

인라인 가압장에서의 최적 인버터 제어방안 구축을 통한 에너지절감 연구

최진석*, 박성호*, 김종득*, 유택수*, 김교훈*, 김태원*
한국수자원공사*

Study of energy saving applied optimization method of inverter in In-Line pump station

Choi Jin Seok*, Park Seong Ho*, Kim Jong Deuk*, Yoo Taek Su*, Kim Gyo Hun*, Kim Tea Won*
Korea WATER resources corporation*

Abstract - 본 논문은 최근 에너지 절감 및 생산성 향상, 품질 향상, 원가 절감에 지대한 영향을 미치고 있는 인버터의 제어방안에 대한 연구이다. 보다 효율적인 펌프운전을 위해 댐 원수를 취수하는 인라인 가압장에 정밀성과 제어성능이 우수한 가변속 전력변환장치인 인버터가 적용되어 운영되었다. 하지만 인버터 1대 적용시 고 rpm에는 효율이 급격하게 떨어져 전력요금 상승을 가져오고 또한 펌프기동부 내부 온도 상승 및 권선온도 상승을 가져옴으로써 전반적인 효율 저하를 나타내게 됨에 따라 인버터 조합 운전 방안을 찾고 에너지 절감 방안을 모색하고자 실제 적용사례를 중심으로 연구되었다.

2.2 측정결과

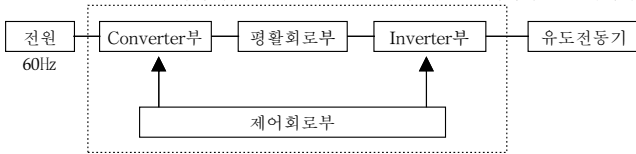
펌프 1대의 유량/전력량 변화를 보면 1350rpm을 기준으로 고 rpm으로 갈수록 유량대비 전력사용량이 증가한다. 같은 유량을 비교했을 시 펌프 1대 운전보다 펌프 2대 조합운전이 약 15kWh 정도 절감되는 것이 확인되었다.

<표 1> 펌프 1대 rpm 변화에 따른 유량/전력량 변화

RPM	유량(m ³)	전력(kWh)	토출압	총토출압	kWh/m ³
1100	91	13.4	3.38	3.25	0.1473
1150	152	16.1	3.42	3.25	0.1059
1200	199	19.0	3.5	3.25	0.0955
1250	256	22.4	3.5	3.25	0.0875
1300	306	26.0	3.51	3.25	0.0850
1350	350	29.6	3.51	3.26	0.0846
1400	384	33.1	3.52	3.26	0.0862
1450	424	36.7	3.53	3.26	0.0866
1500	445	40.7	3.54	3.26	0.0915
1550	482	44.9	3.55	3.26	0.0932
1600	511	49.5	3.55	3.26	0.0969
1650	543	54.3	3.55	3.27	0.1000
1700	570	59.9	3.56	3.27	0.1051
1750	604	65.6	3.56	3.27	0.1086

1. 서 론

인버터란 교류인 삼상 상용 전원을 직류로 변환하는 컨버터(Converter)부와, 그 직류를 가변전압 및 주파수의 교류로 만들어 출력하는 인버터부(Inverter)부로 구성되어 삼상 능형 유도전동기의 속도를 제어하는 장치이다.



<그림 1> 인버터 기본 구성

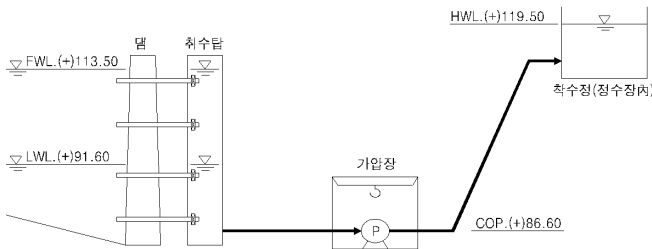
1.1 인버터 제어의 장점

- 가. 유도전동기를 사용하므로 구조가 간단하고 보수가 용이하며 가격이 저렴하다.
- 나. 고속운전 및 고효율 속도제어가 가능하다

2. 본 론

2.1 인버터 효율 특성 분석

2.1.1 측정대상



<그림 2> 인라인 가압장 구성도

가. 펌프모터

용량(kW)	양정(m)	유량(m ³ /h)	속도(rpm)	효율(%)
55(2대)	30	438	1,780	83

나. 인버터

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

2.1.2 측정방법

- 가. 펌프 1대 rpm에 따른 유량 변화에 대한 전력 사용량 측정
- 나. 펌프 2대 병렬운전에 따른 유량 변화에 대한 전력 사용량 측정

<표 2> 펌프 2대 병렬운전시 rpm 변화에 따른 유량/전력량 변화

펌프#2		펌프#1		전력(kWh)	유량(m ³)	총토출압	전력원단위(kWh/m ³)
RPM	토출압	RPM	토출압				
1200	3.42	1200	3.52	35.0	424	3.26	0.0825
		1250	3.53	38.2	476	3.26	0.0803
		1300	3.54	41.5	515	3.26	0.0806
		1350	3.54	45.0	557	3.26	0.0808
		1400	3.55	48.7	592	3.27	0.0823
1250	3.47	1150	3.44	35.5	437	3.26	0.0812
		1200	3.44	38.8	487	3.26	0.0797
		1250	3.44	42.0	538	3.26	0.0781
		1300	3.46	45.0	572	3.27	0.0787
		1350	3.49	48.2	608	3.27	0.0793
1300	3.51	1400	3.52	51.8	638	3.27	0.0812
		1150	3.52	37.8	430	3.26	0.0879
		1200	3.52	40.9	498	3.26	0.0821
		1250	3.53	44.4	552	3.27	0.0804
		1300	3.54	47.7	592	3.27	0.0806
1350	3.54	1100	3.42	38.8	425	3.26	0.0913
		1150	3.44	42.1	505	3.26	0.0834
		1200	3.45	45.2	561	3.27	0.0806
		1250	3.47	48.1	610	3.27	0.0789
		1400	3.43	42.5	458	3.26	0.0928
1400	3.53	1150	3.52	44.8	503	3.26	0.0891
		1200	3.53	48.3	576	3.27	0.0839
		1250	3.54	51.7	625	3.27	0.0827
		1300	3.43	46.4	495	3.26	0.0937
		1450	3.54	51.7	625	3.27	0.0827
1450	3.54	1100	3.43	46.4	495	3.26	0.0937
		1150	3.44	49.7	579	3.27	0.0858
		1200	3.48	52.5	624	3.27	0.0841

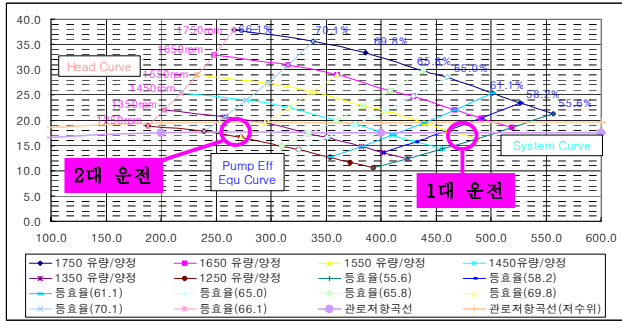
2.3 RPM 변화에 대한 에너지 절감 분석

2.3.1 rpm 변화에 따른 효율 변화

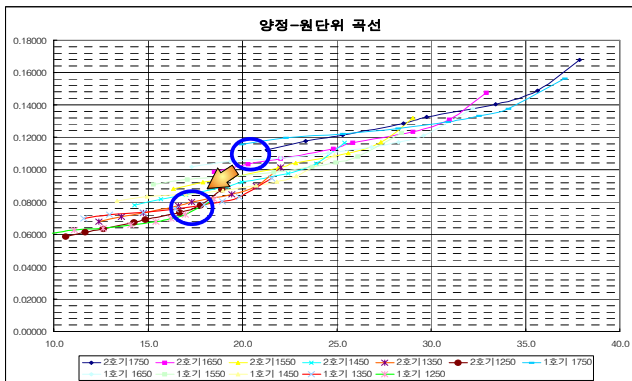
호기별로 차이는 있으나 펌프 1대 가동시 효율은 55%이하이나 펌프 2대를 1250rpm으로 조합운전 했을 경우에는 70% 가까운 효율을 나타내어 펌프 성능 향상의 모습을 보인다.

〈표 3〉 펌프 조합 운전에 따른 유량-효율-전력원단위 변화

구분	호기별	유량(m³)	양정(m)	효율(%)	동력(kW)	전력원단위 kWh/m³
1750 rpm	1호기	474.0	19.9	50.4	54.9	0.1157
	2호기	556.0	21.3	55.6	62.4	0.1120
1250 rpm	1호기	262.9	16.2	71.5	18.3	0.0697
	2호기	272.6	16.7	69.8	20.0	0.0734
	1+2호기	534.6	16.5	70.6	38.3	0.0716



〈그림 3〉 회전수제어 유량-양정 곡선 및 등효율 곡선



〈그림 4〉 회전수제어 유량-양정 곡선 및 등효율 곡선

2.3.2 에너지 절감량 산정

〈표 4〉 공급량에 따른 전력사용량 비교

공급량	현재 (펌프 1대 가동)			개선(펌프 2대 가동)			
	rpm	m³/kW	일 전력 사용량	펌프#1 rpm	펌프#2 rpm	m³/kW	일 전력 사용량
13,000	1650	10.00	1,300	1250	1250	12.81	1,014
14,000	1700	9.52	1,470	1300	1250	12.71	1,101
15,000	1750	9.21	1,628	1350	1250	12.61	1,189

〈표 5〉 공급량에 따른 전력절감액 비교

공급량	일 전력사용량 차이(kWh)	연간 전력 절감량(kWh)	연간 전력요금 절감액(원)	전력원단위 향상 효과
13,000	286	104,390	7,829,250	22%
14,000	369	134,685	10,101,375	25%
15,000	439	160,235	12,017,625	27%

* 평균 전력요금 75원/kWh

2.3.3 에너지 절감의 효과

가. 펌프 기동반 내부온도 상승 방지

- 기존 : 내부 온도 60℃
- 변경 : 내부 온도 40℃

-> 인버터반 내부온도 하강에 따른 인버터 오작동 방지 및 고장 예방, 수명 연장

나. 펌프 권선 온도 하강

〈표 6〉 펌프 조합 운전에 따른 펌프 온도 변화

구분	권선온도	베어링온도	기대효과
1750rpm	35℃	24℃	펌프 권선 트립 예방 및 안정적인 펌프 운영
1250rpm	27℃	18℃	

3. 결 론

국제유가 상승 및 국내·외의 지속적인 에너지 가격 상승에 따라 전 분야에 걸쳐 에너지 절감에 대한 관심이 커진 가운데, 인버터 기술을 적용한 인라인 가압장에서 펌프의 최적 rpm을 선정을 통해 정격 운전으로 펌프 1대를 가동하는 것보다 인버터 최적화 기법을 적용하여 2대 병렬운전을 함으로써 전력 절감 뿐만 아니라 안정적이고 내구성 있는 인버터 사용을 가능하게 하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 전인식 조광옥 이교진 조철환, “펌프의 이론과 실제”, 2004