

전력용 커패시터의 역률개선효과에 관한 실증연구

장재필*, 안인석**

An Empirical Study on the Effect of Power Factor Improvement using Power Capacitor

Jae-Pil Jang*, Ihn-Seok Ahn**

요 약

산업현장에서는 전력수급 안정화 대책으로 변동성 높은 계절성 수요관리 강화, 자가발전 확대 등 여러 가지 대책을 강구하고 있으며 최적의 동작제어를 하는 산업용 전기절전기술에 초점을 두고 있다. 본 연구에서는 현재 산업현장에서 사용하고 있는 설비에 대해 말단 부하 측에 자동역률 보상장치를 설치하여 말단 부하변동에 따른 자동역률 보상으로 역률을 개선하고, 그로 인한 수용가 측에서의 비용 감소 효과를 확인하고자 한다.

Abstract

In this study, We performed the empirical study about the power saving effect of motor power-saving device installed in industrial field in order to reduce the increasing power rates. I have analyzed the effect of power factor improvement and load current reduction by the reactive power control for the most widely used inductive load in the industries. And also analyzed the effect of power factor improvement and load current reduction on the power rates saving.

I. 서 론

전력기기의 보급 확대와 기후변화에 따른 계절성 수요가 확대되고 있고, 서비스 산업의 발달로 산업용 수요 급증, 소득증가와 삶의 질 향상에 따른 새로운 전력수요가 지속

* 위덕대학교 에너지전기공학부 (Division of Energy & Electrical Engineering, Uiduk University)

** 교신저자, 위덕대학교 에너지전기공학부 (Division of Energy & Electrical Engineering, Uiduk University)

전력용 커패시터의 역률개선효과에 관한 실증연구

적으로 발생하여 전력 의존도가 증가하고 있다.[1][2] 이와 연계되어 전기에너지의 비용은 지속적으로 상승되어 왔고 앞으로도 이러한 증가세는 심해져 갈 것이다. 또한 기후변화 및 CO₂ 저감 정책에 따라 에너지 저감장치에 대한 수요는 증가할 것이다.[3-5]

전력사용 초기에는 주로 야간에 조명용으로 사용하는 것과 전동기 부하가 대부분으로 작업시간에 비례하여 전력을 사용하였으나 최근에는 전력사용 행태가 매우 다양해졌으며, 산업이 발전함에 따라 다양한 종류의 제조업이 존재하고 있으며 업종별, 기업별로 공정이 서로 다르므로 전력을 많이 사용하는 시간이 다르게 나타나고 있다.[6]

따라서 한국전력공사에서는 낮은 역률로 인해 추가적인 송배전, 변압기 등 설비를 보강해야 하는 부담이 있어 이러한 비용 상승을 방지하고 산업체의 역률개선을 유도하기 위해 전기공급약관에 역률이 낮은 업체에는 과징금을 추가 징수하고, 역률이 높으면 전력요금을 절감해 주는 역률 요금제를 강화하고 있다.[7][8]

산업현장에서는 이러한 현상에 대비하여 전력수급 안정화 대책으로 변동성 높은 계절성 수요관리 강화, 자가발전 확대 등 여러 가지 대책을 강구하고 있으며 그 중에서 기술혁신을 통한 최적의 동작제어를 하는 산업용 전기 절전기술에 초점을 두고 있다.[9] 산업현장에서 전기를 사용할 때 실제 유용한 일로써 사용되는 전력[kW]과 낭비되어 버리는 전력[kVAR]의 두 가지로 나눌 수 있다. 일로서 유용하게 사용되는 전력은 바람직한 것으로 어떤 원인으로도 감소되어서는 안 될 것이며 반면에 불필요하게 낭비되는 전력은 최소화할 수 있도록 하여야 할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 현재 산업현장에서 사용하고 있는 수전단 역률 보상 기능은 공급자 측에서의 비용절감 효과를 보는 것에 반해 말단 부하 측에 자동역률 보상장치를 설치하여 말단 부하변동에 따른 자동역률 보상으로 역률을 개선하고, 그로 인한 수용가 측에서의 비용감소 효과를 확인하고자 한다.

II. 전동기전력절감장치 역률개선

역률제어방식은 부하의 역률을 검출하여 역률이 진상투입설정치 이하가 되면 콘덴서를 투입하고, 진상측 개방 설정치에 달하면 콘덴서를 개방시킴으로써 역률을 항상 일정범위 내에 들어오도록 하는 역률제어 방법이다. 본 장에서는 역률제어를 위해 설치된 실험장치의 역률 개선을 하는 원리와 실험장치의 동작원리, 내부 회로도에 대해 알아본다.[10] 역률 제어를 위해 진상용 콘덴서 설치로 전압과 전류 사이의 위상차를 줄여 무효전력을 감소시키게 된다.

모터, 변압기, 냉동기, 전동공구, 컴프레서 등 전자장을 발생시키는 모든 유도성 부하는 그 출력을 유지하기 위해 전선로에서 보다 더 많은 전류의 유입을 필요로 하게 되는데, 이러한 설비에 전동기전력절감장치를 설치하여 부하특성과 운전특성에 따라 무효전력을 제어하여 불필요한 전류유입을 차단함으로써 역률을 개선시키는 역할을 한다. 본 연구에서 사용된 전동기전력절감장치의 동작 원리는 그림 1과 같으며, 그림 2는 전동기전력절

감장치의 내부구성도이다.

2.1 실험장치의 동작 원리

전압과 전류의 위상각을 일치시킴으로서 전동기의 회전수와 모터의 힘에 영향을 주지 않도록 정격 주파수를 유지하면서 위상각을 제어한다.

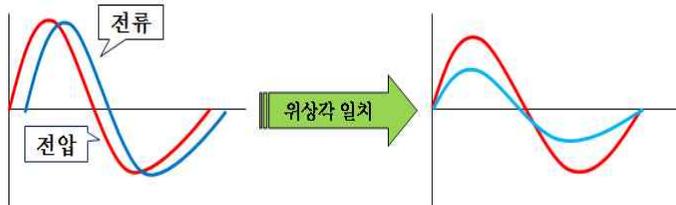


그림 1. 실험장치 동작 원리

2.2 실험장치 내부 구성도

자동 역률조정 릴레이를 통하여 실시간 부하의 역률상태를 검출하고, 이에 상응하는 목표 역률을 유지할 수 있도록 콘덴서 개폐를 자동적으로 On/Off 한다. 전동기 전력절감 장치의 동작 원리 이해를 위해 그림 2의 시퀀스 회로를 보면 On Switch를 Push하면 88-1 MC가 여자되고 88-1 a접점에 의하여 자기유지되며, EOCR 1에서 흐르는 전류를 확인할 수 있다. 그리고 전동기 전력절감장치의 S/SW를 선택하면 88-2 MC가 여자되며, EOCR 1에서 흐르는 전류를 확인할 수 있다.

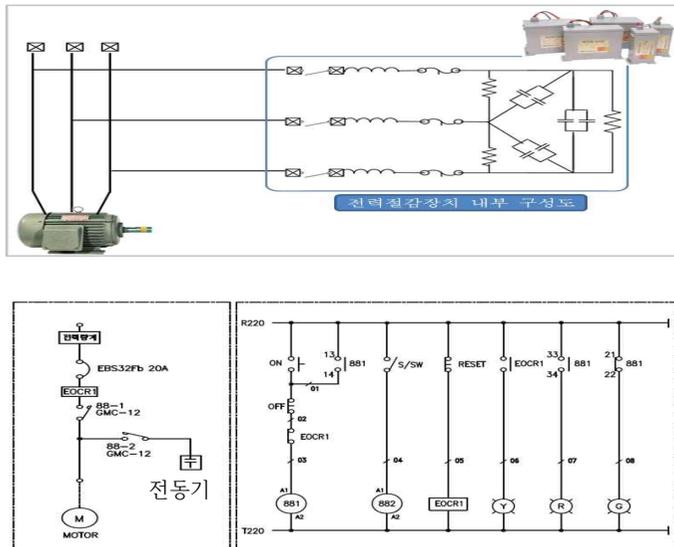


그림 2. 실험장치 내부 구성도

III. 실험결과

산업설비 모터에 전동기 전력절감장치를 설치하여 역률변화 및 유입 전류량을 측정하여 전동기 전력절감장치 설치 전과 설치 후에 어떠한 변화가 발생 하였는지 분석하였다. 분석자료는 설비용량별로 Grouping 하였으며, Grouping된 설비별 측정 Data를 활용하였으며, 종합 역률은 각 설비별 역률의 평균이며, 전류는 각 설비별 전동기 전력절감장치 설치 전에 흐르는 전류의 합과 전동기 전력절감장치 설치 후에 설비에 흐르는 전류의 합에 대해 비교하였다.

3.1 종합역률 분석

표 1. 시험 대상 설비별 종합역률 변화

종합 역률 [%]	Conveyor	Dust설비	Fan	Feeder	Filter	Pump	Spare
설치전	72.5	73.3	73.6	72.3	74.0	73.0	74.8
설치후	91.9	92.7	93.4	91.9	92.9	92.9	94.2
증감	▲19.3	▲19.5	▲19.8	▲19.6	▲18.9	▲19.9	▲19.4
증감율	26.2	26.5	26.5	26.6	25.4	27.3	26.3

역률은 각 설비별 역률의 평균을 구하여 전동기전력절감장치 설치 전과 후를 비교 분석하여 표 1, 그림 3에 기술하였다.

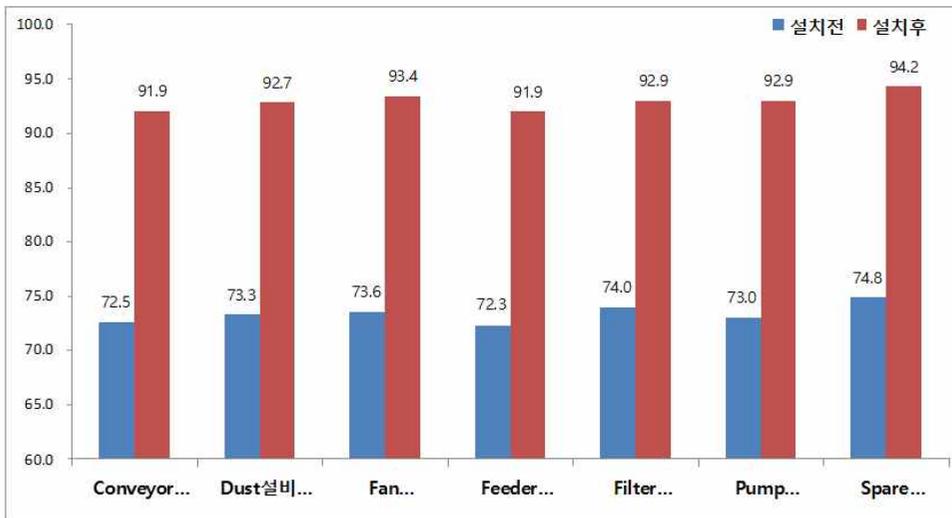


그림 3. 시험 대상 설비별 종합역률 변화

자동역률 조정기능을 가진 전동기전력절감장치를 설치하여 무효전력을 제어함으로써 유효전력비가 증가하였다. 전동기전력절감장치 설치 전과 후를 보면 평균적으로 26.6[%] 종합역률이 향상된 것으로 나타났다.

특히 Impeller를 이용한 Pump에서 역률 향상율이 27.3[%]로 가장 높게 나타났다. Pump설비 모터의 특성은 회전수의 제곱비로 요구 토크가 증가하는 등 부하측의 부하 변동이 심하거나 부하율이 낮은 모터에서 무효전력 보상이 많이 되는 것을 알 수 있다.[11]

3.2 설비별 종합역률 및 전류 증감을 분석

종합역률 및 전류 증감을 분석은 전류분석은 각 설비에 흐르는 전류의 합을 전동기전력 절감장치 설치 전과 전동기전력절감장치 설치 후를 비교하였다.

표 2. 시험 대상 설비별 종합역률 및 전류 증감을

증감율 [%]	Conveyor	Dust설비	Fan	Feeder	Filter	Pump	Spare
역률	26.2	26.5	26.5	26.6	25.4	27.3	26.3
전류	-25.1	-25.4	-25.6	-24.0	-25.4	-25.6	-25.2

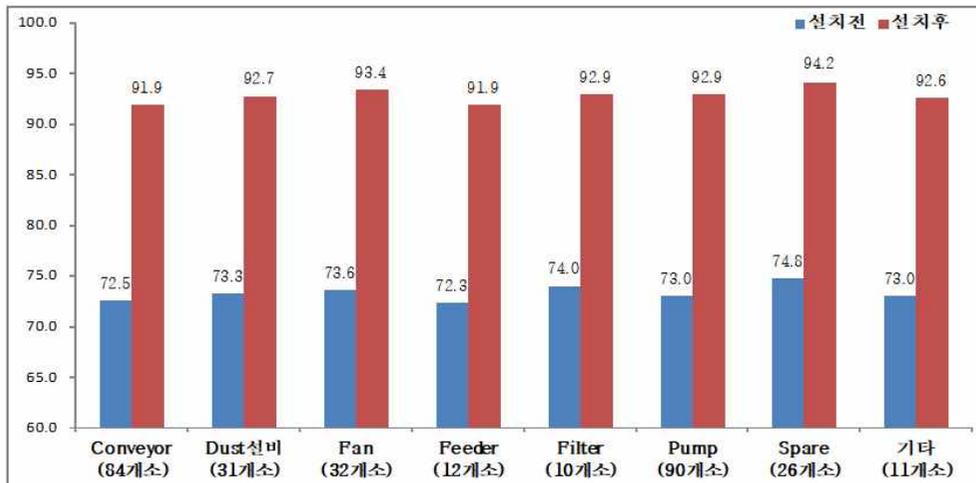


그림 4. 시험 대상 설비별 종합역률 및 전류 증감을

종합역률 및 전류량 증감 분석에서 Pump 설비 모터에서 역률향상 및 전류량 감소 효과가 있는 것을 확인했고 역률향상과 전류량 감소의 상관성이 있는 것을 확인할 수 있었다.

3.3 역률 부담금 절감에 의한 전력요금 절감 효과

표 3과 그림 5는 실험장치 설치를 전후하여 역률 요금제에 의해 A사의 월별 전력요금 현황과 전력요금 절감효과를 나타낸 것이다.[7]

표 3. 월별 전력요금(단위:천원)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
요금	2,407	2,380	2,203	2,286	2,252	2,173	2,380	2,530	2,530	2,530	1,380	-1,252

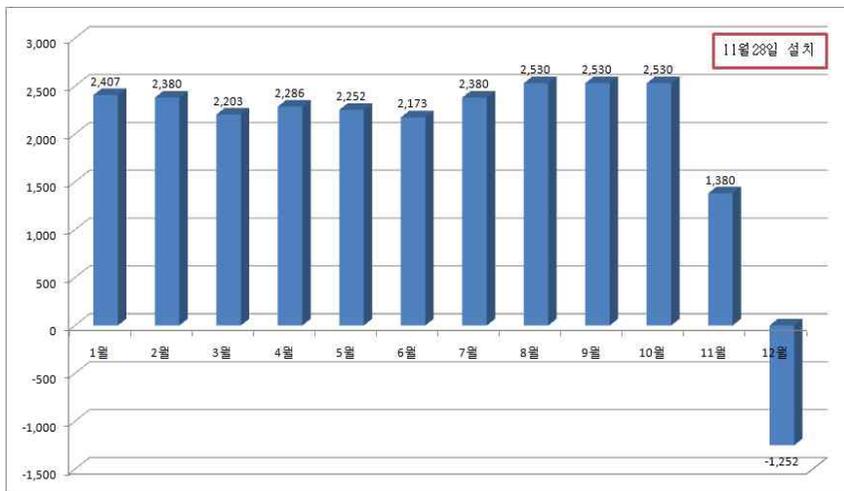


그림 5. 월별 전력요금 추이

IV. 결 론

최근 전력사용 형태가 다양해지고 산업이 발전함에 따라 전력수요가 지속적으로 발생하여 전력 의존도가 증가하고 있다. 이에 따라 한국전력에서는 산업체의 역률개선을 유도하기 위해 역률이 낮은 업체에는 전력요금을 추가 징수하고, 역률이 높으면 전력요금을 가감해 주는 역률요금제를 강화하고 있다.

산업현장의 코일이 많은 유도성 부하 즉 유도전동기는 산업현장에서 구동력 전원으로 가장 널리 사용되고 있으며 회전자계를 발생시키기 위해 무효전력이 필요한 부하로서 많이 발생하는 무효전력을 제어하여 역률을 개선함으로써 안정적인 전원공급 및 전기비용 절감효과에 대해 실험하였다.

대상 사업장에 대해 사전 조사를 하였으며, Conveyor, Pump, Dust 설비 등에 모터전력 절감장치를 설치하여 그 효과를 분석하였다. 그 결과 대상 설비의 무효전력을 자동 제어함

으로써 유효전력비가 상대적으로 증가하여 종합역률이 향상된 것으로 나타났다. 전동기전력절감장치 설치 전에 비해 운전 종합역률이 평균 26.6[%]로 개선되었다. 그러나 설비 용량별로 종합역률 증감효과는 나타나지 않았다. 대상설비 중에서 Impeller를 이용하는 Pump 설비는 회전수의 제공비로 요구 토크가 증가하고, 부하측의 부하변동이 심하고 부하율이 낮은 Pump설비 모터에서 무효전력보상이 많이 되어 종합역률이 27.3[%]로 종합역률 개선율이 가장 높았으며, 종합역률 개선에 따라 부하전류가 감소한 것으로 나타났다.

이렇게 종합역률이 개선됨으로 인해 불필요한 전류를 차단한 결과 모든 설비에서 부하전류가 25.2[%] 감소되는 효과를 얻었다. 종합역률 향상율이 가장 큰 Pump설비 모터에서 부하전류 감소율이 25.6[%]로 나타났으며, Fan설비 모터에서도 전류 감소율이 동일하게 나타났다. 그리고, 전력요금 절감 외에도 역률개선으로 인한 설비용량의 여유증가, 전압강하 경감, 전력손실 경감 등의 효과를 볼 수 있었다.

참고문헌

- [1] “전기용 냉난방기기 보급률 사용행태 조사 및 이를 이용한 수요예측방법 연구”, 최종보고서 지식경제부, 2012.3
- [2] 임형우, 문시웅, 박정도, 송경빈, 주성관, 신기준, 조범섭, 차동철, “평일과 주말의 시간대별 부하특성을 고려한 단기 전력수요예측 기법”, 전기저널, 대한전기학회
- [3] 이상돈, “저지구촌 환경보호와 한국의 환경정책”, 대학출판사, 1995
- [4] 가루베 이사오, “지구환경과 바이오테크놀로지”, 전파과학사, 1992
- [5] “환경백서”, 환경부, 2011
- [6] 박종진, 신성현, 이창호, “산업용 수용가의 전력소비실태 및 부하조정에 대한 반응 분석”, 2010 대한전기학회 제41회 하계학술대회, 대한전기학회
- [7] 한국전력공사, “전기공급 약관”, 2011. 12. 개정
- [8] “역률요금제도 개선방향”, 전기의 세계 제60권 제5호, 대한전기학회, 2011.5
- [9] “전력 소비형태 분석과 절전기술”, 대한전기협회지 통권 제211호, 대한전기협회, 1994
- [10] 이상성, 양민욱, 윤용태, 김건중, “SCADA 기반 부하변화에 따른 발전기 유효/무효전력 변동 분석”, 2012 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통·전력경제연구회 공동 춘계 학술대회 논문집
- [11] 박수철, 송중호, “전기철도 차량기지 변전소의 실시간 무효전력/역률 보상설비 적용에 따른 전력품질개선에 관한 연구”, 조명·전기설비학회논문지 제20권 제10호

