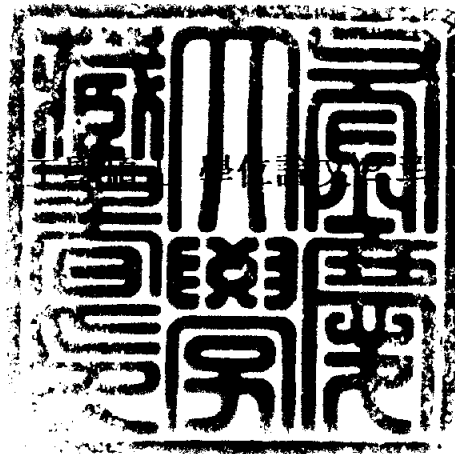


工學碩士 學位論文

소형발전기의 부하측 고조파 유입시
헨팅 방지회로에 관한 연구

指導教授：裴 鍾 一

이 論文을



學位論文으로 提出함

2003年 2月

釜慶大學校 産業大學院

電氣工學科

朴 炳 悅

朴炳悅의 工學碩士 學位論文을 認准함

2002年 12月

主 審 工學博士 李 東 喆



委 員 工學博士 趙 峯 寬



委 員 工學博士 裴 鍾 一



목 차

제1장 서론	1
제2장 예비전원의 중요성과 문제점	3
2.1 S형 정류기의 전원공급	3
2.1.1 S형 정류기의 실체도	3
2.1.2 전원공급 흐름도	4
2.2 예비전원의 중요성	6
2.3 예비전원의 문제점	7
2.4 소형발전기가 설치된 분전반의 구성도	9
2.5 소형발전기가 설치된 분전반의 회로도	10
제3장 원인분석 및 고조파에 대한 대책	11
3.1 고조파 원인분석	11
3.2 부하변동에 따른 고조파 발생의 분포	15
3.3 전력기기의 고조파 발생원인과 영향	18
제4장 고조파 측정 및 비정현파 전압분석	22
4.1 고조파 측정의 중요성	22
4.2 비정현파 전압 및 전류분석에 사용되는 장비	23
4.3 고조파 기기에 미치는 영향	25
제5장 고조파 저감 대책방안	27
5.1 정류기측 보완방안	28
5.2 발전기 출력측 보완방안	30
5.3 고조파 필터설치에 의한 개선방안	31
제6장 결 론	50
참고문헌	53
Abstract	54

그 립 목 차

그림 2.1	S형 정류기와 P형 정류기의 실체도	3
그림 2.2	전원공급 흐름도	5
그림 2.3	보완회로를 구성하지 않은 때의 발전기의 출력 파형	8
그림 2.4	소형 분전반 ATS 설치 회로도	9
그림 2.5	소형 분전반 회로도	10
그림 3.1	고조파에 의한 전압파형의 왜곡	13
그림 4.1	웅촌, 덕하 소형발전기 고조파 발생 전압파형 ...	24
그림 5.1	카본저항기 및 서어지 휠터 설치도	32
그림 5.2	덕하 (50[KW]) 발전기 개선 전 정류기 2대 부하시 파형	38
그림 5.3	덕하 (50[KW])발전기 개선 후 정류기 2대 부하시 개선된 파형	39
그림 5.4	정류기 전단 콘덴서 부착 회로도	41
그림 5.5	발전기 운전시 일반 부하만 절제한 상태의 파형	42
그림 5.6	발전기 운전시 정류기 1대만 절제한 부하의 파형 곡선	43
그림 5.7	리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 1대 절제한 파형	44
그림 5.8	리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 1대 절제한 파형	45
그림 5.9	발전기 가동 정류기 2대 투입시	46
그림 5.10	리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 2대 절제한 파형	47
그림 5.11	3대 절제한 부하의 파형 곡선	48
그림 5.12	리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 3대 절제한 파형	49

제1장 서론

다양한 사회의 발달과 더불어 우리들이 사용하고 있는 전기 에너지에 대한 사용범위도 날로 다양하게 변화하고 있다.

이와 같이 특수한 장소에서 사용하고 있는 소형 (100[KW] 이하)발전기의 사용에서도 문제점[1-3]이 발생하고 있는바 이를 개선할 수 있는 방법을 연구하고 아울러 사용하는 부하의 종류에 따라 어떠한 현상이 일어나고 있는지를 검토하여 적절한 대책이 있는지를 연구 검토해 보는 것이 좋을 것이다. 그리하여 통신시설을 많이 사용하고 있는 통신장비 업체나 일부 공공시설 등에서 사용하고 있는 발전기, 이와 연계하여 사용하는 고조파 성분을 많이 포함하고 있는 SCR소자를 사용한 S형 정류기 시설들 등에서 집중적으로 원인분석과 더불어 대책을 강구하면서 보다 안정적 시설을 유지하고자 하는데 본 연구의 취지를 두고자 한다[4-9].

특히, KT, SK 등 국내 통신회사에서 예비용 전원 공급장치로 사용하고 있는 소형발전기에는 S형 정류기에서 발생하는 고조파성분으로 인한 파형이 많이 찌그러지므로 왜율현상이 나타난다. 고조파의 유입이 S형 정류기를 단계적으로 부하 대수를 증가시키면 발전기가 헛팅을 하면서 정지가 되어 통신전원은 물론 다른 부하에도 안정된 전원을 공급할 수 없게 된다[10-13]. 특히, 한전에서 정전이 장시간 될 경우에는 예비용 축전지로 일정시간 유지 이후에는 통신장애를 일으킬 우려가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 사전에 방지하기 위해 첫번째 예비전원으로 발동발전기의 안정된 운전을 위해 만반의 조치를 해두어야 하며, 그러기 위해서는 부하 종류에 따라 적절한 보호장치를 하여 언제든지 정상적이고 안정된 전원공급을 할 수 있는 예비전원으로서 역할을 할 수 있도록 보완하여 설치

를 하여야 할 것이다.

제2장 예비전원의 중요성과 문제점

2.1 S형 정류기의 전원공급

2.1.1 S형 정류기의 실체도



그림 2.1 S형 정류기와 P형 정류기의 실체도

2.1.2 전원공급 흐름도

그림 2.2에서는 한전 전원 AC 220[V] 또는 380[V], 60[HZ]가 인가되어 한전과 발전 전원을 절체할 수 있는 저압 분전반이 설치되었으며, 한전 전원이 정전이나 기타 사정으로 전원이 off 될 경우 발전기 전원으로 대체하여 사용할 수 있게 되어있다.

여기에서 공급되는 전원으로 SCR 정류기를 거쳐 직류 제어반으로 DC 48[V]를 공급하며 부하 시설인 교환시설에 피드별로 전원을 공급하게 된다.

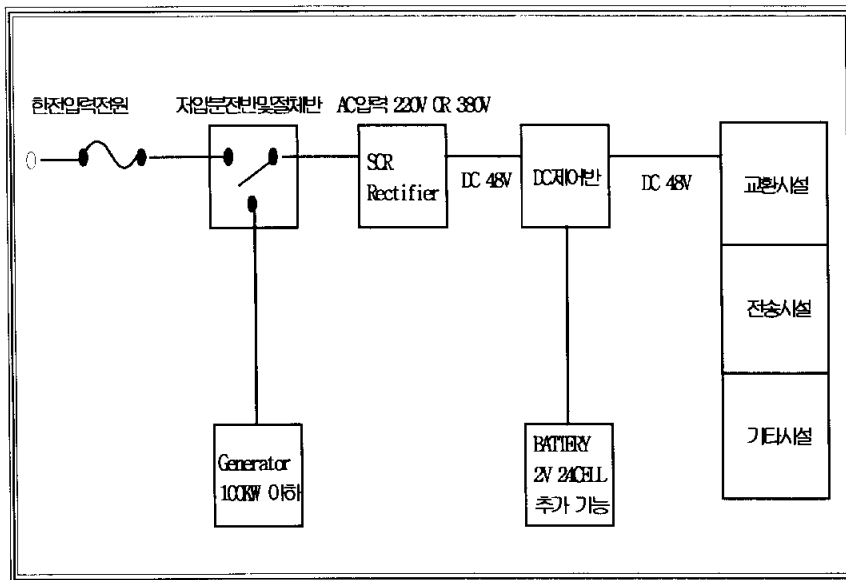


그림 2.2 전원공급 흐름도

2.2 예비전원의 중요성

발전기는 전기사정이 좋지 않은 산간이나 오지 등지에서 주전원으로 사용하거나 공사장 등에서 언제 어디서나 시간적 공간적 제약을 받지 않고 필요할 때 전기에너지를 이용할 수 있는 장점이 있다.

특히 KT 같은 중요한 통신시설을 운영하는 회사에서는 발전기가 예비전원으로서 역할은 매우 중요하다. 일반부하인 전등이나 전열 등 비교적 민감하지 않은 부하에서는 별문제가 없으나 부하측에서 고조파를 많이 발생하는 장비나 기기에서는 역류하여 소형발전기에 미치는 영향은 아주 크며 문제점이 자주 거론되기도 한다. 그러나 장시간 정전으로 인한 예비전원으로서의 역할을 다하기 위해서는 비상전원으로 설치한 축전지로서는 시간적 한계가 있다. 즉, 장시간 정전에는 적합하지 못하다는 것이다. 그리하여, 발전시설과 축전지시설이 연계되어 한전이 장시간 정전이 되더라도 일정시간 축전지를 충전시켜 예비전원으로 사용함으로써 발전기의 휴식시간도 아울러 가지며 좋은 예비전원으로 신뢰감을 줄 수 있다.

2.3 예비전원의 문제점

- 1) 장시간 방전 및 정전으로 발전기 전원 투입시 SCR 부하가 고조파 성분으로 정지 및 헌팅을 한다.
- 2) 전압파형 일그러짐현상과 전등부하 깜박거림 및 주파수 급상승하여 형광등의 안정기가 고장이 잘 난다.
- 3) 발동발전기 가동(수동, 원격)으로 부하전원 공급시 헌팅을 하거나 발전기가 정지하던지, EOCR(Electronic Over Current Relay) 계전기가 동작을 한다.
- 4) 입력전압의 전압 감지부가 예민하여 고조파분 발생시 오동작으로 정류기 M/S가 on/off 반복하며 헌팅이 일어난다.

그림 2.3에서 보는 바와 같이 입력전압 380[V]의 전압에 60[HZ]의 정격일 때 S형 정류기의 부하를 투입한 파형을 오실로스코프로 측정한 그래프이다.

hp running

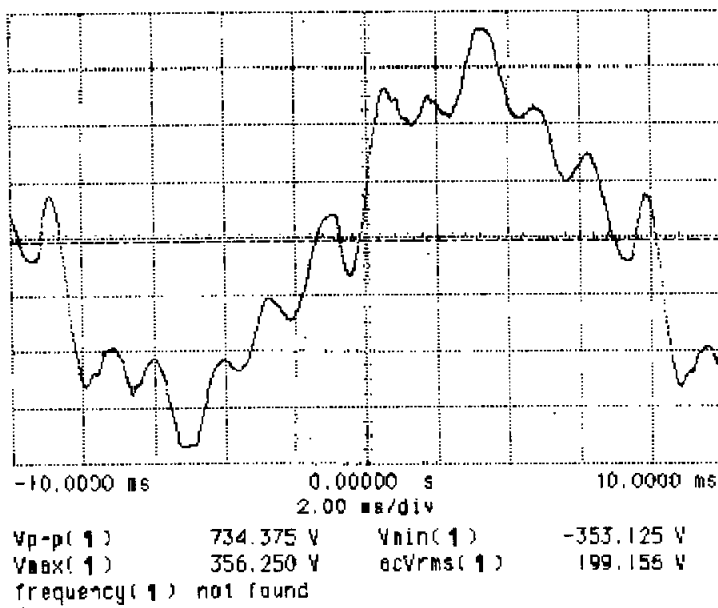


그림 2.3 보완회로를 구성하지 않은 때의 발전기의 출력파형

2.4 소형발전기가 설치된 분전반의 구성도

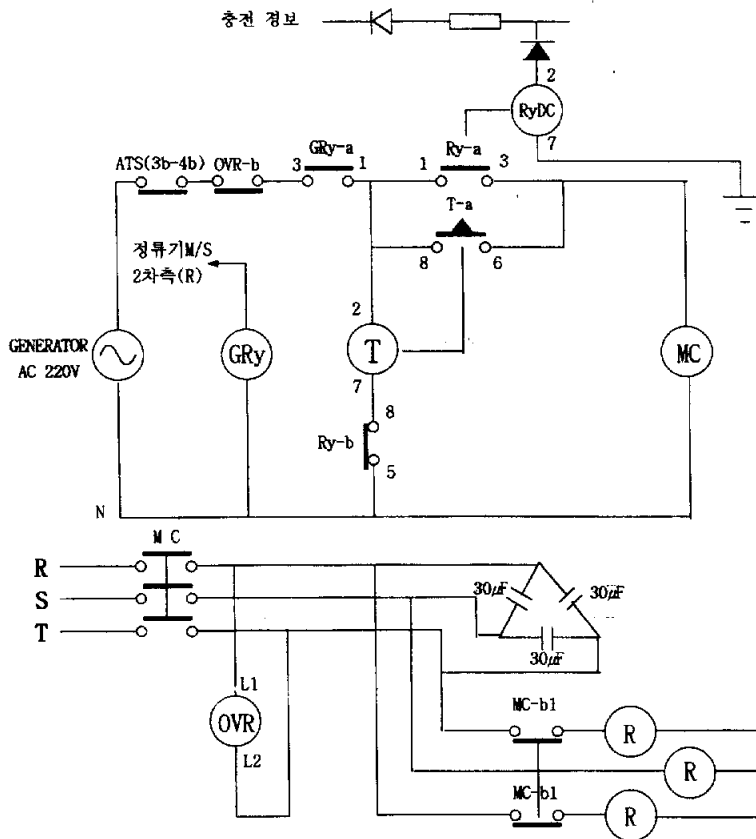


그림 2.4 소형분전반 ATS 설치 회로도

2.5 소형발전기가 설치된 분전반의 회로도

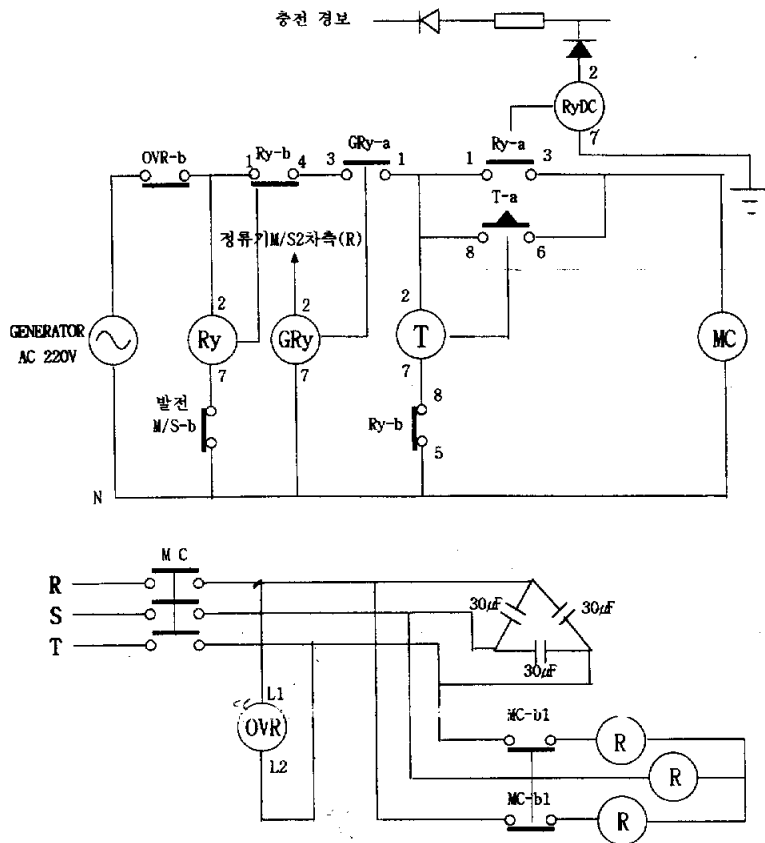


그림 2.5 소형분전반 회로도

제3장 원인분석 및 고조파에 대한 대책

3.1 고조파 원인분석

정류기 및 발전기 헌팅현상은 48[V]/100[A] SCR 정류기 내부의 SCR이 위상제어 될 때 발생하는 고조파 성분이 발생, 발전기 제어회로측에 피드백되어 발전기 출력이 난조현상을 일으키고, 이 전원이 정류기에 입력되어 정류기가 불안전하게 되며 전원제어반 EOVR(Electronic Over Current Relay) 계전기 트립으로 전원공급이 중단된다.

그러므로 소형발전기에 유입되는 고조파성분이 S형 정류기에서 리액터 값만 있으므로 이 성분을 최소화하려면 콘덴서를 적절한 값으로 산정하여 삽입 해주므로 해서 공진상태가 되도록 회로를 보완하여 고조파를 줄이는 방법이다. 그러면 전력품질의 변화를 한번 보자.

지금까지 전력시스템에서 전력품질은 정전시간, 전압적정률, 주파수 유지율 등의 목표관리에 의해 적정 전력품질을 유지하는 것을 뜻하고 있다. 그러나 최근에 정보통신기기, 정밀제어기기 등의 사용이 급증하면서 순간전압변동(Voltage Sags & Swells), 고조파(Harmonics), 전압불평형(Voltage Unbalance), 플리커(Flicker) 그리고 서어지(Surge)등 새로운 개념의 순시 전력품질 문제가 대두하게 되었다.

특히 전력변환장치, 전동기 속도조절장치 등 비선형부하를 사용함으로써 발생하는 고조파는 변압기의 진동, 이상음, 온도 상승과 반도체 장비 및 계전기류의 오동작, 콘덴서 회로에 이상전류를 발생시켜 운전에 지장을 주는 등 문제를 일으킬 수 있다.

그렇다면 이러한 고조파는 왜 발생하는 것일까?

고조파는 교류를 직류로 변환하는 장치나 교류 아크로, 형광등과 같은 방전등, 가전제품 등 대부분의 전기장치에서 필연적으로 발생하는 것이며, 장치에 따라서 발생하는 고조파 특성도 현저하게 다르게 나타난다.

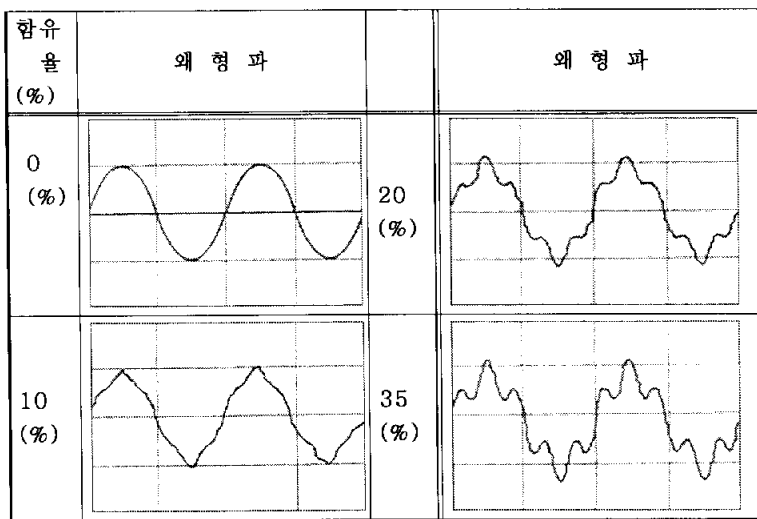


그림 3.1 고조파에 의한 전압 파형의 왜곡

고조파는 정류기, UPS, 인버터, 엘리베이터, 의료장비, 통신기기, 용접기, 아크로, 컴퓨터 등 대부분의 전기장치에서 발생하며, 이러한 고조파로 인한 피해는 매우 다양한 형태로 나타나고 있다. 변압기, 발전기, 콘덴서 등의 과열의 원인이 되어 기기를 손상시키고, 중성선에 과전류가 흘러 유도장해, 전위상승, 케이블 소손의 원인이 되며, 고조파 전류는 노이즈를 일으키며 공진, 소음을 발생시킨다. 또 보호계전기 및 제어장치의 오동작을 일으키는 원인이 되며, 영상고조파에 의한 통신장애를 일으키기도 한다. 이러한 고조파 전압과 전류는 전력손실 증가와 역률을 감소시키기도 한다

3.2 부하변동에 따른 고조파 발생의 분포

현재, 사용되고 있는 48[V]/100[A] SCR 정류장치는 제어하기가 쉽고 고도의 기능을 가진 사이리스터 반도체 소자를 응용한 순변환장치로서 3상브릿지 정류회로의 구성과 전압, 전류 파형은 그림 4.1과 같으며 입력인 교류측, 출력인 직류측에 모두 우수파에는 존재하지 않고 기수파의 고조파가 많이 발생한다. 표 1는 발전기 용량별 SCR정류기의 기동대수에 따라 발전기의 운전상태를 기록한 내역이다. 정류기 대수별 고조파 함유율 및 발전기 허용값을 나타내고 있다.

그러면 고조파 발생과정과 형태에 대해 알아보고 고조파 전류계산도 알아보기로 한다.

1) 고조파 발생과정과 형태

상용주파수인 정현파 전류를 전원에서 공급하는 것에 비하여 부하가 방형파 전류가 필요로 할 경우에 사인파와 이에 상당하는 전류가 전원측으로 흘러 들어 전원측파와 합성이 되어 고조파 전류의 형태를 이룬다.

2) 고조파 전류의 계산

$$I_n = K_n I_{1/n}$$

$$N = m p \pm 1 (m = 1, 2, 3 \dots)$$

I : 기본파 전류

K_n : 고조파 저감계수: 그래프에서 찾는다.

N : 고조파 차수

P : 펄스 출력

고조파 전류의 발생은 대부분 전력전자 소자(power electronics: SCR, Diode, GTO 등)를 사용하는 기기 등에 주로 발생한다. 최근 정보통신 기기의 사용이 늘어나 이 기기들에 사용되는 전력전자 소자에 의하여 고조파 전류가 발생하여 전원의 질을 떨어뜨리고 과열 및 이상상태를 발생시키는 원인이 되고 있다.

고조파 전류를 발생하는 기기로는 변환장치인 인버터, 무정전 전원장치(UPS), 정류기, CVCf(Constant Voltage Constant Frequency) 등과 아아크로, 전기로, 회전기기, 변압기 등 과도 현상에 의해 일어나는 것 등이 있다. 그러면 여기서 현재 배치되어 있는 발동발전기의 용량별 허용 역상전류값에 의해 정상적 운전이 가능·불가능에 대한 운전실태를 분석한다.

표 1 발전기 용량별 허용 역상 전류값

가 대 발 생 량	동 수 별 생 량	발 전 기 용 량 별 허 용 역 상 전 류 값		
		20KW(웅촌) (2.4KW이하)	50KW(덕하) (6.0KW 이하)	100KW (12 KW 이하)
정류기1대	기동시 (1.5KW~2.5KW)	운 전 가 능	운 전 가 능	운 전 가 능
정류기2대	기동시 (3.0KW~5.0KW)	운 전 불 가	운 전 가 능	운 전 가 능
정류기3대	기동시 (4.5KW~7.5KW)	운 전 불 가	운 전 불 가	운 전 가 능
정류기4대	기동시 (7.5KW~12.5KW)	운 전 불 가	운 전 불 가	운 전 가 능

3.3 전력기기의 고조파 발생원인과 영향

1) 변압기에 있어서 고조파의 영향

변압기에서의 고조파의 영향은 두 가지가 있는데 고조파 전류는 동손과 자속손실을 증가시키는 원인이 되고, 고조파 전압은 철손을 증가시킨다. 즉 순수한 정현파 동작에 비해서 변압기를 과열시킨다. 전류 왜형율의 상위 제한치는 정격전류의 5[%] 이다. 변압기가 정상상태에서 견딜수 있어야 하는 최대 과전압은 정격부하 시 5[%], 무부하 시 10[%] 실효값이어야 한다. 고조파 전압과 고조파 전류에 의해 발생하는 변압기 손실은 주파수에 의존한다는 것에 유의해야 한다. 주파수가 증가함에 따라 손실이 증가함으로써 변압기 과열측면에서는 고조파 성분이 저주파 성분보다 중요할 수 있다.

2) 전력 케이블에 있어서 고조파의 영향

시스템 공진에 수반되는 전력용 케이블은 전압 스트레스와 코로나에 영향을 받아서 절연파괴로 이루어 질 수 있다. 보통 수준의 고조파 전류에 영향을 받은 케이블은 과열되기 쉽다. 도체에 비정현파 전류가 흐르게 되면 파형의 실효치에 대한 기대값 이상으로 추가적인 과열현상이 일어난다. 이것을 표피효과 및 근접효과라고 알려진 두 가지 현상 때문인데, 이 두가지 현상은 도체의 크기와 간격뿐만 아니라 주파수에 대한 함수로서 변화한다.

3) 캐패시터에 있어서 고조파의 영향

전력계통에서 캐패시터를 사용하는데 있어서 주요한 관심 시스템 공진의 가능성이다. 이 효과로 인해 전압과 전류는 공진이 없는 경우 보다 상당히 더 높아진다.

캐패시터 뱅크의 리액턴스는 주파수에 따라 감소하고 따라서 고조파 전류가 클수록 이 뱅크는 "sink" 로 작용하게 되는

데 이로 인해 과열과 절연에 대한 부담이 가중된다. 고조파에 의한 과열 및 전압 가중으로 인해 캐패시터의 수명이 줄어들 수 있다

4) 전자장비에 있어서 고조파의 영향

전력전자장비는 고조파 왜곡에 의해 야기되는 오동작이 쉽게 영향을 받는다. 흔히 이 장비는 전압의 영점결정이나 전압 파형의 다른 측면들에 의해 좌우된다. 즉 고조파 왜곡은 전압의 영점이나 한 선간전압이 다른 선간전압보다 커지는 지점을 이동하게 된다. 이 두 점들은 많은 종류의 전자회로제어에 있어서 중요한 것들인데, 이 두 점이 이동하게 되면 오동작이 발생할 수 있다. 다른 종류의 전자장비들은 장비의 공급전원을 통해 교류 공급고조파가 전송 될 때나 고조파의 자기 커플링이 장비의 구성원이 작용할 때 영향을 받을 수 있다.

프로그램이 가능한 제어기와 같은 컴퓨터와 유사장비들에 공급되는 교류 전원은 최대 단일고조파가 기본전압의 3[%]를 넘지 않아야 하고 고조파 전압 왜형율이 5[%] 이하를 유지해야 하는 경우가 많다. 이러한 허용치 이상의 고조파로 인해 심각한 결과가 야기되는 기능 이상이 초래된다.

계측기의 경우도 마찬가지로 잘못된 데이터를 내거나 그 동작이 예측할 수 없게 된다. 더구나 의료장비에 이러한 기능 이상이 발생하면 가장 심각한 결과가 초래된다. 따라서 많은 의료 계측기들은 일정한 전력을 공급한다.

5) 계기에 있어서 고조파의 영향

계량기의 계측기도 고조파 성분들에 의해 영향을 받는데, 특히 회로상에서 높은 고조파 전압과 고조파 전류를 일으키는 공진현상이 존재한다면 더욱 그러하다. 전력량계와 같은 유도 디스크장치는 정상 동작시에 기본전류만 보인다.

그러나 고조파 왜형에 의한 상 불평형은 이들 장치의 오동작

을 야기 시킬수 있다. 고조파 왜형현상이 있을 때 해당 계량기와 고조파의 종류에 따라 포지티브와 네가티브 에러가 발생할 수 있다는 것이 연구결과를 통해 입증되었다. 일반적으로 왜형율이 20[%]을 초과할 정도로 심각해야만 중요한 에러가 검출된다. 계량과 릴레이에 사용되는 60[HZ]의 계측변압기는 정상적으로 발생하는 고조파에 의해 크게 영향을 받지 않는다.

6) 스위치기어와 릴레이에 있어서 고조파의 영향

다른 종류의 장비와 같이 스위치기어에서도 고조파 전류들은 과열현상과 손실을 증가시켜서 정상상태의 전류의 수송능력을 감소시키고 절연성분의 수명을 단축시킨다. 정상적 운전 동안 고조파에 의해 발생하는 열로 인해 퓨즈는 성능이 저하된다. 현재 스위칭 장치나 퓨즈에 대한 고조파 전류의 기준은 없으며 정격 공급주파수에서 모든 시험이 시행된다.

7) 전화통신 방해에 있어서 고조파의 영향

전력 변환장치와 관련된 회로 소자에서 고조파 전류나 전압이 작용하면 자계와 전계가 발생하고 통신시스템의 가까이에서 민감하게 반응하여 동작을 교란시킬 수 있다.

변환 장치에서 진폭과 주파수 모두 방해 요소이다.

8) 정지형 전력변환장치에 있어서 고조파의 영향

정지형 전력변환장치들은 일반적으로 그 기능의 부산물로서 고조파를 발생시킨다. 어떤 상황에서 변환장치는 자체에서 발생된 고조파나 또는 다른 고조파 발생원에서 발생하는 고조파로부터 영향을 받는다. 교류 전원에 병렬로 연결된 컨버터나 유사한 장치가 고조파의 발생원이 되는 일이 자주 일어난다. 정류기가 전압을 공유하는 회로망에서 캐패시터를 사용한다면, 설계시 고려됐던 것 이상의 열적인 스트레스를 받게 되는데, 그 이유는 교류에 포함된 고조파에 의해 큰 전류가 캐패시터

에 영향을 주기 때문이다. 이러한 고조파들은 정류기 부하로 유입되어 직류측의 공정장치를 해롭게 하거나 교란시킨다.

다이오드 정류기에서 발생한 어려운 점은 사이리스터나 인버터와 같은 다른 종류의 변환장치에서도 비슷하게 발생한다. 후자는 여러 부분의 민감한 영역이 있다. 이들에게는 대개 고조파 전류에 의해 과열되기 쉬운 전력용 필터, EMI 필터 및 스너버와 같은 용량성 회로가 있다. 대부분 컨버터들은 제어를 위하여 교류 공급전압의 다양성에 의존하는데 만약, 입력 교류전원이 고조파에 의해 심하게 왜곡되었다면, 이 컨버터는 잘못된 점호신호를 보냈거나 교신이 실패하거나, 또는 비특성 고조파를 발생하게 된다. 또한 컨버터의 제어회로에는 종종 플립플롭과 같은 부품들이 포함되는데, 이러한 부품은 고조파 현상에 매우 민감하다. 따라서 제어장치는 잘못된 신호를 받을 수 있고, 이 때문에 기능고장이 유발되거나 또는 부품이 파괴되는 경우도 생길 수 있다.

제4장 고조파 측정 및 비정현파 전압분석

4.1 고조파 측정의 중요성

고조파 전류 및 전압의 측정은 전기에너지의 신뢰성 있는 배전 계통에 있어 필수적이다.

다음은 측정의 중요성에 관한 이유들이다.

- 1) 고조파의 값을 모니터링하고 허용치나 규제치를 넘지 않도록 감시한다.
- 2) 고조파를 발생하는 장비의 실험을 한다
- 3) 장비가 전력회사나 수용가에 악영향을 미치는 상황의 진단과 고장수리를 한다.
- 4) 현재의 허용수준을 준수하며 매시간과 매일 매월 또는 계절에 따라 고조파 전압 및 전류의 동향을 추적한다.
- 5) 고조파 조류를 포함하는 시뮬레이션 연구의 검증을 위한 측정, 개개의 위상각을 가지는 고조파 전류 및 전압의 측정, 비선형부하가 연결된 상태 또는 그렇지 않은 상태에 대해서 측정할 수 있고 주어진 위치에서 고조파 운전 임피던스를 결정하는데 도움이 된다.

4.2 비정형파 전압 및 전류 분석에 사용되는 장비

1) 오실로스코프

오실로스코프 상의 파형은 왜곡의 정도와 종류에 관한 질적인 정보를 제공한다.

2) 스펙트럼 분석기

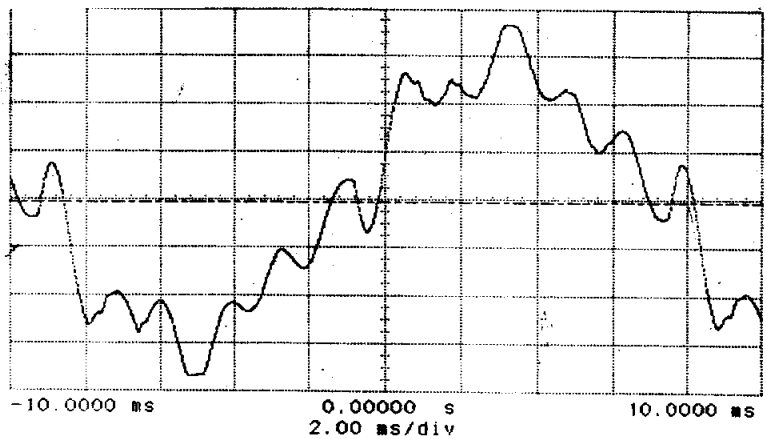
이 계기들은 주파수함수와 같은 신호의 전력분배를 나타낸다. 주파수들의 어떤 범위가 스캐닝 되고, 분석된 신호의 고조파, 내부 고조파, 모든 구성 요소들이 화면 표시형식은 CRT(Cathode-Ray Tube)나 기록표이다.

3) 고조파분석기 또는 파형분석기

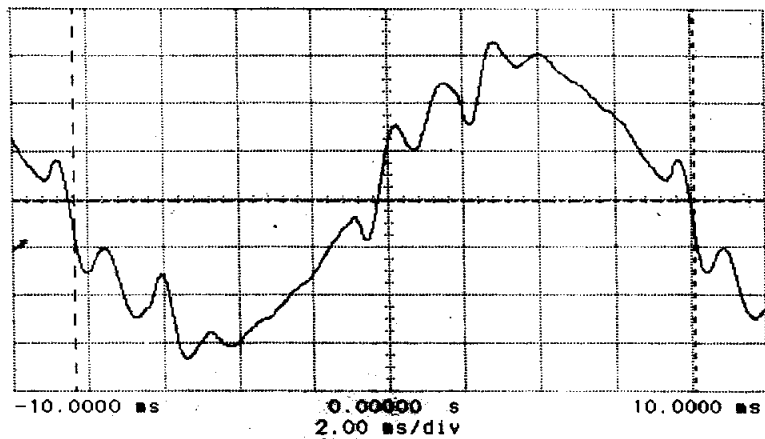
이 계기들은 주기함수의 진폭을 측정하고, 관찰된 신호의 선 스펙트럼을 제공한다. 출력은 아날로그나 디지털 계기들을 사용하여 모니터 될 수 있거나 저장 될 수 있다.

4) 디지털 고조파 측정장치

디지털 분석은 2가지 기본 기술로서 수행 될 수 있다. 위의 여러 가지 측정법을 열거하였으나 본 논문에서 오실로스코프 상의 파형을 측정하였으며 다음 장에서 그 결과값을 측정하여 제5장에서 왜형파의 그래프를 도시하였다.



< 웅촌국 고조파발생 전압파형 >



< 덕하국 고조파발생 전압파형 >

* 웅촌, 덕하 : 고조파발생 시험한 고장이름

그림 4.1 웅촌, 덕하 소형 발전기 고조파 발생 전압파형

4.3 고조파가 기기에 미치는 영향

배전 계통에 있어서 고조파 장해조사를 하면 전력용 콘덴서 등에서 영향이 가장 큰 것으로 나와 있으며 이것은 콘덴서가 고조파 전류의 흡수 역할을 한다는 것을 의미한다.

고조파가 각종 기기에 미치는 영향에 대한 내용을 보면은 크게 5가지 형태로 영향을 미치는 것으로 되어 있다.

- 1) 순시 위상에서의 영향
- 2) 전원전압 파형의 왜곡화
- 3) 고조파 전류의 차수에 대한 영향
- 4) 고조파 전류의 파형 왜곡 및 역상, 영상 성분에 의한 영향
- 5) 잡음 및 유도 장애에 대한 영향 등이 있다.

또한 기기에 직접적으로 나타나는 현상으로 분류 해보면

- 1) 전동기의 진동 및 소음 발생이 많이 난다.
- 2) 콘덴서, 리액터의 과열, 소손, 진동, 소음 발생이 일어난다.
- 3) 변압기의 소음이 발생되며 효율이 떨어진다.
- 4) 차단기 제어기의 오동작과 심한 흔들림으로 계기의 오차가 발생된다.
- 5) 발동발전기의 주기적 변동 및 효율저하는 물론 권선에 과열로 소손 우려가 된다.
- 6) 정보통신기기 및 제어시스템의 오동작이 일어나며 정지가 되기도 한다.

위와 같은 영향 등은 첫째로 고조파 전류에 의한 영향과 고조파의 노이즈에 의한 영향으로 나눌 수 있다.

다시 말해, 고조파 전류라는 것은 사이리스터 부하가 비직진성 특성(각 순시의 전압과 전류가 비례하고 있지 않음)이기 때

문에 발생하며, 이 고조파는 전원측과 부하측에 영향을 주고 있다. 또한, 고조파 잡음은 사이리스터의 점호나 전류시의 급변한 전압, 전류의 변화에 기인하는 진동에 의하여 발생하는 것으로 선로의 공간을 전파한다. 이와 같이 전원계통에 흐르는 고조파 전류에 의해 전압파형에 왜곡을 발생시킨다. 이 고조파는 발전기회로에도 흐르게 되는데 고조파 전류가 발전기 내부에 흘러서 권선을 과열시키거나 전압파형을 일그러지게 하여 전압 제어가 불안전해진다.

일반적으로 고조파 전류가 발전기에 미치는 영향을 등가 역상전류로 평가하고 있다

$$\text{등가 역상전류} = \frac{\text{정류기입력 용량(KVA)}}{\text{자가발전용량(KVA)}} \times 100$$

로 산출되며 발전기의 고조파 허용치는 등가 역상전류가 15[%]정도이므로 발전용량에 비해 시스템의 용량을 30[%]~50[%]이하로 낮추어야 한다.

제5장 고조파 저감 대책방안

일반적으로 배전 계통의 말단에 위치하여 수용가에 직접 전력을 공급하고 있고 이것에 접속되어 있는 부하기기는 다양하다. 최근 배전 계통에 접속되는 사이리스터 응용기기는 점차 증가의 추세고 이후도 이 경향이 계속될 것이 예상되므로 배전 계통의 고조파 왜형도 계속 증대할 전망이다.

배전 계통에 발생한 고조파를 적정 레벨 이하로 억제하여 부하기거나 전력기기에의 심한 영향을 피하기 위해서는 개개의 기기에서 발생한 고조파량의 저감 대책의 확립이 기본이며 이것이 유효한 대책이라 한다. 또 배전 계통상에서 발생하는 고조파의 예측은 일반적으로 복잡하며 부하기기의 증가 등에 의하여 고조파가 증가하면 배전 계통상의 대책만으로는 한계가 있다. 그러므로 이후 특히 중, 대형기기에 대하여는 기기의 발생 고조파량의 저감을 위하여 적극적인 기술 개발과 그의 저가격화가 급선무이다. 그러면 고조파의 저감 대책에는 어떤 것이 있는지 알아보고 본 논문에 대해 심층 연구하기로 한다.

발생기기에 대한 대책을 보면은 사이리스터 응용기기에는 고조파 전류가 발생하게 되는데 그 고조파를 저감하기 위해서는 응용기기의 설계상 고려해야 할 사항이 요망된다.

- 1) 사리이스터 변환장치의 펄스수의 증대
- 2) PWM 제어방식에 있어 반송 주파수의 고주파화
- 3) 운전시의 제어 지연각 저감
- 4) 제어지연각, 제어진상각의 상간의 요동의 저감
- 5) 전류 임피던스 증대
- 6) 교류전압의 상호 요동의 저감
- 7) 직류전류의 리플의 저감
- 8) 전류 진동의 억제

5.1 정류기측 보완 방안

- 1) 정류기 제어 PCB(Printed Circuit Boards)의 저항 R302 저항값인 68[KW]을 병렬로 추가 접속하여 저항값을 1/2로 줄여 외부전원에 의한 반응을 무디게 한다.
- 2) 정류기 제어 PCB 의 R214(1[KW])와 R297(46.4[KW]) 사이에 콘덴서 0.1[μ F](104)를 추가로 부착한다.
- 3) 정류기 제어 PCB회로를 보완하는 방법으로 R302 저항값을 68.0[KW] 47.0[KW] 1[%] 1/2[W]로 교체함으로써 3f전압 검출을 무디게 하고, IC21번의 2번과 6번 사이의 C158에 250[V] 682[μ F]을 직렬로 2개를 연결하여 전류 제어각을 빠르게 조정한다. 또한 IC 16번의 2번과 6번 사이 C0164에 250[V] 2[nF](205)로 교체를 하고 IC 20번의 6번 회로 C163에 0.1[μ F](104)로 교체하여 출력전압을 안정화한다.

그 외에도 정류상수를 늘리는 방안으로 3상 사이리스터 브릿지를 둘로 나누고 각각 정류기용 변압기를 Y/Y 및 Y/ Δ 접속하면 양쪽의 정류기 입력 전압의 위상이 30° 처져서 12상 정류회로가 등가가 된다. 각 정류기 입력 전류에 포함되는 고조파 전류는 값이 큰 제 5, 7 고조파가 제거됨으로 고조파 발생을 저감시킨다. 그러나 여기에는 사이리스터 장치의 정류상수를 늘리는데도 한계가 있으며 정류기용 변압기가 추가 설치되어야 하는 등 경제적 투자가 과도한 문제점이 있어 고려해 볼 문제가 있어 채택하여 시뮬레이션은 하지 않았다. 마찬가지로 펄스폭 변조(PWM) 방식인 GTO(Gate Turn-Off) 사이리스터이나 파워트랜지스터 등의 자기소호용 전력용 스위칭소자를 사용하여 1주기에 다수회(통상 20[KHZ]) ON-OFF 시킴으로써 발생고조파의 최저 차수를 높게 한다. 이 방식 또한 기존 정류장치의 기본제어회

로를 교체해야하며 과도한 경비 소요로 현실성이 결여 되기는
하나 기술상 고려해 볼 수 있는 사항이다.

5.2 발전기 출력측 보완 방안

고조파 상쇄용 교류 필터설치를 하는 방안으로 리액터와 콘덴서를 구성된 L-C 필터로 정류기 측에서 발전기 측으로 유입되는 고조파 전류를 흡수케 하여 고조파의 영향을 저감시키는 방법으로서 이 방법은 고조파 발생 원에 접속되는 계통의 임피던스와 진상 콘덴서에 의해 구성되는 회로가 병렬 공진을 일으키는 등 설계 제작에 고도의 기술이 필요하며, 설치공간을 확보해야 하는 문제 등 고가로 경제성이 없는 방법 중에 하나이다.

5.3 고조파 필터설치에 의한 개선 방안

1) 1차로 (리액터 및 콘덴서 1j220[V] 30[mF]) 보완 후 기존 보완하기전과 비교할 때 별다른 개선 효과를 볼 수 없었으며 정류기 3대 투입시 시스템이 단락 되었다.

2차로 콘덴서 1j220[V] 100[mF] 보완 후 (발전전압 조정: 370~380[V]) 정류기를 1대 투입 시는 1차 때보다 파형의 일그러짐은 적으나 정류기 2대를 투입한 후 시스템이 단락 되었다.

3차로 (리액터 및 콘덴서 1j220[V] 160[mF], 3j380[V] 120[mF]) 보완 후 는 앞서 1차, 2차 보완 후 측정한 파형보다 일그러짐이 완만하게 이루어지고 정류기 3대 전부하 운전시 (그림 5.12) 정상적인 부하를 공급할 수 있다.

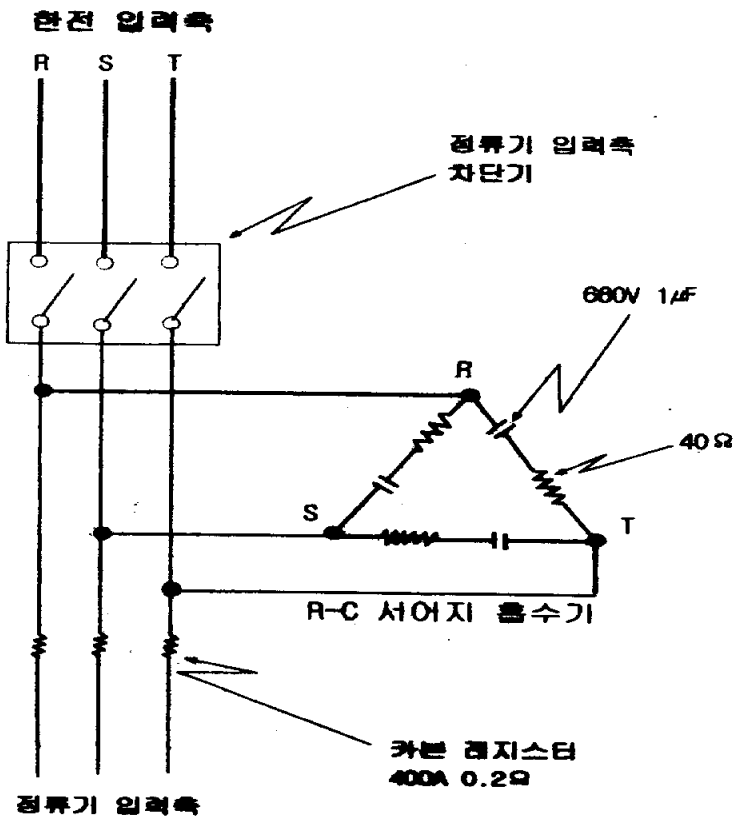


그림 5.1 카본저항기 및 서어지 흡수기 설치도

2) 카본저항기 및 서어지 흡수기를 설치하는 방법으로 전류 400[A], 임피던스 0.2[W] 이내의 카본저항기를 정류기 입력 측 각상에 설치하여 순간 입력되는 과도전압을 흡수 제거하여 발전기로 유입되는 고조파 등 역상전류를 감소시키는 방법이며, 서어지 흡수기를 설치하여 정류기에서 발전기로 유입되는 저차 고조파의 순간 서어지 전압을 흡수 감소시키는 방법도 있다. 이 방법은 비교적 제작이 간편하고 가격이 싸고 설치 공간 또한 적어 손쉽게 조치할 수 있는 방법이다.

마지막으로, 발전기의 용량을 보강하는 방법인데, 이 방법은 발전기를 1대를 대체 하여야함은 물론 투자예산이 너무 많고 경제성이 없는 방법이라 권장 할만한 방법은 아니다.

3) 그림에서 설명이 되겠지만 100[A] S형 정류기를 기준하면 내부에 트랜지스터의 코일당 측정결과 0.6[H]가 나오는데 2대의 정류기를 병렬할 때는 0.3[H]가 되었다. 이것은 순수한 리액턴스 성분을 보유하고 있다. 그러니까 리액턴스 ωL 값은 정류기 대수별 고정이므로 ωC 값을 ωL 값과 같게 변화시키려면 콘덴서의 값을 변화시켜 100[mF]나 120[mF], 160[mF] 등의 콘덴서를 적절하게 계산하여 부착함으로써 공진상태가 되어써 월터링한다.

그러면 고조파 전류의 증가에 따른 병렬 공진의 식을 검토해보자.

우선 여러 고조파를 N차 고조파라고 하고 전류를 I_n , 전원을 기본 리액턴스를 X_0 , 콘덴서의 기본과 리액턴스를 X_c 라 하면 콘덴서에 흐르는 고조파 전류는 다음과 같다.

콘덴서측의 전류는

$$I_{cn} = \frac{n X_0}{n X_0 + (n X_L - \frac{X_C}{n})} \times I_n \dots\dots\dots(1)$$

으로 나타난다.

$$\begin{aligned} n X_L - \frac{X_C}{n} &\ll 0 \text{인 경우} \\ n X_0 + (n X_L - \frac{X_C}{n}) &\ll 0 \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

식(2)는 음이 되어 이 전류가 전원 계통에 유입되어 전원측 전류보다 콘덴서측 전류가 작게 되어 고조파 전류의 확대를 일으킨다.

$$n X_0 + (n X_L - \frac{X_C}{n}) = 0 \dots\dots\dots(3)$$

병렬공진에 즈음하여 고조파 전류의 이상 확대를 일으켜 전압파형도 현저하게 일그러지므로 여러 장애를 일으킨다.

다음 공식에 의해 공진 조건을 알아보면 $X_L = X_C$ 가 되며 병렬공진은 다음 식과 같다.

$$\omega_C - \frac{1}{\omega_L} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

그러므로 다음 식과 같이 된다.

$$1 = \omega^2 LC \dots\dots\dots(5)$$

ωL 값은 발전기 내부의 리액턴스가 고정값이므로 무시하면 다음과 같다.

$$\omega_c = \frac{1}{2\pi fC} \dots\dots\dots(6)$$

식(6)에서 정류기의 부하에 따라 C값을 변화시키면서 왜형파를 개선하고 공진주파수는 다음 식과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(7)$$

여기서, 배전 전압을 V라 하면 단락 용량 S는 다음 식과 같다.

$$S = \frac{V^2}{2\pi fL} \dots\dots\dots(8)$$

식(8)로 선로에 접속된 진상 콘덴서 용량은 다음 식과 같다.

$$Q = 2\pi fCV^2 \dots\dots\dots(9)$$

단락용량과 진상콘덴서 용량의 비는 다음 식과 같다.

$$\frac{S}{Q} = \frac{1}{2\pi f L \times 2\pi f C} \dots\dots\dots(10)$$

그러면 실제 SCR 100[A] 정류기의 L값을 부하와 연관하여 L-C-R 측정기로 측정한 결과 L값은 0.3~0.35[H]가 되어 이것을 공식에 대입하면 정류기가 2대 일 경우의 값은 다음 식에서 산출된다.

$$X_0 = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_1}} = \frac{0.3 \times 0.3}{0.3 + 0.3} = 0.15[H]$$

이다. 이와 같이 하면, 3대일 경우는 0.1[H]가 된다

2대 일 때 $X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 60 \times 0.15 = 56.52 [W]$

3대 일 때 37.68[W]이 된다.

여기서, L과의 공진을 위해 120[μF]의 콘덴서로 이 공식을 이용하면

$X_C = 22.116 [\Omega]$ 이 되며, 이때 공식

$$L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(\omega\pi f)^2 \times 120[\mu F]} = 58.7[mH]$$

즉, 0.0587 [H]가 된다

3대 일 때는 80[mF]를 달면 L=0.088[H]가 된다.

식(7)의 0.1[H]는 측정한 계산값이며 식(9)의 0.088(약0.1[H])는 콘덴서 값이 80[mF] 일 때 L 값이므로 공진이 형성 된다.

그럼 5.2, 3은 *덕하 (50[KW]) 발전기 개선 전 후 정류기 2

대 부하시 파형을 나타낸 것이며, 그림 5.5~12은 발전기 운전 시 일반 부하만 절제한 상태의 파형에서 콘덴서를 부착한 것과 부착하지 않은것을 정류기 대수별 측정 파형을 도시하였다.

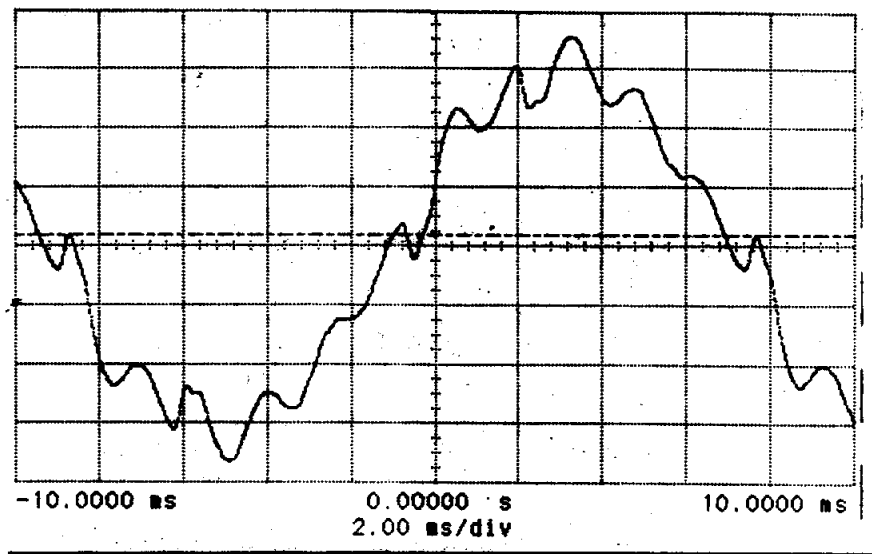


그림 5.2 덕하(50[KW]) 발전기 개선 전 정류기 2대 부하시
파형

(*덕하: 발전기가 설치된 지역명)

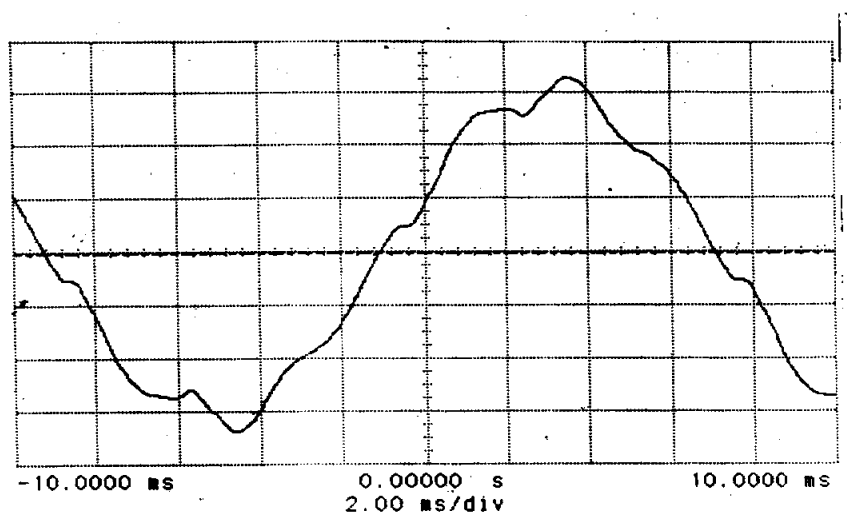


그림 5.3 덕하(50[KW])발전기 개선 후 정류기 2대 부하시
개선된 파형

그림 5.4와 같이 콘덴서 방전회로를 설치하므로써 완전히 방전이 된 후 재투입이 되면 안전된 부하에 전원을 공급할 수 있다. 그렇지 않을시는 콘덴서에 있는 잔류전하와의 충돌에 의해 문제가 생기게 되어 시스템에 장애를 일으키게 된다.

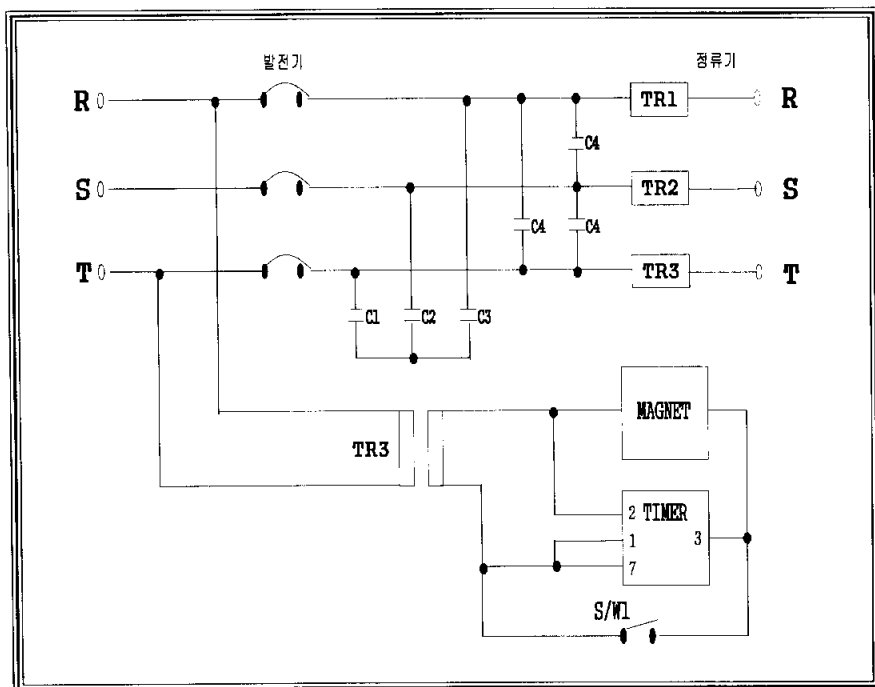


그림 5.4 정류기 전단 콘덴서 부착 회로도

Running

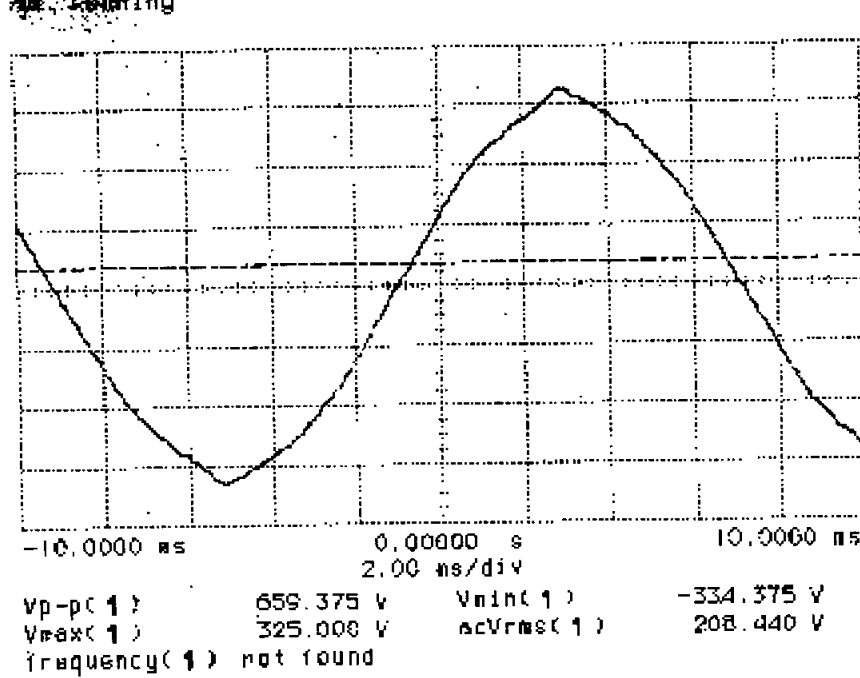


그림 5.5 발전기 운전시 일반 부하만 절제한 상태의 파형

stopped

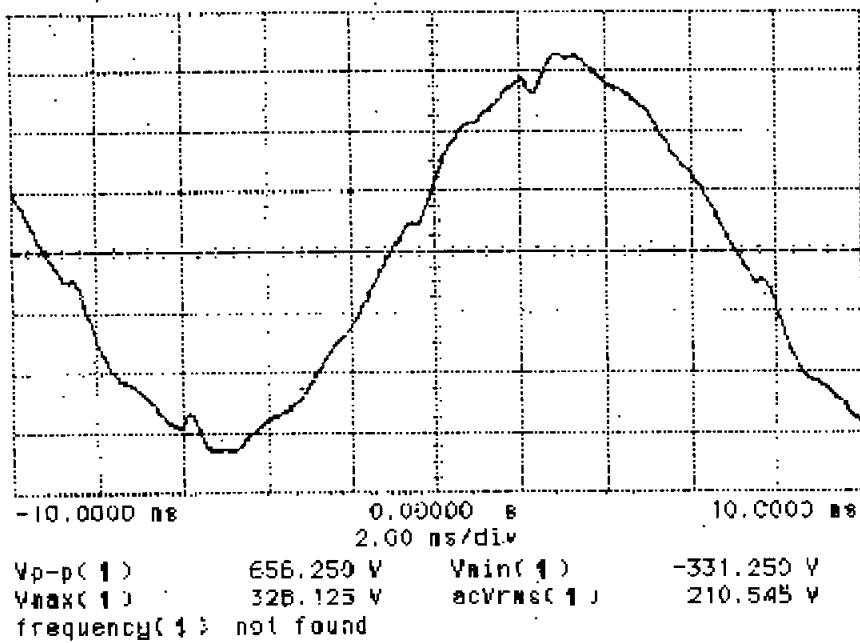


그림 5.6 발전기 운전시 정류기 1대만 절체한 부하의 파형 곡선 (개선전)

Ap running

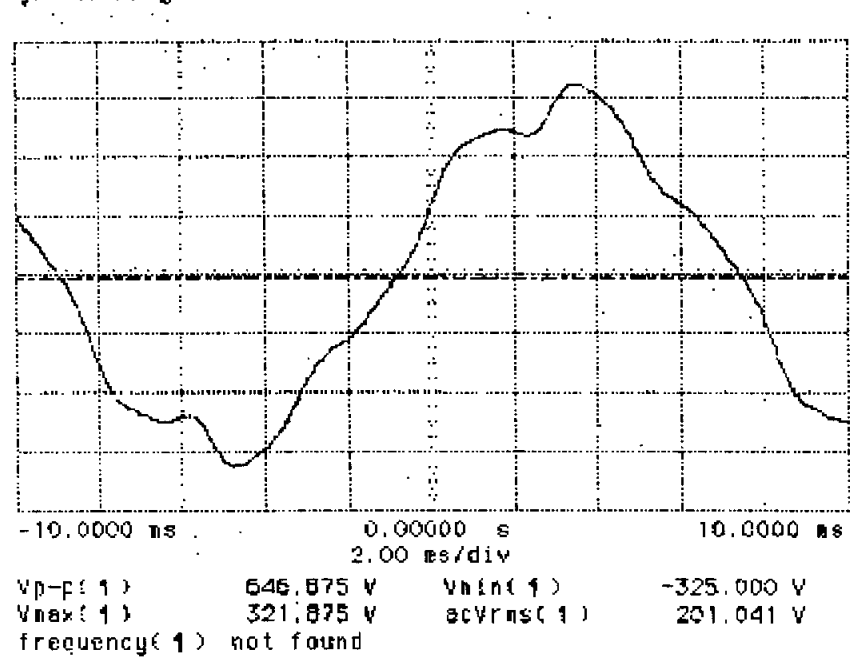


그림 5.7 리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 1대 절체한
파형

(1f 220[V] 160[mF], 3f 380[V] 120[mF])

As stopped

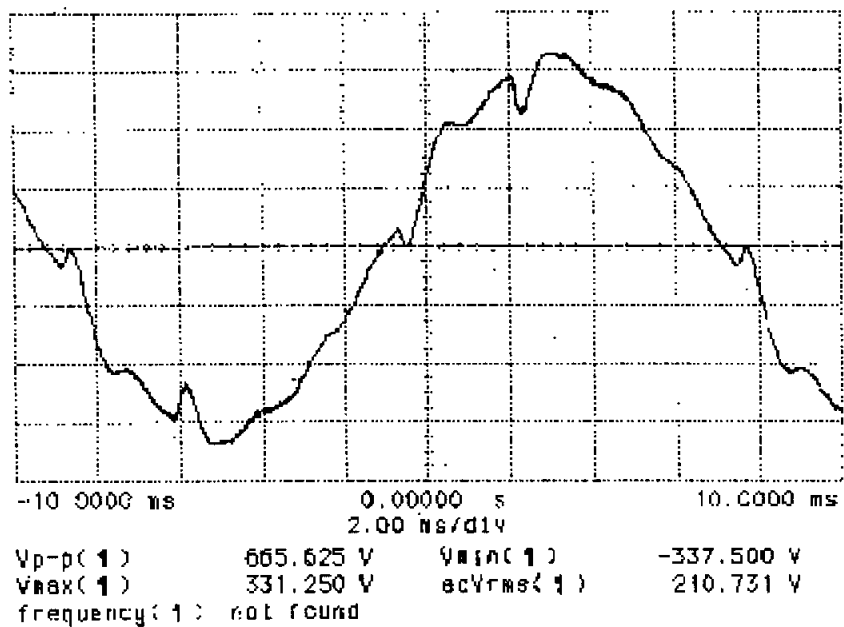


그림 5.8 리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 1대 절제한
파형

(1f 220[V] 160[mF], 3f 380[V] 120[mF])

stopped

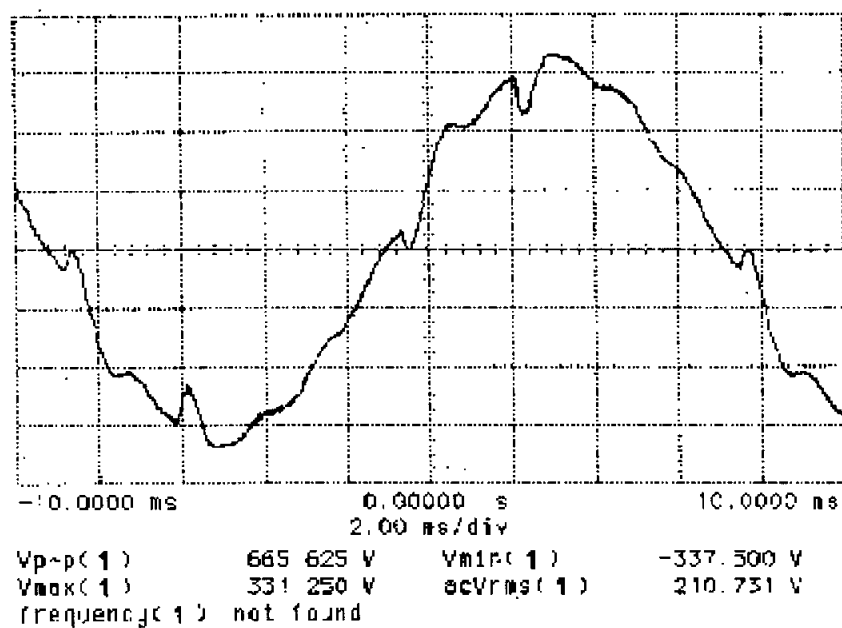


그림 5.9 발전기 가동 정류기 2대 투입시 (개선 전)

Running

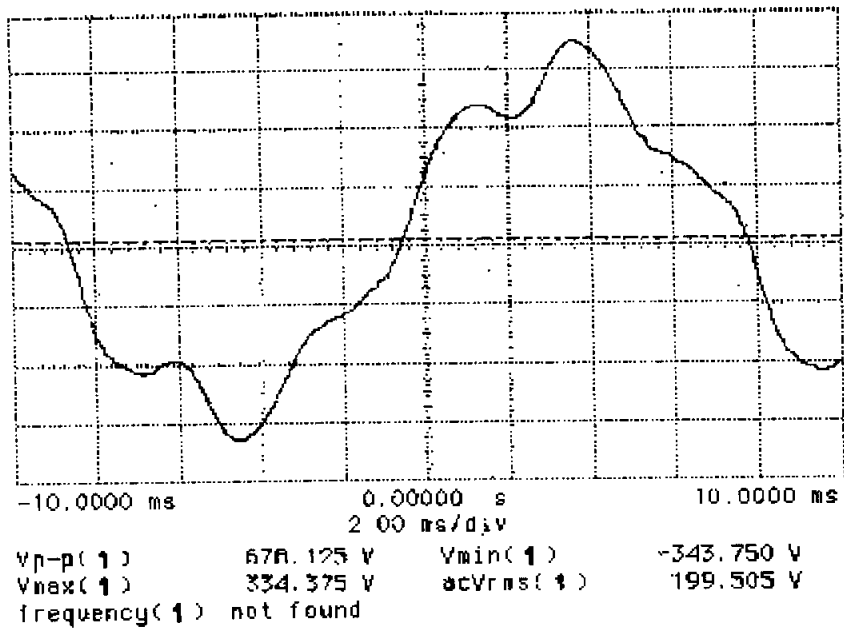


그림 5.10 리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 2대 절체한
파형

(1f 220[V] 160[mF], 3f 380[V] 120[mF])

stepped

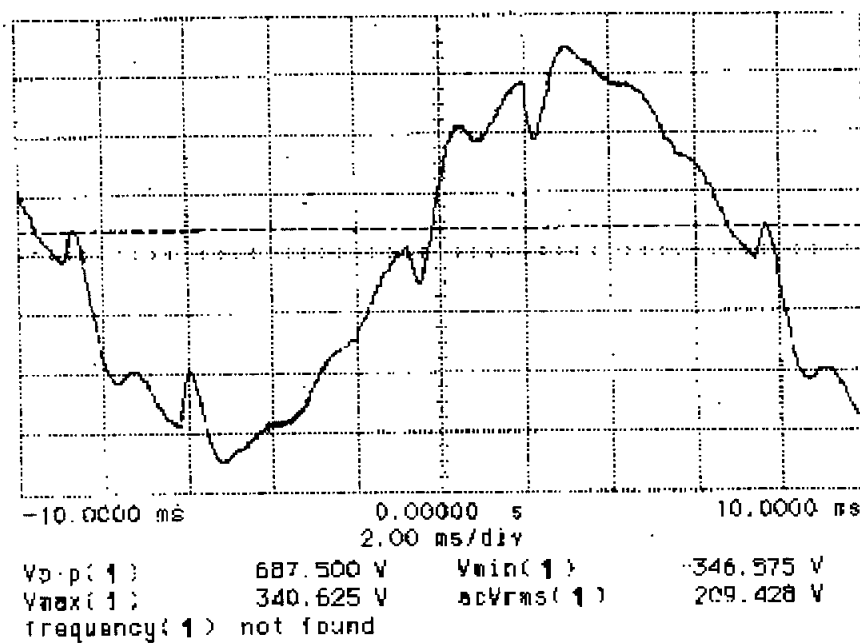


그림 5.11 3대 절제한 부하의 파형곡선 (개선 전)

Running

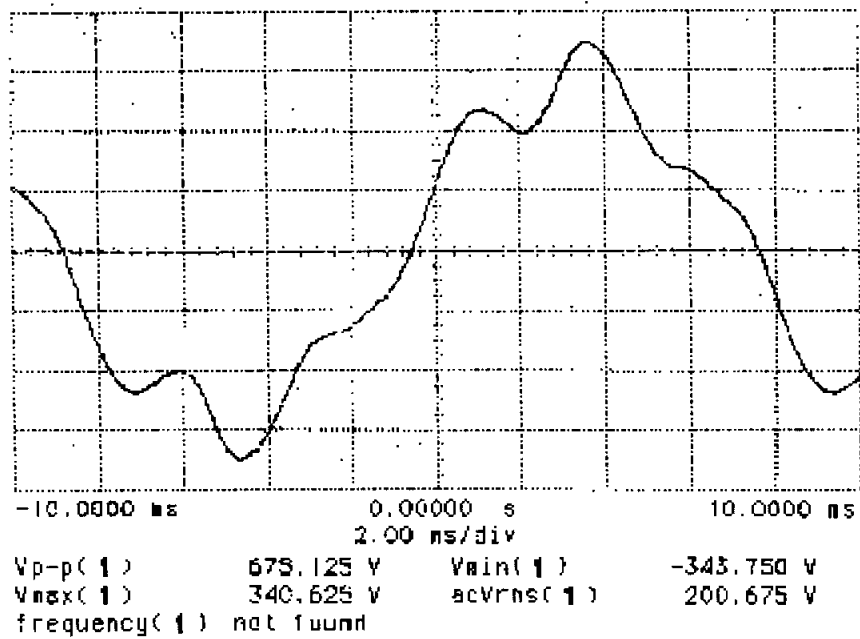


그림 5.12 리액터 및 콘덴서 회로 보완 후 정류기 3대 절체한
파형
(1f 220[V] 160[mF], 3f 380[V] 120[mF])

제6장 결 론

전력품질은 전력공급의 연속성과 전압의 여러 가지 특성의 관점에서 전력의 속성을 정의하는 여러 가지 피라미터의 집합을 뜻한다. 전력을 공급하는 측면에서는 공급 신뢰도에 관계되고 수용가 측에서는 전기 설비인 여러 가지 부하에서 전력상태를 말할 수 있다. 최근 정보통신 제어기술의 발달에 따라 정보통신기기, 정밀제어기기 사무자동화기기, 전산기기, 자동 생산라인 등에 마이크로프로세서 및 전력 및 반도체 소자가 많이 도입되고 있고, 고효율 속도제어용 모터와 역률 보상용 콘덴서의 사용, 그리고 경제발전과 산업활성화 등으로 인한 고정밀 단일 대형부하의 증가, 도시 중심으로의 변화에 따른 대규모 아파트단지의 등장, 단상220[V] 가전 제품의 대형화 등이 기존에는 그다지 문제가 되지 않았던 주파수 변동, 역률의 변동, 전압 전류의 고조파 성분, 순간전압 변동, 고주파의 영향, 플리커 등과 같은 사항들이 전력품질을 크게 위협하고 있으며, 이는 곧 산업현장에서 이구동성으로 문제를 야기 시키고 있다고 하는 고조파에 대해 국내의 자료를 수집하고 분석하여 고조파의 발생원인, 미치는 영향 및 측정 방법 등을 제시함으로써 관련분야에서의 대응책 마련에 조금이나마 도움이 되었으면 하는 취지이다.

통신시설이 많이 있는 한국통신 같은 곳은 장시간 방전 및 정전시 발전기 전원투입, SCR부하 고조파 성분으로 정지 및 헌팅이 심하여 전압파형 일그러짐현상과 전등부하 깜박거림현상 및 주파수 급상승 등으로 부하기기에서는 많은 문제점이 발생하게 된다.

앞에서도 언급한바 있으나 SCR 정류기 부하를 가지고 있는 소형발전기 시설에는 반드시 보완회로를 설치하지 않고는 정

상적 운전이 불가능하다. 그러므로 발전기 헌팅 방지회로의 보완으로 고조파분을 제거하기 위하여 공진회로를 구성하여야 한다

즉 $\omega L = \omega C$ 가 되어 공진상태가 되어야 최상의 상태가 되어야 한다. 한 회로를 보완 설치하여 운용함으로써 고조파로 인한 소형발전기의 운전상 문제가 되는 일은 없을 것이다. 특히 위상별 120°의 위상각이 있는 3f 회로에서 주로 발생하며 역류된 고조파 허용용량이 적은 소용량(100[KW]) 이하 발전기에서 문제점이 발생하고 있으며 대용량 발전기를 사용하는 수용가 측에서는 발전기 용량이 크므로 이러한 현상이 일어나지 않는 뿐더러 SCR정류기를 사용하지 않기도 하다. 그러나 농어촌이나 용량이 비교적 적은 지역에서는 SCR방식의 정류기를 많이 사용하고 있는바 정류기 자체는 상당히 안정되고 좋으나 다른 부하와의 연계에서 고조파를 많이 발생하므로 앞으로의 기기 설치 시에는 고려할 사항임에는 틀림없다. 요즈음에는 고주파 방식의 정류기를 사용하여 C와 L의 값을 적절하게 균형을 이루어 유지하기 때문에 고조파의 역류현상이 상당히 월터링하고 있다.

실제로 고주파 정류기의 출력단 리플전압을 측정해보면 2[mV] 이하로 극히 양호한 것을 보면 새로 나오는 신형 장비는 고조파에 상당히 진보한 현상임이 증명되기도 한다. 하지만 고조파 성분이 많이 나오는 장비들에 대해서는 좀더 연구해 볼 문제임에 틀림없다.

소용량 발전기는 SCR정류기의 부하량 변동에 따른 월터 임피던스 변동으로 콘덴서에 축적된 전하에 의한 고전압이 발생하여 발전기 여자회로에 높은 고전압을 유기하여 발전기를 불안정하게 한다. 이러한 현상을 줄이기 위해 보다 성능이 좋고 기능이 우수한 전자소자들을 사용하여 좋은 출력을 낼 수 있

도록 누구나 노력해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] IEC Pub. 790(TC 42) Osilloscops and Peak Voltmeters for Impulse Tests
- [2] IEE Std 587-1980 : IEEE Guide for Surge Voltage in Low Voltage AC Power Circuits
- [3] 한국통신 연수원 전력시설 운용 편
- [4] 韓國電力 技術人 2001년 10 월 호
- [5] 유상봉, "전기설비의 고조파 대책 기술," 전기 저널 1997. 2
- [6] 日本電氣協會, 電氣技術基準 調査 委員會, "高調波抑制對策技術指針," JEAG 9702-1995.
- [7] 日本電氣 協會誌, 高調波流出抑制技術, 제16권4호, 1996. 4
- [8] 韓國電氣安全公社, 電氣設備 安全點檢 結果報告書, "고조파에 의한 장애 및 대책," 1995. 3
- [9] 大韓電氣協會 技術調查報告, "고조파 저감 기술 현황과 전망," 제7호, 1993. 8
- [10] 大韓電氣協會 技術調查報告, "高調波 低減 技術 現況과 展望," 제7호, 1993. 8
- [11] 송언빈, "전기설비의 고조파 발생원인과 대책," 1996.
- [12] B.K Bose, *Power Electronics and AC Drives*, 1986
- [13] N. Mohan, *Power Electronics*, 1998.

A Study on Hunting Protected Circuit at the
Inflow of Load Direction Harmonics
in a Small Size Generator

Byeong-Yeol Park

Department of Electrical Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

As the society is developing, we come to use the various electric energies. As a result, we've got the several side effects and problems the using small size the generators in special places. We should study and improve the alternatives of them and check out what kinds of electricities happen to use frequently. I'd like to base this paper on the intensive analysis of the cause and maintaining safer facilities because we've got many problems with equipments of communication, public facilities and generators. The generators of a small size below 100[KW] are often used as power suppliers for emergency only in most domestic telecommunication companies. Serious twisted waves occur due to the inflow of harmonics from the generator into a S-type rectifier. And the increasing by stages of load upon the rectifier ends up stoppage of power supply during the serious hunting, which makes it difficult to supply power securely on the other part as well as that of communications. In case of long power failure time the generators of a small size will be essential because the battery for emergency only has a limit in capacity.

Therefore it is necessary to solve the problems concerning the generators. This study is focused on the identifying and the solving the problem including use of SCR elements connected to the generators.

감 사 의 글

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 격려를 해 주신 존경하는 배종일 지도교수님, 그리고 심사를 통해 면밀한 검토와 지도로 논문의 깊이를 더해 주신 이동철 교수님과 조봉관 교수님께 감사를 드립니다.

또한, 어려울 때 위로와 충고를 아끼지 않으셨던 노태석 KT 부산 본부장님과 문종배 사업국장님께 고마움을 전하고, 본 연구가 진행되는 동안에 많은 도움을 준 KT 직원 여러분과 배종일 교수님 연구실에 제창우에게 깊은 감사를 표합니다.

오늘의 영광이 있기까지 깊은 이해와 헌신적인 내조해 준 사랑하는 나의 아내와 진철, 이랑과 함께 이 기쁨을 함께 나누며 여러분께 이 영광을 바치고자 합니다.

끝으로, 다년간의 수학을 한 권의 책으로 마무리 지으며, 새로운 도약의 계기로 삼고자 합니다.

박 병 열 올림