

수도사업장 인버터 적용에 따른 특성 분석

김희곤*, 김봉기*, 최형철*, 최진석*, 장석명**
한국수자원공사*, 충남대학교**

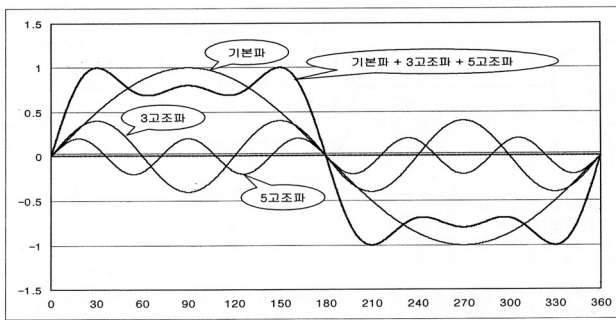
Analysis on the inverter applied to water treatment facilities

Kim Hee Gon*, Kim Bong Ki*, Choi Hyeong Cheol*, Choi Jin Suk*, Jang Seok Myong**
Korea WATER resources corporation*, Chungnam University**

Abstract - 본 논문은 최근 고도의 산업화 및 자동화, 전력전자 기술의 발전과 더불어 Power Electronics를 이용한 기술이 다양화됨에 따라 고조파 발생으로 인한 피해 방지 및 전력품질의 중요성이 대두되고 있는 가운데, 보다 효율적인 펌프운전을 위해 정밀성과 제어능력이 우수한 가변속 전력변환장치인 인버터가 적용된 최근 신설된 무인 수도사업장을 대상으로 저압 펌프모터의 기동특성과 고조파를 측정, 분석하여 국제기준에서 제시하는 고조파 관리기준에 적합성 여부를 분석한 사례를 중심으로 연구되었다.

1. 서 론

고조파는 전원에서부터 부하단까지의 임피던스에 의하여 전압강하를 일으키고, 또한, 전력전자 소자인 인버터를 사용함에 따라 부하단의 전압 전류파형은 정현파의 기본파에 고조파 성분이 중첩되면 파형이 일그러져서 왜형파가 된다.



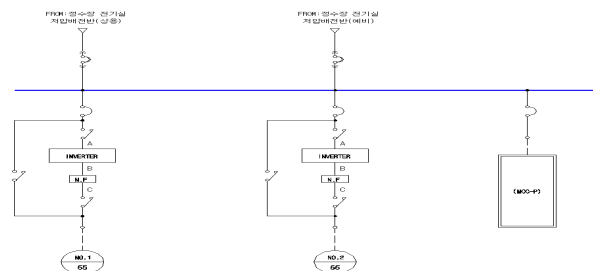
<그림 1> Harmonic's waveform

유도전동기에 있어서의 고조파의 가장 큰 영향은 철손과 동손의 증가에 의한 과열이며, 이는 효율의 저하 뿐만 아니라 전동기의 토크에도 영향을 주게 된다. 또한, 전동기에 유입된 고조파 전류는 정현파에 의한 운전시보다 더 높은 주파수대의 소음을 유발시킬 뿐만 아니라 공극내에서 고조파 자속을 만들어 냄으로써 코깅(cogging)과 크롤링(crawling) 현상을 유발시켜 유연한 기동이 어렵고 슬립을 비정상적으로 크게 만드는 악영향을 주게 된다.

2. 고조파 특성 분석

2.1 고조파 시험

최근 신설·운영중인 무인 수도사업장내 고조파의 주요발생원인 가압 펌프모터 운전제어용 인버터에 고조파를 측정하여 고조파 관리기준에 만족하는지를 분석하였다.



<그림 2> 고조파 측정 위치

2.1.1 측정대상

가. 펌프모터

용량(kW)	양정(m)	유량(㎥/h)	속도(rpm)	효율(%)
55(2대)	30	438	1,780	83

나. 인버터

형식	주파수(Hz)	Noise Filter	제조사
ACS800-31-0060-3	0 - 60	du/dt	ABB

2.1.2 측정방법

가. 측정위치

- ① INVERTER 1차측(전원측, A)
- ② Noise Filter 1차측(Inverter 출력, B)
- ③ Noise Filter 2차측(Motor측, C)

나. 측정방법

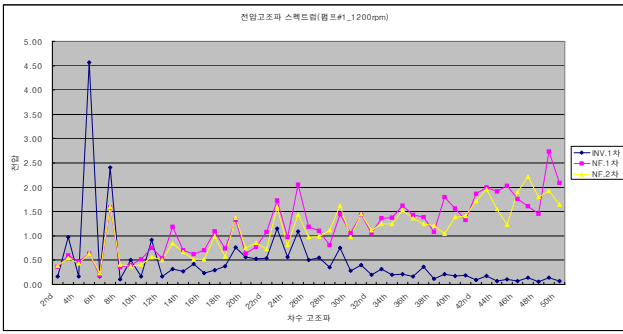
중앙제어실에서 펌프모터 회전수(N) 제어에 따라 회전수범위(1100-1700)내에서 100rpm씩 가변하였으며, 전력품질 분석기를 이용하여 전압, 전류 고조파를 각각 50차수까지 측정하였다.

2.2 측정결과

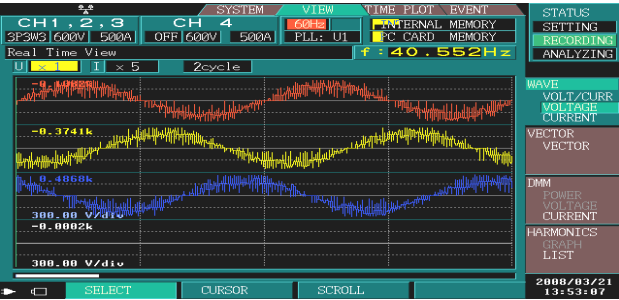
무인 수도사업장의 펌프#1에 대한 전압, 전류 고조파파형은 다음과 같으며, 펌프#2에 대한 고조파파형도 이와 유사한 것으로 나타났다.

<표 1> 펌프 #1의 전압, 전류고조파

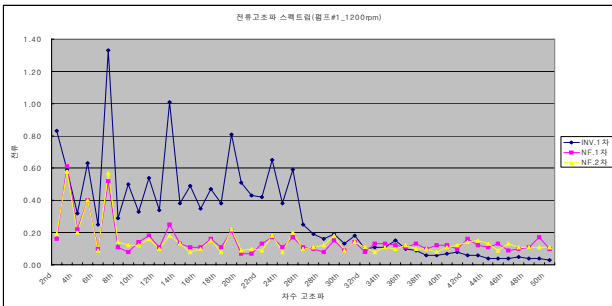
회전수(N)	공급량(㎥/h)	측정위치	주파수(Hz)	전압(V)	전류(A)	V _{THD}	I _{THD}	I _{TDD}
1100	155	A	60.0	365.7	18.3	1.66	17.93	3.24
		B	37.1	270.6	38.2	3.49	3.01	1.20
		C	37.1	264.6	38.2	3.09	2.86	1.14
1200	227	A	60.0	366.1	26.2	1.64	11.55	3.07
		B	40.6	290.3	45.4	3.43	2.76	1.31
		C	40.6	285.3	45.5	3.14	2.73	1.30
1300	306	A	60.0	364.8	35.9	1.58	8.64	3.17
		B	44.0	307.8	54.0	3.61	2.64	1.49
		C	44.0	303.1	54.1	3.42	2.57	1.46
1400	362	A	60.0	366.8	45.9	1.72	7.37	3.48
		B	47.4	324.9	62.4	3.07	2.29	1.50
		C	47.5	320.8	62.6	3.11	2.38	1.56
1500	419	A	60.0	363.7	57.9	1.61	5.43	3.25
		B	50.9	342.4	71.5	6.30	3.02	2.26
		C	50.9	338.9	71.8	5.68	2.91	2.19
1600	477	A	60.0	367.3	70.1	1.78	4.81	3.49
		B	54.3	359.3	81.1	5.66	3.12	2.65
		C	54.3	356.4	81.3	5.17	3.08	2.63
1700	532	A	60.0	365.6	85.4	1.68	4.28	3.79
		B	57.9	365.9	95.2	5.55	3.41	3.40
		C	57.9	362.1	95.2	4.90	3.11	3.11



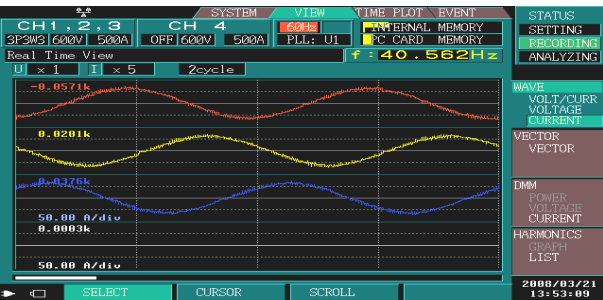
〈그림 3〉 고조파전압 스펙트럼(N:1200rpm)



〈그림 4〉 고조파전압 파형(N:1200rpm, 측정위치 A)



〈그림 5〉 고조파전류 스펙트럼(N:1200rpm)



〈그림 6〉 고조파전류 파형(N:1200rpm, 측정위치 A)

2.3 고조파 분석

전압의 경우는 부하율에 따라 변화율이 작은 관계로 고조파 함유량이 큰 변화가 없으나, 전류의 경우 부하율에 따라 전류의 변화가 거의 직선적으로 변화하기 때문에 고조파 함유량도 달라진다. 따라서, 전류측기에 따라 고조파의 함유량이 달라지는 문제점이 있으므로 전류에서는 THD를 사용하지 않고 최대 부하전류 대비 고조파 함유량을 표시하는 TDD를 적용한다.

2.3.1 고조파 규제기준

고조파 발생의 적정성을 판별하기 위해 IEEE.Std 519-1992의 기준 규제를 적용하였다.

〈표 2〉 전압고조파 규제기준(V_{THD})

수전전압(kV)	개별 또는 특수수용가 전압 고조파 왜형률(%)	일반계통 전압 고조파 왜형률(%)
69kV 이하	3.0	5.0

전류고조파 규제치의 판단기준값인 전류 총수요 왜형률(I_{TDD})은 인버터 1차측선의 단락전류와 최대부하전류의 비(SCR)를 계산하여 규제기준을 산출하였다.

$$SCR = \frac{I_{SC}}{I_L} = \frac{20,684}{95.75} \sim \frac{20,684}{103.91} = 199 \sim 216$$

여기서, I_{SC} : 계통의 단락전류(20,684A, 실시계획보고서 참조)

I_L : 최대부하전류(95.75~103.91A, 모터회전수 1,700rpm기준)

〈표 3〉 전류고조파 규제기준(I_{TDD})

I_{SC}/I_L	개개의 고조파 수 (홀수차 고조파, I_L 에 대한 %표시)					TDD
	< 11	11≤h 17	17≤h 23	23≤h 35	35≤h	
100 1,000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0

2.3.2 고조파 분석

고조파전압 규제치의 판단기준값인 전압 총합왜형률(V_{THD})의 경우 전원계통(인버터 1차측)은 제5.7고조파가 다소 발생하나 기준치 이하로 안정적으로 나타났으며, 모터측은 부하율이 증가함에 따라 고조파 규제기준치를 다소 초과하는 것으로 분석된 반면, 고조파전류 규제치의 판단기준값인 전류 총수요 왜형률(I_{TDD})는 매우 양호한 것으로 나타났다.

제5.7고조파와 같은 복수의 고조파가 있는 경우, 이 고조파의 기전력에 의해 유도전동기가 기계적 진동을 일으켜 정속도 운전을 어렵게 만들기 때문에 일정주기를 가지고 고조파 진단을 통한 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

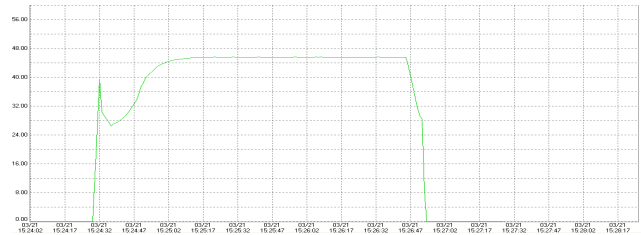
3. 인버터 기동특성 분석

3.1 인버터 기동전류 특성

전력에너지 절감효과와 정밀제어가 뛰어난 인버터에 대하여 인버터 기동전류 파형을 측정한 결과, 출력측(모터측)은 기동 돌입전류가 발생하였으나 전원측(인버터 입력측)은 매우 양호하게 기동되는 것으로 분석되었다.



〈그림 7〉 인버터 입력측 기동전류 특성



〈그림 8〉 인버터 출력측 기동전류 특성

4. 결 론

산업화의 급속한 고도성장과 더불어 다변화하는 Power Electronics 기술진보로 각종 산업현장에 전력변환장치 사용이 가일층 증가하고 있어 향후 유사사업장 저압 펄프모터의 효율적인 가변속 제어설비를 구축하는데 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 변일환, "고조파 저감장치 수도사업장 적용과 평가", 석사논문, 2005.
- [2] 한국수자원공사, "고조파 및 Surge로부터 수도전기설비 보호방안", 2003.