유의 요구사항이 있는 경우가 있다. 예를 들어 전산용 전원에 있어서는 고주파 변동이 적은것이 필요하며, 제품의 특질상 부하의 크기에 관계없이 일정주파수가 요구되는 때는 동시성 제어가 가능한 전원설비가 되지 않으면 안된다. 기타 설치장소의 크기, 중량이 제한을 받을경우 또는 기설전원에 증설하여 병렬 운전하는 경우 등등이 생각되며 이러한 조건들에 의해서 사용발전기는 필연적으로 정해진다.

2. 非常用 發電設備 原動機의 選定(디젤기관 / 가스터빈)

건물용 비상용 전원에 있어 원동기를 선정하는 경우, 원동기의 일반적인 비교 검토는 크게는 의미가 없다. 디젤기관, 가스터빈 등은 각 메이커의 기종이 있으며, 각

표 3. 진동, 소음허용치

진동	VL(dB)	45		50		55		60		65
	불쾌감	무 감		진동을 느끼기 시작		특히 기분에 영향무		불쾌감 느끼기 시작		
소음	dB(A)	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	NC~NR	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55
음향	시끄러움	무 감		조 용 함		기분에 영향무		소음 느낌		소음무시못함
	회화·전화의 영향			5m거리에서 조용한 소리 들림		10m거리에서 회화가능		보통회화(3m이내) 전화가능		대성회화(3m) 전화약간곤란
분류	스튜디오	무 음 실	아나운서 스튜디오	라 디 오 스튜디오	TV 스튜디오	주조정실	일반사무실	일반사무실		
	집 회 · 홀		음 악 당	극장(中)	무대극장	영 화 관		홀 · 로비		
	병 원		청 력 시험실	특 별 병 원	수 술 병 실	진 료 실	검 사 실	대 합 실		타이프 계산기실
	호텔 · 주택				서 재	침 · 실 객 실	연 회 장	로 비		
	일반사무실				중 역 실 대회의실	응 접 실	소회의실		일반사무실	
	공공 건물				공 회 당	미 술 관 박 물 관	도 서 열 람	공회당검 체 육 관	옥 내 스포츠시설	
	학교 · 교회				음악교실	강 당 성 당	연 구 실	보 통 교 실	낭 하	
	상업 건물					음악다방 보석점	서 점 미술품	일 반 은 행	일반상점 식 당	

기다른 특징, 체질을 갖고 있다. 예를 들어 가스터어빈의 경우 항공기 전용형의 초경량형, 장시간 운전에 적합한 중부하형, 혹은 기종간 산업용형 등 각기 체질이 특이하여 장단점이나 운전보수취급성도 다르다. 그러므로 일반적인 비교자료가 아닌 대상으로 생각하는 기종에 있어서 정확한 자료를 얻어, 동일조건하에 비교하는 것이 중요하다.

(1) 燃料消費率

전술한 바와같이 비상용 발전설비에 있어서는 연료소비율은 그다지 중요시 하지 않는다. 그러나 하기의 공조용 피크결트용은 운전시간이 길어 연료소비율이 문제된다. 그리고 연료소비율이 원동기 성능을 나타내는 대표적 특성이므로, 엔진의 기술수준의 지표로서 요검도 사항에 넣는다. 이 경우에 디젤기관, 가스터어빈 각기 동일품으로 비교하는 것으로 가스터어빈과 디젤기관의 비교는 당초부터 결정된다.

그림1은 일제 가와사키 가스터어빈의 성능 곡선을 나타낸다. 이것은 150℃에 있어서 연비율로서 분력부하별로 디젤기관과 비교한 것이다.

여기서 보는바와 같이 가스터어빈의 연료소비율이 좋지 않다. 정격점(4/4)에서도 디젤기관의 약 2배이고, 분력시에는 차이가 보다 더 커진다. 비상용에서는 실제 무부하 운전이 대부분을 차지 하므로 연료소비에 관해서는 무부하시 연료유량이 오리라 중요한 조건이다. 그림2에서와 같이 가스터어빈의 무부하시 연료유량은 11.10 l/h 디젤기관에서는 약 20 l/h 정도이다. 가스터어빈의 출력성능 및 연비율은 환경조건에 의해 크게 좌우되므로(흡기온도, 흡배기저항, 고도)메이커의 자료에 의해 그조건이 다른 경우는 동일조건으로 통일하여 비교하는

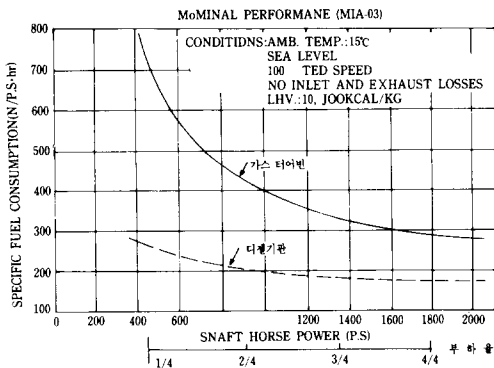


그림 1. 발전기별 연료소비 비교

것이 무엇보다 중요하다.

다만 디젤기관의 경우는 장시간 무부하 또는 경부하 운전하는 것은 좋지 못한 결과를 낳는다. 배기관의 접속부에 고인 연료가 낙하하든가 냉각수의 영향도 있다. 냉각수의 보급수는 동시에 10℃ 전후로 내려가 30분의 시운전시 무부하 때문에 냉각수의 온도가 낮아 엔진의 온도가 상승하지 않으므로 불완전 연소를 촉진시키는 결과로서 실린더·헤드 등 흡기, 배기에 탄소가 대량으로 부착하여 성능저하는 물론 오우버홀시간이 단축되게 되며 온도가 상승하지 않으므로 실린더 팽창이 되지 않아 피스톤링에 기계적 무리가 가해져 파손의 결과까지 이르게 된다. 연료의 종류(등유·경유·A중유·LNG)에 의한 차이는 발열량에 의한 차이로써 고려하면 된다.

(2) 負荷應答 特性

디젤기관은 저부하시의 과잉 공기가 적으므로 0에서 100%로 부하 투입은 할수가 없다. 또 관성질량이 적어 부하투입 차단시의 회전수 변동도 크다. 이에반해 가스터어빈은 과잉공기, 관성질량이 크므로 100% 부하투입, 차단에도 회전수 변동이 적어 양질의 전기를 얻는다.

그림2는 평균적 특징치를 나타내며 표4에서 부하응답 특성의 예를 표시한다.

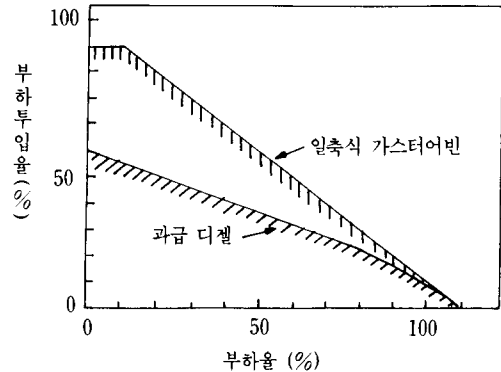


그림 2. 부하투입율

표 4 부하응답특성에

구 분	%	디젤기관	가스터빈
0 → 최대투입부하율	%	60~75	100
" 순시속도변동율	%	8~10	4
" 정전속도변동율	%	4~5	2~3
" 정 정 초 시	%	6~7	3
정상속도변동율	%	0.4~0.5	0.1~0.3

(3) 振動, 騒音

디젤기관과 가스터빈을 비교하기는 어렵다. 이유를 가스터빈은 고주파음을 내므로 팩케지에 수납한 형을 사용하고, 디젤기관은 통상노출상태에서 사용한다. 이러한 상태에서는 당연 가스터빈쪽의 저소음이나 설치비용이 상승하게된다. 이에반해 디젤기관은 방음 팩케지에 넣어도 저주파음이 많으므로 감음효과가 적다. 결국 사용조건을 그대로 인정하며 소음치와 코스트를 겸해서 비교할수밖에 없다. 그림3에 디젤기관·가스터빈의 원음과 가스터빈 방음팩케치 소음의 분절예를 나타내었다.

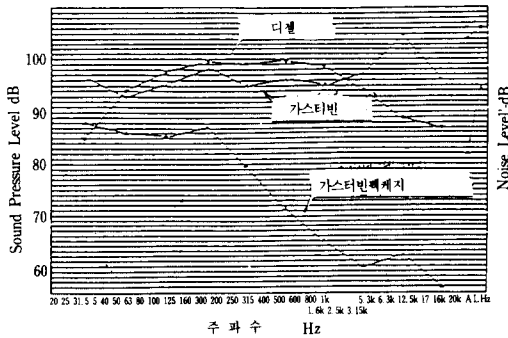


그림 3. 소음비교예

가스터빈은 고주파음이 많으므로 흡음이 용이하여 90~70dB 정도까지 용이하게 감음된다. 배기소음에 있어서는 가스터빈의 배기량이 크고 또한 공기저항을 줄일수 있도록 디젤기관에비해 상당히 커진다.

진동에 있어서는 회전원동기인 가스터빈이 명백히 유리하다. 또 단음의 필요상 방진고무 또는 스프링을 넣어 설치하므로 외부에 나가는 기진력은 아주 적어진다. 실측치에서 산정하면 정하중의 0.1~1%, 주파수는 발전기 회전속도와 일치한다. 디젤기관의 경우는 방진고무 또는 스프링을 넣는 경우와 넣지않는 경우는 기초 바닥이나, 기초 질량, 강성에 의해 전달되는 힘, 진폭이 다르므로 문제가 복잡하다. 엔진의 기진력 자체도 이론치와는 별개로 실제값은 산정곤란하며, 진폭체질량, 주파수의 실측치에서 역산하는 것이 실용적이다. 디젤기관을 중간층에 설치하는 경우는 상세한 진동계산을 하여야한다.

(4) 排氣가스

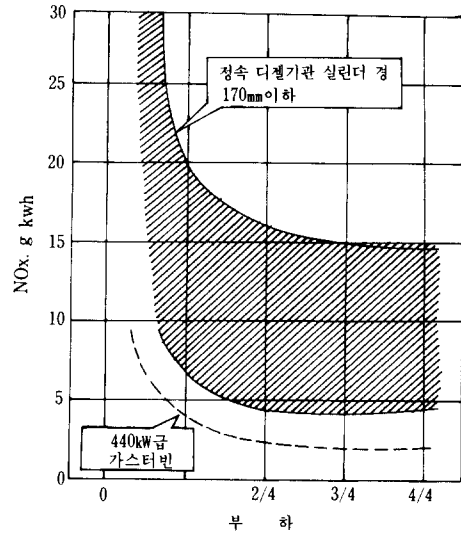


그림 4. 발전기용기관의 NOx 배출율

앞서 말한바와 같이 비상용 설비에 있어서는 배기가스 규제는 없으나, 무시할 수 없는 항목임에는 틀림이 없다. 그림4에 일반적 NOx 배출율의 비교를 나타내었다. 배출율에 환산하면 정격부하에서 2.5~2.7g / psh이며 이에비해 유분사식 디젤은 6~10g / psh, 농도에서는 600~800PPM 정도가 된다.

(5) 크기, 취급성, 기타 엔진의 크기, 중량 비교 예를 표5에서 표시한다.

중요한 것은 발전장치 전체로서(팩케지, 소음기 포함) 비교 검토한 것이다. 운전취급성에 있어서는 디젤엔진은 밸브간격, 타이밍의 조정등 다소의 조정을 요하는 것에 대해 가스터빈은 거의 전자동운전 되므로 손을 댈 여지가 없는것이 보통이다. 부소운전에 관련하여 디젤기관에서는 무부하로 장시간 운전하면 윤활유 소비가 증가하거나 카본이 유적되는 경우가 있다. 또 배기계를

표 5. 4,500KVA급 엔진의 규격·중량비교

구 분	단위	디젤기관	가스터빈
크기(L×W×H)		1903×1070×1600	1853×902×890
중 량	kg	2500	670
마력당 투영면적	cd/PS	34	28
중 량	kg/PS	4.2	1.1
부품점수			
볼트나트를 제외	개	2217	307
볼트나트를 포함	개	3237	898

표 6. 원동기선정의 적합조건

가 스텐 어 빈	디 젤 기 관
○한냉기, 또는 급수 제한으로 냉각수가 상용되지 못할 경우	○기동 입상시간이 10~15초 정도내로 하는 경우
○컴퓨터 전원등 양질의 전기를 필요로 할때	○지하 기계실에서 배기 연도가 긴 경우
○배열 이용 코오-제네레이터시스템 이용 경우.	○소음, 진동에 제한을 받지 않을 경우
○옥상, 옥외, 중간층에 설치 경우.	
○진동, 소음의 제한이 기한 경우	
○대용량 또는 분할 할 수 없는 동부하를 갖는 경우	

계획할때, 배기 미스트가 만일 증진되었을 때의 안전성을 확인할 필요가 있다.

(6) 原動機의 選定

이상 몇가지의 특성을 기술하였으나 일반적으로 표 6과 같이 집약된다.

비상의 경우는 필히 가동될 수 있는 높은 신뢰성이 있는 것으로서 보수비를 포함한 비용이 저렴하지 않으면 안된다.

3. 特殊負荷에 관한 검토

일반적으로 비상용 발전기의 부하는 전동기, 조명등, 전열기 등으로 발전기 용량은 정격 운전용량(PG₁) 시동시 용량(PG₂) 시동시 과부하 용량(PG₃)으로 계산할 수 있다. 그러나 다음의 특수부하에 대하여는 발전기 용량의 선정에 있어서 검토되지 않으면 안된다.

(1) 다이리스터정류기 등이 있는 경우.

고조파를 발생하는 부하가 발전기에 접속되는 경우도 발전기의 댐퍼권선의 과열 또는 소손을 일으키는 경우가 있다. 발전기의 댐퍼 권선용량은 역상분전류로 나타내므로 고조파에 의한 댐퍼 권선손실을 역상전류에 의한 것과 등가이기 때문에 환산하여 검토할 필요가 있다. 대개 삼상전과결선의 정류기에서 발생하는 고조파전류를 등가역상전류로 환산할때의 값은 부하 베스의 30~25%이다. 또한 발전기의 허용역상전류는 일반적으로 12% 이하 이므로 가령 1000kw의 발전기에 접속할수있는 정

류기부하용량은 400kw 미만으로 하지 않으면 안된다. 정류기의 용량이 큰 것에 대한 대책으로서는 허용전류가 큰 발전기를 제작하든가 또는 제5조파, 제7조파에대한 필터설비에 고조파를 흡수시켜 발전기에 유입하는 고조파를 12% 이하로 제한시키는 방법도 있다.

(2) 크레인, 언로우더, 승강기등의 회생제동을 필요로 하는 부하가 있을 경우.

디젤발전기의 단독제로 회생제동을 필요로 하는 부하를 운전할 때 회생에너지에 의해 디젤발전장치는 그 회전계의 GD²에 응한 속도 상승을 초래 과속도로된다. 이것을 방지하기 위해 회생전력에 갖는 베스 부하를 갖게 하거나 또는 수저항기등 회생전력 흡수장치를 설치할 필요가 있으며 효과적으로 제어하기에는 어렵다. 그러므로 발전기에 크레인, 언로우더, 승강기를 단독으로 하는것은 위험하므로 사전에 충분한 검토를 요한다.

(3) 아아크로가 있는 경우

디젤발전기에 의한 아아크로 운전을 피하는 것이 좋다. 아아크로는 보통 3상운전을하나 때에따라 단상운전을 하는 경우가 있다. 3상운전을 할때의 역상분은 20% 정도 억제하도록 되어있으나 단상운전시는 100%의 역상분전류를 발생하는 것으로 된다. 또 간헐적으로 발생하는 단상단락시에는 200% 정도의 역상분전류를 발생한다. 표준설계의 발전기에 연속적으로 견디는 허용 역상분전류는 정격전류의 12%정도이므로, 아아크로에 발전기를 계획시는 허용역상전류를 100% 정도로 설계하지 않으면 안된다. 그러나 램퍼권선이 커지고 발전기가 체격적으로 너무 커지므로 비경제적이다.

(4) 변압기가 있는 경우

변압기에 전압인가하면 잔류자속과의 관계에 의해 정격전류의 수~10배의 여자돌입전류가 흐른다. 이런 경우 발전기 단자는 등가적으로 적은 리액턴스를 통해 단락된것으로 되므로 발전기의 기계적 강도에 충분한 고려가 필요하다. 일반적으로 변압기 용량이 발전기용량의 200% 이상이 되는 경우 충분한 검토를 요하게 된다.

4. 發電機容量 계산법

<일반부하>

(1) 개요: 일반적으로 발전기 용량 선정은

- 1) 부하정상운전에 필요한 최소용량
- 2) 부하시동시 순간 전압강하가 허용치이내로 할수

가스터빈 發電機 選定에 관한 小考

있는 용량

3) 부하 시동시 발전기의 과부하 내량을 고려하여 이 중 가장 큰 용량을 선정하도록 한다.

※부하의 종류 및 용량, 시동순서, 장래의 용량 증가에 정등을 사전에 검토할 것.

(2) 계산법

1) 전부하 정상운전시 용량(PG₁)

$$PG_1 = \left(\sum \frac{PL}{EL} \times \frac{1}{PFL} \right) \times DFT [KVA]$$

PL : 부하의 정격출력(kw)

EL: 부하효율(소숫점단위)

PFL: 부하역율(소숫점단위)

DFT: 종합부하수요율(소숫점단위)

※부하전동기 특성이 불분명할때는 EL=8.85, PFL=0.8, DFT=1를 대입한다.

2) 가장 큰 KVA를 갖는 전동기 시동시의 허용전압 강하를 고려한 발전기 용량(PG₂)

$$PG_2 = PM \times SF \times XD_3 \times \frac{1-DV}{DV} = K_1 \times PM [KVA]$$

PM: 부하중 최대시동 KVA의 전동기출력(kw)

SF: 전동기출력1kw당의 시동 KVA (시동계급에 관련됨)

C: 시동계수(시동계급에 관련됨)

표 7. $\left\{ \frac{K_1}{C} \right\}$ 의 값(일본 전설공업 1979년 12월호에서 발췌)

발전기 상수(Xd)	시동방식 전동기 시동계급(BY) / 탭전압(C)	직입시동		리 액 터 시 동			콘 들 퍼 시 동		
		직입시동	Y-△시동	리 액 터 시 동			콘 들 퍼 시 동		
		C=1.0	C=0.67	50%	65%	80%	50%	65%	80%
				C=0.5	C=0.65	C=0.80	C=0.25	C=0.42	C=0.64
0.10을 초과 0.15까지	E (6.35)	2.86	1.91	1.43	1.86	2.29	0.71	1.20	1.83
	F (7.2)	3.24	2.17	1.62	2.11	2.59	0.81	1.36	2.07
	G(8.0)	3.60	2.41	1.80	2.34	2.88	0.90	1.51	2.30
	H(9.0)	4.05	2.71	2.03	2.63	3.24	1.01	1.70	2.59
	J (10.1)	4.55	3.05	2.27	3.60	3.64	1.14	1.91	2.91
	K(11.4)	5.13	3.44	2.57	3.33	4.10	1.28	2.15	3.28
0.15를 초과 0.20 까지	E (6.35)	3.81	2.55	1.91	2.48	3.05	0.95	1.60	2.44
	F (7.2)	4.32	2.89	2.16	2.81	3.46	1.08	1.81	2.76
	G(8.0)	4.80	3.22	2.40	3.12	3.84	1.20	2.02	3.07
	H(9.0)	5.40	3.62	2.70	3.51	4.32	1.35	2.27	3.46
	J (10.1)	6.06	4.26	3.03	3.94	4.85	1.52	2.55	3.88
	K(11.4)	6.84	4.58	3.42	4.45	5.47	1.71	2.87	4.38
0.20을 초과 0.25까지	E (6.35)	4.76	3.19	2.38	3.09	3.81	1.19	2.00	3.05
	F (7.2)	5.40	3.62	2.70	3.51	4.32	1.35	2.27	3.07
	G(8.0)	6.00	4.02	3.00	3.90	4.80	1.50	2.52	3.84
	H(9.0)	6.75	4.52	3.38	4.39	5.40	1.69	2.84	4.32
	J (10.1)	7.58	5.08	3.79	4.93	6.06	1.90	3.18	4.85
	K(11.4)	8.55	5.73	4.28	5.56	6.84	2.14	3.59	5.47
0.25를 초과 0.30까지	E (6.35)	5.72	3.83	2.86	3.72	4.58	1.43	2.40	3.66
	F (7.2)	6.48	4.34	3.24	4.21	5.18	1.62	2.72	4.15
	G(8.0)	7.20	4.82	3.60	4.68	5.76	1.80	3.02	4.61
	H(9.0)	8.10	5.43	4.05	5.27	6.48	2.03	3.40	5.18
	J (10.1)	9.09	6.09	4.55	5.91	7.27	2.27	3.82	5.82
	K(11.4)	10.26	6.87	5.13	6.67	8.21	2.57	4.31	6.57

(비고) 1. 이 표는 PG₁의 算式의 K₁의 값을 표시한다.
 2. 발전기상수 Xd의 값은 각 범위의 상한값으로 산출하고 있다.
 3. 전동기시동계급단의 ()내수치는 각 계급의 범위의 중앙값을 채용한 것이다.

■ 기술자료

XD_3 : 발전기 정수(또는 평균 과도리액턴스=

$$\frac{XD'+XD}{2}$$

DV: 허용전압 강하율(소수점단위)

K_1 : 계수(데이터 항 참조)

※상세사양 불명시에는 $XD_3=0.25$, $DV=0.25$ (엘리베이터인 경우는 0.2) $SF=7.2(F)$ $C=1$ 을 대입한다.

3) 부하동율(시동kw·압력kw) 값이 최대인 전동기(또는 전동기군)을 최후에 시동할때의 발전기용량(PG_3)

$$PG_3 = \left\{ \left(\sum \frac{PL}{EL} - \frac{Pn}{En} + Pn \times SF \times PFS \right) \times \frac{1}{K \times PFG} \right\} [KVA]$$

Pn : (시동kw·입력kw)값이 최대인 전동기출력(kw)

En : Pn 전동기의 효율(소수점단위)

PFS : Pn 전동기 시동시의 역율(소수점단위)

K : 엔진의 순시 과부하내량계수

PFG : 발전기의 정격역율

※상세사양 불명시에는 $PFS=0.4$, $PFG=0.8$, $K=1$ (디젤엔진의 경우)을 대입한다.

표 8. 유도 전동기의 시동 계급(KSC 4205 : 1969에서 발췌)

始動階級	1kw 당의 入力(kVA)	始動階級	1kw 당의 入力(kVA)
A	— 4.2未滿	L	12.1以上 13.4未滿
B	4.2以上 4.8未滿	M	13.4以上 15.0未滿
C	4.8以上 5.4未滿	N	15.0以上 16.8未滿
D	5.4以上 6.0未滿	P	16.8以上 18.8未滿
E	6.0以上 6.7未滿	R	18.8以上 21.5未滿
F	6.7以上 7.5未滿	S	21.5以上 24.1未滿
G	7.5以上 8.4未滿	T	24.1以上 26.8未滿
H	8.4以上 9.5未滿	U	26.8以上 30.0未滿
J	9.5以上 10.7未滿	V	30.0以上 —
K	10.7以上 12.1未滿		

(註) (1) 1kw 当의 始動時入力

(單相의 경우) $= \frac{EI_{11}}{1,000 \times \text{定格出力(kw)}}$

1kw 当의 始動時入力

(三相의 경우) $= \frac{\sqrt{3} E I_1'}{1,000 E_1' \times \text{定格出力(kw)}}$

여기서, E: 定格電壓(V), I_1' : 全負荷電流에 가까운 拘束電流(A), E_1' : I_1' 에 대한 임피던스 電壓(V), I_{11} : 始動電流(A)

(2) 0.2W 以上 37kW 以下の 低壓三相誘導電動機 또는 單相誘導電動機의 銘板에는 始動階級을 記載하는 것으로 한다.

(3) 참고 데이터를 표7, 8, 9에 표시한다.

1) K_1 의 값(일본 전설공업 1979년 12월호에서 발췌)

2) 유도 전동기의 시동계급(KSC 4205: 1969에서 발췌)

3) 발전기 효율(JEM1354에서 발췌)

<특수 부하(정류기 다이리스터)>

(1) 전력변환 장치에대한 발전기 용량

1) 목적

최근에 각 건물의 전력 설비중 정지형CVCF, 정류기의 전력변환 장치가 대용량화 되어가는 추세이므로, 이들 기기에서 발생하는 고조파가 아래 내용과 같이 전력계통에 미치는 영향을 무시할 수 없도록 됨으로 이 중에서 변환장치가 발전기에 미치는 영향을 고려하여 발전기의 최소량을 규제하고자 한다.

※고조파가 전력계통에 미치는 영향

○ 유도장해

○ 전력계통의 공진현상

○ 회전기, 콘덴서의 과열

표 9. 발전기 효율(JEM 1354에서 발췌)

定格出力		効率 [%]	
(kVA)	(kW)	2~8極	10~18極
20	16	79.0	—
37.5	30	82.5	—
50	40	84.3	—
62.5	50	85.2	—
75	60	85.7	—
100	80	86.7	—
125	100	87.6	—
150	120	88.1	—
200	160	88.9	—
250	200	89.5	—
300	240	90.0	—
375	300	90.6	—
500	400	91.3	—
625	500	91.9	—
750	600	92.3	91.7
875	700	92.5	92.0
1000	800	92.8	92.3
1250	1000	93.2	92.8
1500	1200	93.4	93.1
2000	1600	93.8	93.5
2500	2000	93.9	93.7
3125	2500	94.0	93.8

- 계전기, 전자기기에의 한 영향
- 수은등, 형광등에의 한 영향

2) 변환장치내에서 발생하는 고조파 전류근래의 변환 장치에는 입력변압기에 여러가지 결선법이 있고, 기본점 구성인 6펄스 변환장치를 토대로 6, 12, 24, ... 펄스의 출력을 얻고있다. 따라서 6펄스 변환장치의 고조파 전류를 구하면 12펄스 이상의 고조파 전류도 용이하게 구할 수 있다.

① 6펄스 변환장치

이론적인 고조파 전류 계산을 위하여 아래와 같은 조건으로 가정한다.

- 정류기 운전으로한다. 제어각 $\alpha=0$ 로 함.
- 변환장치의 각상간의 불균일이 없다고 가정.
- 직류부하측 리액턴스가 매우 크다.

즉, 교류입력전류가 구형파라 가정하므로 직류부하의 리액터가 충분히 크고 직류분에 리플이 없다고 간주한다.

○ 횡축 리액턴스가 0(중점각 $U=0$) 즉, 변성이에서 본 전원측 및 변압기의 리액턴스를 0이라 한다. 이제 정류기의 간이 결선도를 그림(5-a)와 같이 구성하고 변환

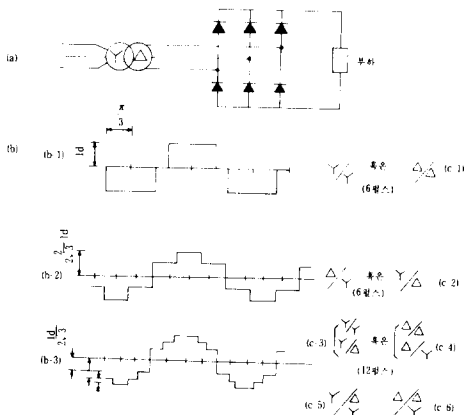


그림 5. 정류기의 간이결선도 및 변환장치의 파형 장치의 파형을 입력 변압기 결선방법에 따라 구분하면 그림5-b와 같이 된다.

상기 그림에 대하여 파형을 푸리에 급수로 변환시키면

$$I = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cdot I_a \cdot \left\{ \sin \omega t \pm \frac{1}{5} \sin 5\omega t \pm \frac{1}{7} \sin 7\omega t - \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \frac{1}{13} \sin 13\omega t \dots \right\} \quad (2-1)$$

단, I_a : 직류부하 전류

ω : 교류전원각 주파수

상기식의 +, -가 접점 부분은 입력 변압기 결선이 Y/Y 혹은 Δ/Δ일때는 + 를 사용하고, 결선이 Y/Δ 혹은 Δ/Y일때는 -를 사용한다.

(2-1)식에서와 같이 6펄스 변환장치의 발생고조파의 차수는 5, 7, 11, 13, 17, 19...가 되며, 그 절대값은 기본파 전류의 $\frac{1}{n}$ (단, n은 고조파의 차수)가 되어 있음을 알 수 있다.

② 12펄스 변환장치

12펄스 변환장치의 파형은 도(b)에서 파형(b-1)과 (b-2)를 합성하여 파형(b-3)과 같이된다.

또한, 고조파 전류는 (2-1) 식의 상식과 하식이 합성된 것이므로

$$I = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_a (\sin \omega t - 11\sin 11\omega t + 13\sin 13\omega t \dots) \quad (2-2)$$

이와 같이 일반적으로 펄스 변환장치의 발생 고조파 전류는

$$\left. \begin{aligned} n &= mp \pm 1 \quad (m=1, 2, 3) \\ I_n &= k_n \frac{I'}{n} \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

단, k_n 은 고조파 감소 계수가 된다. (2-3)식에 $p=6$, 12, 24를 대입하여 발생하는 고조파 전류를 기본파 전류에 대한 %로 표시하면 표 10과 같이 된다.

단, $k_n=1$ ($\alpha=0, U=0$) 이라한다.

③ 고조파가 발전기에 미치는 영향

상기한 고조파 전류가 동기 발전기의 고정자 전선에

표 10. 고조파함율(P 펄스, $\alpha=0, k=0$) 단위 : %

펄스수(P)	I_1	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{17}	I_{19}	I_{23}	I_{25}
6	100	20	14	9.1	7.7	5.9	5.3	4.3	4.0
12	100	-	-	9.1	7.7	-	-	4.3	4.0
24	100	-	-	-	-	-	-	4.3	4.0

유입되면 고정자 및 회전자에 표11과 같은 회전기 자력이 생기게 되고 결과적으로 재동권선 내에 역상분과 같은 전류가 흐르게되어 I²R의 열손실을 발생시키게 되므로 표12에 표시된 발전기 재동권선의 역상전류의 허용치를 넘게되면 발전기의 온도 상승을 초래하여 과열로 인한 발전기의 정지 또는 소손을 당할수가 있다.

표 11. 고정자, 회전자중의 고조파

고조파 차수	고정자 고조파	회전자 고조파	자계의 회전 방향
1	1		정
5	5	6	역
7	7	6	정
11	11	12	역
13	13	12	정
17	17	18	역
19	19	18	정
23	23	24	역
25	25	24	정

표 12. 역상전류 허용치

JEM-1354	IEC 84-1(1969)	VDE 0530(1972)
일반용교류 발전기15%	(1) 100MVA(또는 MW)이하 돌극기 12% 터빈 발전기 8% (2) 100 MVA 이상 제작자와 사용자 협의를 의함	(1) 좌 동 (2) 좌 동

④ 등가역상 전류

상기항에서 언급한 고조파의 영향을 계산하기 위하여 2배주파의 전류로 환산한 등가 역상전류를 사용함이 편리하다. 따라서 고주파 전류에 의한 손실과 역상전류에 의한 손실이 같다고 하면

$$\sum k\sqrt{f_n} \cdot I_n^2 = k\sqrt{f_2} \cdot I_2^2 \dots \quad (4-1)$$

단, f_n : 고조파 주파수= $n f_1$ (Hz)

n : 고조파 차수

I_n : 고조파 전류(%)-기본파전류에 대한 백분율임.

f_2 : 역상주파수= $2f_1$ (Hz)

I_2 : 역상전류(%)-기본파 전류에 대한 백분율임.

k : 계수

f_1 : 기본파 주파수(Hz)

(4-1) 식에서 I_2 를 구하면

$$I_2 = \sqrt{\sum_n \left(4\sqrt{\frac{n}{2}} \cdot I_n \right)^2} \quad (4-2)$$

단, $n=6, I_6=I_5+I_7$
 $n=12, I_{12}=I_{11}+I_{13}$
 $n=18, I_{18}=I_{17}+I_{19}$ }의 순서로 대입한다.

(a) 6 펄스 변환장치 일 때 (표 10 참조.)

$$I_2 = \sqrt{\left(4\sqrt{\frac{6}{2}} \times 20 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{6}{2}} \times 14 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{12}{2}} \times 9.1 \right)^2}$$

$$+ \left(4\sqrt{\frac{12}{2}} \times 7.1 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{18}{2}} \times 5.9 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{18}{2}} \times 5.3 \right) + \dots \approx 40\% \quad (4-3)$$

(b) 12펄스 변환장치일 때 (표10 참조).

$$I_2 = \sqrt{\left(4\sqrt{\frac{12}{2}} \times 9.1 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{12}{2}} \times 7.7 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{24}{2}} \times 4.3 \right)^2 + \left(4\sqrt{\frac{24}{2}} \times 4 \right)^2 \dots} \approx 22\% \quad (4-4)$$

⑤ 변환기 장치나 접속된 발전기의 용량

a. 6펄스 변환장치 일때

(4-3)식에서 I_2 는 기본파 전류(즉 정상전류)에 대한 백분율이므로 변환장치의 정격 입력 전류에 대한 % 가 된다. 따라서 변환장치의 정격 입력전류를 $I_R(\%)$ 라 하면

$$I_R = \frac{40}{100} \dots (4-5)$$

식이 된다. 또한 발전기의 정격 출력 전류를

$$I_G \leq \frac{15}{100} \dots (4-6)$$

(4-5)식과 (4-6)식에서

$$I_G \geq 2.67 I_R \dots (4-7)$$

여기서 발전기 출력 전압과 변환장치의 입력전압이 동등하므로 발전기의출력 $KVA \geq 2.67 \times$ 변환장치 입력 KVA

즉, 발전기의 용량이 변환장치 용량의 2.67배 이상일 것

b. 12펄스 변환장치일 때

상기와 같은 방법으로 계산하여 발전기의 출력 $\geq 1.47 \times$ 변환장치 입력(KVA)

5. 결론

발전기 부하에 정지형 전력 변환장치(CVCF, 정류기 등)가 포함되어 있을때 변환장치의 입력용량에 따라 발전기 용량은 상기한바와 같이 최소한의 용량 이상을 유지하여야 한다.

즉, 변환장치의 펄스 형식에 따라 5항에서 언급한 바와같이 발전기 최소용량이 크게 달라짐으로 변환장치의 특성을 충분히 검토한 후 발전기의 용량을 선정할 필요가 있다.

照明 · 電氣設備學會誌

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers

Vol. 1. No. 2 1987

論 文 目 次

Contents

- (1-2-1) ● 고주파 점등 형광램프의 비선형 저항 모델에 관한 연구 池哲根 · 張禹鎭 · 49
A Study on the Nonlinear Resistance Model of a F/L Operating
in High Frequency Chee, Chol-Kon · Jang, Woo-Jin
- (1-2-2) ● 放射線 照射에 의한 R-C 直 · 並列回路에서의 損傷效果에
관한 研究 徐國哲 · 趙成郁 · 57
A Study on Irradiation Effect by Co⁶⁰ of the R-C
Series-Parallel Circuits Suh, Kook-Chol · Cho, Sung-Wook
- (1-2-3) ● Phenolic Resin의 C.T.I에 관한 연구 李輔鎬 · 朴東化 · 62
A Study on the C.T.I in phenolic resin Lee, Bo-Ho · Park, Dong-Wha
- (1-2-4) ● Power MOS FET를 사용한 계단파 PWM 인버터에 관한 연구
..... 李成栢 · 具龜會 · 李宗圭 · 70
A Study on Staircase PWM Inverter Using Power
MOS FET Lee, Seong-Back · Ku, Yong-Hoe · Lee, Jong-Kue
- (1-2-5) ● 이축연신된 폴리프로필렌 필름의 電荷注入 現象이 絶緣特性에
미치는 영향 李準雄 · 金炳泰 · 朴勝協 · 74
Influence of the Insulating Properties on Charge Injection Phenomena
of Biaxially-Drawn Polypropylene Film
..... Lee, Joon-Ung · Kim, Byung-Tae · Park, Seung-Hyub
- (1-2-6) ● GTO를 利用한 새로운 電流形 인버터 回路에 관한 연구 李世薰 · 82
A Study on New Current-Fed Inver Circuit
Using GTO Thyristor Lee, Se-Hun

THE KOREAN INSTITUTE OF ILLUMINATING
AND ELECTRICAL INSTALLATION ENGINEERS
94-357 Youngdeungpo-dong Youngdeungpo-ku,
Seoul 150, KOREA TEL. 679-3329

학회지 투고규정

- (1) 원고의 투고자는 회원에 한함을 원칙으로 한다. 단, 다음의 경우에는 비회원의 기고도 수리한다.
 - 1. 회원과 공동연구인 경우
 - 2. 논문을 제외한 기사인 경우
- (2) 원고는 논문, 기술보고, 기술자료, 기술해설, 문헌소개, 기타 학술 및 기술상 기여된다고 인정되는 자료로 한다.
- (3) 원고는 본 학회지에 투고하기 전에 공개 출판물에 발표되지 않았던 것임을 원칙으로 한다.
- (4) 원고는 수시로 접수하며 투고원고의 접수일은 그 원고가 학회에 접수된 일자로 한다.
- (5) 논문 투고시 투고원고내용의 해당 전문분야를 기재해야 한다.
- (6) 원고의 채택여부는 본 학회 편수위원회의 결의에 따르며 편수위원회는 원고의 부분적 수정, 단축을 요구할 수 있다.
- (7) 원고는 200자 원고용지에 횡서로 기입하되 50매 내외를 기준으로(표, 그림 포함)하며, 인쇄면수로 6면을 초과하지 않는 것을 원칙으로 한다. 타자로 친 원고도 수리한다.
- (8) 원고는 국문(한자 포함) 혹은 영문으로 기재하는 것을 원칙으로 한다.
- (9) 논문에 한해서는 국문과 영문초록(제목, 저자명, 소속기관 포함)을 요한다. 국문은 600~800자, 영문은 200~300단어를 기준으로 한다.
- (10) 그림은 인쇄할 수 있도록 약 25×20cm 트레이싱 페이퍼 또는 백지에 먹으로 깨끗이 그려야 한다. 단, 사진의 크기는 6.5×5.0cm로 한다.
- (11) 그림, 표는 그림 1, 그림 2, 표 1, 표 2... 등으로 표시하고 간단한 설명을 붙여야 하며 그림의 설명문은 그림 밑에, 표의 설명은 표 위에 기입하고, 설명문과 그림, 표의 표시는 국문과 영문으로 병기해야 한다.
- (12) 그림, 표는 일괄적으로 원고 끝에 별첨하고, 본문 중에는 그 위치만 원고 우측에 표시해야 한다.
- (13) 인용 및 참고문헌의 색인번호를 본문의 인용처에 반드시 기입하고, 인용순서대로 다음과 같이

표시한다.

- 1. 단행본의 경우 : 저자명, 책명, 출판사명, 출판년도, 인용페이지
 - 예) 홍길동, 전기응용, 문운당, 1987, pp. 56~67
- 2. 논문지의 경우 : 저자명, 제목, 잡지명, 권, 호, 인용페이지, 출판년도
 - 예) J. J. Lowke, et al., "Theoretical description of ac arcs in Mercury and Argon", Journal of Applied Physics, Vol. 46, No.2, pp. 650~660, 1975
- (14) 원고서식은 5/7, a/(b+c) 등과 같이 횡서로 하고 혼동되기 쉬운 글자(α 와 a, γ 와 r은 구별이 용이하게 기록한다.
- (15) 논문원고의 모든 단위는 MKS 단위로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (16) 논문은 3부를 작성제출하여야 한다. (단 2부는 복사라도 무방함)
- (17) 투고규정에 위배된 원고는 접수하지 않는다.
- (18) 다음의 경우에는 투고자가 그 실비를 부담하여야 한다.
 - 1. 아-트지에 사진판을 게재하는 경우
 - 2. 불결한 그림을 정정 또는 정서하는 경우
 - 3. 별쇄를 필요로 하는 경우
 - 단 논문별쇄는 30부를 증명하고 그 이상을 요구하거나 별쇄의 표지를 요구하는 경우
 - 4. 저자의 착오로 편집상 손실이 생긴 경우
- (19) 논문의 경우에는 심사료를 투고자가 부담한다.
- (20) 채택된 논문은 게재료를 투고자가 부담한다.
- (21) 채택된 원고의 저자는 사진 1매와 간단한 이력서를 제출하여야 한다.
- (22) 심사를 통과한 논문은 논문접수순대로 게재함을 원칙으로 한다. 단, 순위 밖에 있는 논문의 게재는 편수위원회의 결의에 따른다.
- (23) 원고 및 편집에 관한 모든 연락은 본 학회내 편수위원회로 한다.
 - 1. 본 규정은 1987년 5월 13일부터 시행한다.