

167. 60Hz 기기를 50Hz에 사용하면 어떤 영향이 있는가?

블로그 의견

최근에는 전원 공급 계통의 신뢰성을 향상시키고 주파수의 불안정으로 인하여 발생하는 문제점은 극히 드문 것으로 생각 합니다만, 주파수가 달라 지면 가끔 문제가 되는 경우가 있습니다.

또한 국내 60Hz제품을 해외 50Hz 지역에서 사용 할 경우 문제점 혹은 발전 전력과 부하의 균형이 무너진 경우 주파수 변동을 초래할 수 있다고 생각 합니다 만, 그 경우, 어떤 영향을 미칠 것인가를 아래와 같은 순서로 설명 합니다.

1. 전동기 주파수가 다른 지역에서 사용하는 경우
2. 변압기의 경우
3. 콘덴서의 경우
4. 가전기구에 대해
5. 계통 주파수가 변동하는 경우의 문제점에 대해

먼저 기본적인 사항으로 주파수가 변화 되었을 경우에 문제가 되는 것은, 아래와 같습니다.

- ① 유도 전동기는 **회전 속도가 주파수에 비례하여 변화** 하는 것입니다.
- ② 또한 공급 전압을 변경하지 않고 주파수를 바꾸면 기기의 자속을 만들기 위한 **여자 전류가 변화** 하게 되어 문제가 되는 경우가 있습니다.
- ③ 다음은, **회로의 임피던스가 변화** 됩니다.
- ④ 이 처럼 ① 부터 ③ 까지 주파수가 변화 되었을 경우 어떤 영향을 있는지 알아 보기로 합니다.

1. 전동기 전원 주파수가 변화 된 경우의 영향

여기에서는 일반적으로 많이 사용되는 삼상 유도 전동기에 대해 설명합니다. 앞에서 언급했듯이, 전동기의 회전 수 N 주파수 f 에 비례하여 다음 식으로 표시됩니다.

$$N = \frac{120f}{P} \times (1-s) [rpm] \tag{1}$$

여기서 P : 극수, f : 주파수 [Hz], s :슬립 입니다.

속도가 변화하면 마찰 부하의 경우 출력은 회전 수에 비례하지만, 펌프 나 송풍기와 같은 **유체 기기에서 출력 회전 수의 3 승에 비례하기** 때문에 문제가 될 수 있습니다.

공급 전압 V , 코일의 권수 n 주파수 f 의 관계는 다음 식 (2) 와 같습니다.

$$V = Kn\Phi [V] \tag{2}$$

여기서 K : 상수, n : 권수, f : 주파수 [Hz], Φ : 자속 [Wb]

여기에서의 문제는 전압이 변하지 않고 주파수 만 변화 (감소)하면, 식 (2)에서 알 수 있듯이, 주파수에 반비례하여 자속이 변화 (증가)하고 큰 여자 전류가 흐릅니다. 여자 전류가 증가하면 부하 역률이 저하됩니다. 그래서 50 : 60Hz 공용 전동기는 공급 전압을 바꾸어 운용하기도 합니다.

표 1 은 공급 전압 및 주파수의 변화가 전동기 특성에 어떻게 영향을 미치는지를 요약 한 것입니다. 또한 이 표는 부하 출력이 변화하지 않는다고 했을 경우의 특성입니다. 앞서 언급 한 바와 같이, 유체 기기의 경우 주파수가 바뀌면 출력은 회전 수 (주파수)의 3 승에 비례하기 때문에 특성이 크게 변화하기 때문에 주의가 필요합니다.

공급전압	전압은 변경 되지 않고 일정 할 때		200V→220V	220V→200V
전원주파수	50Hz→60Hz	60Hz→50Hz	50Hz→60Hz	60Hz→50Hz
자속 (자속밀도)	50/60	60/50	$(220/200) \times (50/60) = 0.92$	$(200/220) \times (60/50) = 1.09$
여자전류	20~30% 감소	25~50% 증대	10% 정도감소	10% 정도증가
출력전류	대체로 일정	대체로 일정	10% 감소	10% 증가
1차전류	5% 감소	5~10% 증가	10% 감소	10% 증가
역률	5%정도 향상	5%정도 저하	2~3%정도 향상	2~3%정도저하
슬립	대체로 일정	대체로 일정	10% 감소	10% 증가
철손	5% 정도 감소	5~10% 증가	조금 증가	조금 감소
1차 동손	10% 감소	10~20% 증가	20% 감소	20% 증가
2 차 동손	대체로 일정	대체로 일정	20% 감소	20% 증가
전손실	10~12% 감소	15~30% 증대	10% 정도감소	10% 정도증가
효율	2%정도 향상	3~4%정도 저하	2~3%정도 향상	2~3%정도저하
온도상승	5~10℃ 저하	5~10℃ 상승	10℃ 정도 저하	10℃ 정도 상승
토크	$(50/60)^2$	$(60/50)^2$	대체로 일정	대체로 일정
기동전류	50/60	60/50	$(220/200) \times (50/60) = 0.92$	$(200/220) \times (60/50) = 1.09$

또한 JIS 규격에서는 전원 주파수가 정격 값의 상하 5 % 범위에서 변화하여도 실용상 지장이 없어야 하고 전압과 주파수가 동시에 변화하는 경우는 전압의 변화는 정격 값의 상하 10 % 이내 주파수의 변화는 5 % 이내 이고, 양 변화 백분율의 절대 값의 합이 10 % 이내 인 경우에는 정격 출력으로 사용하여도 실용상 지장이 없어야 한다고 되어 있습니다.

2. 변압기의 경우 전원주파수가 변화하면 어떻게 되는가?

소용량이나 특수한 경우를 제외하고, 50Hz, 60Hz 공용 사용으로 설계 · 제작하는 것은 적고, 대체로 전용 변압기가 사용되고 있습니다. 여기에서는 60Hz 사양의 변압기를 가령 50Hz 지역에서 사용하면 어떻게 될까를 생각해 보겠습니다.

가장 문제가 되는 것은 여자 전류입니다. 식 (2)와 같이 급여되는 전압이 동일하고 주파수가 저하 된 경우에는 자속이 증가합니다. 따라서 철심이 자기 포화되어 큰 여자 전류가 흐르고, 내부 리액턴스 및 임피던스 - 감소하고, 손실, 온도 상승하는 등 특성이 변화합니다. 특성 변화의 사례를 표 2 에 나타냅니다.

표 2. 60Hz 사양의 변압기를 50Hz에 사용하는 경우 특성변화 예

NO	특성	특성 이 변화 되는 예	
1	여자전류	50~500% 증가	사용상 지장은 없지만 증대 된다.
2	무부하손	10~50% 증가	자속밀도 와 여자전류가 증가 한다.
3	부하손	0~3% 감소	감소하는 경향이 있다.
4	전손실	3~25% 증가	무부하손이 증가 하기 때문이다.
5	온도상승	3~25% 증가	손실의 0.8~1.0 제곱에 비례하기 때문 임
6	출력	2~30% 감소	여자손실 과 손실증대가 되기 때문
7	리액턴스	16.6% 감소	$(1-50/60) \times 100\%$ 가 되기 때문
8	임피던스	0~16.6% 감소	저항과 관계가 있기 때문
9	전압변동	감소	역률에 따라 변화된다.
10	돌입전류	증대	자기포화 되고 임피던스가 감소한다.

반대로 50Hz 사양을 60Hz에서 사용하는 경우는 여자 전류가 감소하고 사용할 수 없는 것은 아니지만, 내부 임피던스는 주파수에 비례하여 증가하므로 전압 강하 및 전압 변동이 증대하는 것에 대한 배려가 필요합니다.

3. 콘덴서 의 경우

콘덴서에 흐르는 전류는 공급 주파수에 비례하여 증가합니다. JIS 규격은 주파수 변화에 대한 허용치는 포함되어 있지 않지만 50Hz와 60Hz 공용 규격도 공급 전압과 고조파의 영향도 받기 때문에 최고 허용 전압과 허용 시간 형태로 다음과 같이 집약 되어 있습니다.

따라서 콘덴서에 대해서는 정격 값의 범위 내 이라면 운영상 문제가 없다고 생각해도 좋을 것입니다.

1. 1.10 배의 전압이 24 시간 중 12 시간 이내에

2. 1.15 배의 전압이 24 시간 중 30 분 이내
3. 1.20 배의 전압이 1 개월 중 5 분 이내가 2 회 이하
4. 1.30 배의 전압이 1 개월 중 1 분 이내가 2 회 이하

4. 가전기기에 미치는 영향

가전용 기기는, 전동력을 이용한 것도 있고, 전열을 이용한 것도 있습니다. 또 전파를 이용한 것도 있습니다. 또 이것들을 복합 한 것 등이 많이 사용되고, 주파수 공용 제품은 50 / 60Hz의 표시가 있어 어디서나 사용할 수 있습니다. 표 3 에 사용 여부, 문제점의 목록을 보여줍니다. 다음 기본 사항을 이해 한 후 운용하기 바랍니다.

- ◎ 전열을 이용한 것으로는 주파수에 관계없이 사용할 수 있습니다.
- ◎ 전동력을 이용한 것은 회전 수가 변화하고 능력이 달라 지장을 초래할 수도 있습니다.

표 3. 주파수 변화에 따른 가전기기 사용 여부와 문제점

이용기기	응용기기명칭	사용 가부	문제점
전열	전기밥솥, 전기곤로 전기 난방기, 토스터기 전기담요, 다리미, 헤어드라이어 백열전구	그대로 사용 할 수 있음	-
전파이용	텔레비전, 라디오	그대로 사용 할 수 있음	
	전자 레인지	검용인지 확실 할 것	변압기 타이머, 고압콘덴서 교환이 필요
전동기	청소기, 믹서 선풍기 환풍기	사용가능	50/60Hz 사양확인 성능이 변화되는 경우가 있음
	인버터에어컨 냉장고	그대로 사용 할 수 있음	성능이 조금 변화됨
	세탁기 의류건조기	그대로 사용 할 수 있음	벨트나 푸리 교환요 타이머 눈금 변경 필요
	테이프레코드 비디오기 스테레오 음향기기	그대로 사용 할 수 없는 경우가 있음	50Hz, 60Hz 전용 인 경우는 부품교환이 필요 합니다.
	전기시계	사용할 수 없는경우도 있음	50/60Hz 사양확인
형광등 수은등	옥내조명등, 기타 옥외조명등, 기타	안정기 교환요	인버터식은 그대로 사용가능

5. 계통주파수가 변화된 경우 문제점

전력 계통에서는 발전 전력과 부하 소비 전력이 서로 균형을 가지며 계통 주파수가 유지되고 있습니다. 고출력의 발전소에서는 부하 예측에 근거하여 대 전력 조정하고, 미세 조정은 댐 식 발전소 출력을 조정 하는 발전소에서 실시하고 있습니다. 전력 계통에서 만일 사고가 발생한 경우 등 발전 부하에 불균형이 발생하면 주파수 변동이 일어납니다.

주파수가 변동하는 경우에 문제가 되는 것은, 섬유 산업에서는 속도 변화의 문제가 있어, 대용량 발전 설비에서의 회전 수 변동에 이상 진동이 발생하여 주요 기기에 위해를 끼칠 우려가 생기기거나 펌프, 블로어 등의 보조 기기 출력이 변동하여 급수 및 급유 계통의 유량과 압력이 변동하고 그대로 계속 운전하면 곤란해지는 경우도 있습니다. 시스템 용량의 증대 화에 따라 주파수 변동의 허용치는 축소 하고 있는 추세에 있어서 0.2Hz가 한도라고 보고 운영하고 있습니다.

6. 차단기류(가스 차단기, 진공차단기, 진공 전자 접촉기, 배선용 차단기)

차단시 전로 전류 값과 전압은 동일 조건이고 주파수만 60Hz→50Hz로 변경되므로 전로에 의한 유기 기전력은 주파수에 비례하기 때문에 문제가 없습니다. 주 회로 차단 특성은 큰 영향 없습니다. 제어전원은 DC조작용이기 때문에 그대로 사용할 수 있습니다. 만약 제어 전원을 60Hz전용으로 하여 AC로 사용할 경우 RELAY가 소손되는 등 조작회로에 문제가 발생 할 수 있습니다. [판정] 50HZ에 사용 가능합니다.

7. 계기용 변압기(VT) , 접지용 변압기(GTR) , 계기용 지락변압기(GVT)

동일한 정격전압(V1)인가 시 1,2차 유기전압이 $E1=4.44f N1\phi$, $E2=4.44f N2\phi$,이며 $E1=V1$ 이므로 f 가 16.6% 감소하면 (60Hz→50Hz) ϕ 도 16.7% 증가 해야 합니다. 그런데 ϕ 는 설계시 철심 단면적 등이 결정 되므로 여자 전류가 상승 또는 포화 될 수 있습니다. %Z는 주파수에 비례하므로 16.6% 감소 됩니다. 따라서 철손 증가 또는 포화 될 가능성이 있고 이미 철심 설계시 60[Hz]로 설계되어 있어 50[Hz]에는 사용하기 힘듭니다. 다만 %Z는 감소합니다. [판정] 사용 불가 합니다. .

8. 계기용 변류기(CT), 붓싱 변류기(BCT)

위에서 설명한 것과 같은 원리로 정격전류는 변화 없는 조건에서 주파수만 16.6% 감소하므로 변류비에 대한 오차증가와 포화 전압이 감소(과전류 정수 감소)될 가능성이 있습니다. IEC규정상 Class1의 경우와 5P의 경우 100% 정격전류에서 1.0% 전류 비오차를 허용하므로 제작된 제품의 전류 비오차(1.0 % 미만)에 16.75%의 변동 오차가 (즉 0.9 % 경우: $0.9 \times 1.16=1.044\%$) 추가로 발생 하지만 영향은 매우 미약합니다. 판정] 사용가능 합니다. 그러나 신작으로 변경 할 것을 추천 합니다. 또한 오차가 발생 합니다.

피뢰기(LA) 50HZ에 영향 없습니다. 판정] 사용 가능합니다
 써지 업서버(SA): 50HZ에 영향 없습니다. 판정] 사용 가능합니다
 단로기 (DS): 50HZ에 영향 없습니다. 판정] 사용 가능합니다

전력 케이블 : 유전체 손실은 (Wd) ∝ f 에 비례 합니다. 따라서 유전체 손실은 17.3% 감소합니다. 50HZ에 사용하여도 영향 없습니다. [판정] 사용 가능합니다.

전력콘덴서: 주파수가 60Hz에서 50Hz로 변경 시 발생하는 무효전력이 감소 하게 되어 사용은가능합니다. 무효전력은 ∝ f 이므로 60Hz에서 50Hz로 변경 시 용량은 17 %가 감소하게 됩니다. 따라서 사용가능 하지만 용량이 줄어듭니다. 판정] 결국 사용하지 않는 편이 더 유리 합니다. 사용하지 않는 편이 좋습니다.

리액터: 주파수가 60Hz에서 50Hz로 변경 시 발생하는 무효전력이 증가 하게 되어 사용은 가능합니다. 무효전력은 ∝ 1/ f 이므로 60Hz에서 50Hz로 변경 시 용량은 20%가 증가하게 됩니다. 따라서 사용가능 하지만 용량이 증대 됩니다. [판정] 결국 사용하지 않는 편이 좋습니다.

보호 계전기(정지형): 60Hz 혹은 50Hz로 프로 그램으로 선정하게 되어 있어 셋팅 시 선택 하여야 합니다. 문제 없습니다. 판정] 사용 가능합니다.

보호계전기(유도형) 전류형 계전기는 셋팅 한 값보다 빨리 응답 할 수 있고 전압형 계전기는 셋팅 한 값 보다 느리게 응답 할 수 있습니다. 따라서 사용 가능하지만 시스템의 중추적 역할을 담당하는 보호 계전기는 보호 본래의 기능을 제대로 발휘 할 수 없습니다. [판정] 사용하지 않아야 합니다.

보호계전기(UVR): VT 전압과 맞추어야 합니다. 정지형에서는 60Hz 혹은 50Hz로 프로 그램으로 선정하게 되어 있어 셋팅 시 선택 하여야 합니다. 판정] 사용 할 수 있습니다. 단 VT 전압과 일치 시키고 셋팅 값 선정을 변경 하여야 합니다.

형광등(전구형): 조도가 높아지고 전류가 증가 하고 안전기가 뜨거워 집니다. 수명이 단축됩니다. 판정] 사용 할 수 있습니다. 사용 중 절손되면 50Hz로 변경하십시오.

배전반 내부 조명용 (LED등) 50Hz에 그대로 사용 할 수 있습니다. [판정] 사용 할 수 있습니다.

배기용 환풍기: 회전속도가 느려 지고. 임피던스가 감소 하고 전류가 증가 됩니다. 판정] 사용 할 수 있습니다. 단 인버터 반/ 변압기 반에 사용 된 배기용 환풍기는

풍량과 풍압을 재 검토한 후 에 사용 할 것을 권장합니다. 스페이스 히터: 임피던스는 감소하게 되고 전류는 증가하게 되어 발열이 더 증가하게 됩니다. 온도 조절기 설정 값을 낮춥니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.

고압 전자 접촉기: 제어 전원이 AC 솔레노이드 일 때 흡인력은 20~30% UP되고 코일 온도상승은

30~50% 증가 합니다. 슬레노이드 수명이 단축되고 최종적으로는 소손하게 됩니다.
판정] 사용 할 수 없습니다.

기중차단기(ACB) : DC조작용이기 때문에 그대로 사용할 수 있습니다.
ACB 에서 OCR의 설정 값을 변경 하여야 합니다. [판정] 사용 할 수 있습니다.

보호 계전기류는 위 설명 2항의 보호 계전기 설명을 참고하시기 바랍니다.
자동 절체 스위치(ATS): DC조작용이기 때문에 그대로 사용할 수 있습니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

밸브 : 흡인력은 20~30% UP되고 코일온도상승은 30~50% 증가 합니다.
슬레노이드 수명이 단축되고 최종적으로는 소손하게 됩니다.
판정] 사용 할 수 없습니다.

누전 계전기(ELD): 50HZ 혹은 60HZ를 스위치로 선정하여 셋팅 하게 되어 있습니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

IGBT INVERTER 50/60HZ 겸용으로 제작 되어있어 영향 없습니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.
GTO INVERTER 50/60HZ 겸용으로 제작 되어있어 영향 없습니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.
IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), GTO(Gate Turn-off Thyristor)

INDUCTIVE HEATER: 50/60HZ 겸용으로 제작 되어있어 영향 없습니다. 판정] 사용 가능 합니다

유도전동기: 속도가 17% 감소 되고 온도가 20% 증가 되고 무부하 손이 20% 증가됩니다.
속도가 감소하고 손실이 증가하여 온도가 상승합니다. 속도 감소에 따라 풍량 및 토출량이
줄어들어 조업 밸런스에 문제가 생깁니다. 따라서 종합적인 검토가 필요하게 됩니다.
판정] 사용 할 수 없습니다.

PLC: 50/60HZ 겸용으로 제작 되어있어 영향 없습니다. 단 제어용 입력 전압은 조정이 필요합니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

9. 메타류 공통

AC A,V메타 정류형 50/60HZ 겸용입니다.
AC W, Var메타 트랜지스터형 50/60HZ 겸용입니다.
AC PF메타 트랜지스터형 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
AC Hz 메타 트랜지스터형 50/60HZ 겸용입니다.
단 눈금범위를 55~65Hz를 45~55Hz 로 변경하는 것이 좋습니다.
AC Vo 메타 트랜지스터형 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
DPM 메타 내부전자회로 AC/DC 100~240V FREE VOLTAGE (50/60HZ) 겸용입니다.

10. 트랜 듀서

전류 변환기 (CTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
전압 변환기 (VTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
전력 변환기 (WTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
무효 전력량 변환기 (VarTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
역율 변환기 (PFTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.
주파수 변환기 (FTD) 50 or 60HZ 입니다. 판정] 교체 하여야 합니다.

11. 배선기기류

MCCB: 대체로 그냥 사용할 수 있습니다. 경우에 따라서 AT값을 변경하여야 합니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

MAG S/W 코일은 변경하여야 합니다. 판정] 사용 할 수 없습니다.
EOCR : 동작 설정 값을 변경하여야 합니다.

SGL LAMP: 전구식, LED식 수명이 짧아지지만 그대로 사용 할 수 있습니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.
타이머: 시간이 느려 집니다.(단시간 설정용 이라면 설정 값을 변경하면 됩니다.)
판정] 사용 할 수 있습니다.

CTR 2) 항 변압기 설명과 같습니다. 판정] 사용 할 수 없습니다.
FAN : 회전수가 느려지고 배기량이 작아 집니다. 판정] 사용 할 수 없습니다.
SOFT START : 대체로50/60HZ 겸용으로 제작 되어 있어서 괜찮습니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.
ELD : 50/60HZ 겸용에 AC100~240VAC을 주로 사용되어 있어서 괜찮습니다. 판정] 사용 할 수 있습니다.

13. PROTECTION RELAY PANEL

디지털 형 보호계전기: 주파수 설정에서 50HZ 또는 60HZ를 프로그램으로 선정하게 되어 있습니다.
따라서 계전기 정정시 50HZ로 선정하면 됩니다. 제어전원은: 대체로 직류전원을
사용하여 문제 없습니다. 일부 계전기는 AC/DC 겸용 프리 볼테이지로 되어 있고 주파수도
50/60HZ겸용으로 되어 있습니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

14. DIST BOARD-

판정] 대부분 그대로 사용 할 수 있습니다.
단; 가로등 설정기 에서 타이머에서 점등(소등) 시간이 시간 경과에 따라 느려 질 수 있습니다.
판정] 시간계는 교체 하여야 합니다.

15. 5000A BUSDUCT

50HZ 에 사용 할 수 있습니다.
판정] 사용 할 수 있습니다.

16. 발전기

1. 출력

(1) 일정 전류밀도와 자속밀도로 가정하면 발전기의 출력은 기기의 부피(R^2L)와 회전속도 에 비례한다.
따라서 60Hz발전기로 50Hz로 운전하면 회전속도가 5/6으로 감소하므로 전압이 5/6이 되며 출력도 5/6으로 줄게 된다.
역으로 말하면 60Hz기기의 크기를 6/5로 증가시키면 60Hz 기기가 설계되었던 대로의 정격 출력을 낼 수 있을 것이다.

(2) 같은 크기의 기기에서 같은 출력을 얻기 위해서는 B를 증가시키거나 J_θ 를 증가시켜 야 한다. 전자는 계자 자속을
강화시키기 위해 계자전류를 증가시키는 방법이며, 후자 는 전기자반작용을 강화 시키는 것을 의미한다.

2. 전 압

전술한 바와 같이 고정자권선 1turn당의 전압은 속도에 비례하므로, 60Hz기기를 50Hz 로 운전하면 전압은 5/6으로 감소하게 된다.

3. 손 실

발전기 손실은 마찰손 및 풍손, 무부하 철손, 고정자권선 부하손, 고정자 동손, 계자동손 등이다.
60Hz기기를 50Hz에서 운용한다면 손실 정도가 달라진다. 다소 줄어 든다.

4. 기계적 관점

일반적으로 50Hz에서 사용하면 회전자나 고정자 모두 기계적응력은 작아진다.

5. 결 론

50Hz기기로서 설계하기 위해서는 길이, 직경, 철심의 형태, 권선방식 등이 발전제조사 의 요구사항인
리액턴스, 각종 시정수, 비상시 운전상태 등과 관련하여 설계되어야 하고, 이에 수반되는 손실, 전자력,
냉각방식 및 용량 등의 설계변경이 뒤따라야 한다.

판정] 발전기는 60Hz기기를 50Hz에서 운용하는 것은 적절치 못합니다. 사용할 수 없습니다.