전기 에너지 절약 기술이란?

2020.04.20

DONGSUNG Energy Saving Solution Co., Ltd.
www. gesds.com E-mail : dses2019@naver.com

차 례

1. 개요 (전기에너지 구성과 상호관계) ---------- 3

2. 무효전력 (Pvar)의 개선 방법 ---------- 4

1), 2)

3) 무효전력(Pvar)의 개선 장치 종류 및 국내현황

A. 무효전력 개선 장치의 종류

① 역률 보정

② 전력 품질 개선용 필터링 System -------- 5

B. 개선 장치의 국내현황 ---------- 7

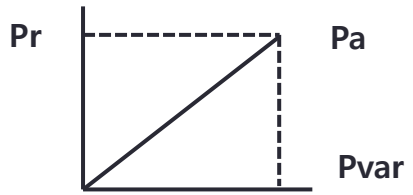
유첨 1. 전기에너지 절감이란? ---------- 8

유첨 2. OPC·M 적용설비의 당위성 ---------- 9

1. 개요 (전기에너지 구성과 상호 관계)

1) 전기에너지는 3가지로써 피상전력 Pa (겉보기 전력 : Apparent Power), 유효전력 Pr (실사용 전력 : Active Power) 무효전력 Pvar (Reactive Power)으로 분류되며,
전력 설비에서 전기에너지의 효율적 운용은 우선적으로 주전원 수전부에 능동형 전력 품질 개선 장치 (Active Quality Correction) 와 같은 전력 관리 기술을 적용하여 Pvar에 해당하는 선로손실 (Line Loss), 전압강화 (Voltage Drop), 역률 저하 9Power Factor), 파형 왜곡 (Waveform Distortion) 등 고품질의 전력공급을 확보하도록 함.

2) 보유에너지(Pa)를 전기 역학적 (Electric Potential) 에너지 보존의 법칙에 준한
$\dot{P}a = \dot{P}r + \dot{P}var$ 의 상호관계식에서처럼 유도전동기(예)의 자체 역률 (PF ≒ 0.8)일 경우
Pa = $\sqrt{Pr^2 + Pvar^2}$ 즉 Pa = 100% (1), Pr = 80% (0.8), Pvar = 60% (0.6) 상태가 되도록 유지하게 하는 것이 설비효율화(설비 여유율 확보)에 있어서 우선적인 목적이라 할 것이다.
그러나, 무효전력인 Pvar을 줄인다고 해서 위 공식에서와 같이



도표에서의 실사용 전기에너지인 유효전력 (Pr)을 줄일 수는 없다.
다만, 유효전류(Ir)가 아닌 피상전류 (Ia)는 줄일 수 있다.
그리고, 피상전류를 낮추기 위해서는 별도의 굳이 일명 절전장치라는 어구를 동원하지 않더라도 저가의 진상콘덴서만 취부하더라도 효과는 동일하다고 본다.

2. 무효전력 (Pvar)의 개선 방법

1) 무효전력에는 선로손실 (전압 강하 : Voltage Loss, 근접효과 : Proximity Effect, 표피효과 : Skin Effect, 비선형 효과 : Harmonics & Noise), 전동기 자체 손실 : 철손, 유전체손, 저항손 등)이 있다.

2) 위의 무효전력이 차지하는 전기에너지 분포는 전체 보유 에너지인 피상전력 (Pa)의 약 5% 정도로 나타내며, 이는, 정격 부하율 100% 일 때를 기준한다.
또한, 부하율이 낮을 경우에는 피상전류 (Ia)의 크기도 비례하게 된다.

3) 무효전력 (Pvar)의 개선 장치(유첨 : 전기에너지 절감이란?) 종류 및 국내 현황

A. 무효전력 개선 장치의 종류

① 역률 보정 (Power Factor Correction)

역률 보정 방식에는 크게 2가지로 분류된다.
첫째, 전력공급규정의 "강제역률 보상제도"에 의한 무전단에서의 역률 0.9 ≤ Incentive 제도와
둘째, 수용가 자체 개선을 필두로 한 부하근처에서의 역률 보정 방법으로써, 가치와 효율성은 둘째 방법이 적절한 당위성을 내포하고 있다.
한가지 유의할 점은 전동기의 리액턴스 " L "과 콘덴서 (Capacity) 의 " C "의 시정수가

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 의 공식에서 f가 전원 주파수와 동일 이상으로 일치하게 될 때, 그로 인해 많은 Noise가 발생하게 됨으로써 영상 변류 Relay, 과전류 Relay, 불평형 Relay 등을 동작 시킬 수 있으며, 갑작스런 정전 사태를 야기할 수 있으므로 반드시 자동역률 보정 장치 또는 C – L 정수 중 " C "값을 낮추어서 역률 보정이 다소 적더라도 수동으로 설치하는 System 구성이 전제되어야 한다.

② 전력품질 개선용 필터링 System

i) 수동 Filter System

수동 Filter는 교류 Filter, L – C Filter, Passive Filter 라고 부르며, L – C 필터의 기본적인 구성은 부하와 병렬로 접속하여 여러 분로로 조합해서 사용하게 되는데

$nX_L - \frac{X_C}{n} = 0$ 이 되도록 L 과 C 값의 시정수를 공진주파수에서 벗어 나도록 정확히 맞추어야 한다.

전장에 언급한 국내 대부분의 회사 제품이 여기에 속한다.

ii) 능동 필터링 System (Active Filter)

Active Filter 는 수동 Filter에서의 공진 특성을 고려하지 않고 인버터의 응용기술(예 : OPC·M)에 의해 역위상의 고조파를 발생시켜서 고조파를 제어하는 이상적인 Filter이다.

또한, 인버터부에서 무효전력(Pvar : 진상 및 지상)도 공급 할 수 있기 때문에 고조파 억제뿐만이 아니고 무효전력 제어 (역률 제어)도 할 수 있는 특징이 있다. (OPC·M 에서 가변 기능)

iii) 필터링 System 과 전력절감

위에 언급한 역률 보정, 필터링 등 모든 전력 품질 개선용 System은 전기를 공급하는 전력 품질을 개선하는 방식이며,

이는 전원 측이 공급하는 보유 에너지를 극대화하는 방법에 불과 한 것이며, 부하 측이 실제로 원하여 사용하는

실효치(유효전력)와는 무관한 것이다.

다시 말해서 통상적으로 전류로 표시되는 것은 피상치(피상전류)이며 유효전류가 아닌 것이다.

비선형부하 (유도전동기 같은 유도성 부하)의 경우에는 전압과 전류 파형을 축소시켜서 CPU에 의해

기술적으로 파형을 자르는 노칭(Notching) 변조 과정을 통하여야만이 피상치와 유효치의 위상을 알아낼 수 있고

그 결과 유효전류(실제로 일하고 있는 부하측 전류)를 산정해 낼 수 있다. 그런 다음에 전원측의 전기 보유 에너지인

피상 전력중에서 실제로 일하고 있는 (부하에 꼭 필요한)

전기에너지(축동력)가 얼마인가를 분석한 뒤 필요한 에너지 만큼만 순시적으로 공급하게 됨으로써

진정한 유효전력 절감과 무효전력 “ 0 ” 화를 실현할 수 있는 것이다.

이것이 곧 모터전력최적제어장치 (Optimum Power Control Deuce For Motor)이다.

B. 개선장치의 국내현황

무효전력을 개선하는 방법에는 여러 방법이 동원되고 있으며, 국내에는 CESS, KES, SEPIS, 양행테크 외 다수의 업체가 무효전력 개선을 근거로 절전효과를 홍보하고 있는 상태이며,

이는 전기에너지와 에너지 보존 법칙을 왜곡하고 있다 할 것이다.

단, 한가지 전동기에 있어서 부하의 일을 하지 않고 무부하로 운전할 경우에는 부하손이 없고 무부하손만 존재하게 되어 무부하손을 줄이게 되면 무부하손 내의 저항손 (자기부담손 : 자체손실)이 비례하여 줄어들 수 있다.

하지만, 정격부하의 유효전력에 비해 1~2% 정도의 아주 미미한 절약이며, 더군다나 무부하로 운전하는 전동기가 어디 있겠는가? 묻지 않을 수 없다.

2020.04.20

㈜동성E.S 연구실

[유첨 1]

"전기 에너지 절감이란? 여유량 과 손실 을 줄이는 것!"

한전 ← → 수용가 →

발전기	변전소	수용가 (변전실:변압기)	부하 (전동기, 조명)
KVA(피상전력)	KVA(피상전력)	KVA(피상전력)	KW(유효전력)
특고압 송전	특고압 > 고압	고압 > 저압	

Motor Heater
Lights Control
Equipment
(제어기기)
Etc.

* 근접 효과?
  두 개의 전선에 전류가 흐를 때, 불평형에 의한 전류흐름을 방해하는 것 - 선로 저항증가
* 표피 효과?
  도선의 전류가 단면체(전선)으로 흐르지 않고 표면 쪽으로 치우치는 현상

<KVAR : 무효전력>

선로 손실 (Line loss)
전압 강화 (Voltage Drop)
근접 효과(Proximity Effect)
표피 효과(Skin Effect)
비선형 효과(Harmorics & Noise)

여유량
(설계 여유치)

To > T L
(전원 보유 토크) (부하 토크)

무부하손
- 철손 — 히스테리시스손, 와류손
- 유전체손 — (절연물 소손)

→ KVAR

부하손
- 저항손
- 와류손 — (전선 및 구출선손)
- 표류부하손 — (외함, 기타)

→ KW

25% + ≤ 2.5 ~ 5% ≒ 30% → OPC·M

<개선 후>

역률 상승 (power factor)
피상 전력(KVA) 여유치 상승
선로 손실(Line Loss)만큼 유효
전력 저하로 인한 부분 절감

[유첨 2]

모터전력부하최적제어장치(OPC·M) 적용설비의 당위성(과학적 접근논리)

일반적으로 전동기(Motor)의 용량(Kwatt)을 결정 짓기 위해서는,
펌프나 팬 또는 유압장치 등의 장치용량(Eguipment Capacity)이 수동력(hydraulic power)의 1.4-1.5배수로 정해지고
축동력(Shaft Power)은 수동력+축의결합손실(Shaft Loss)을 합친 것에 2.0-2.5 배수로 결정 되어 장치 설계에 반영 합니다.
이유는 정지상태에서의 기동토크(Starting Torque)및 과부하(Over Load)를 합친 힘 이상의 회전력이 필요하기 때문에
이를 장치 설계치 (Shock Design Factor)로 결정하게 됩니다.
그러나, 전동기가 기동된 뒤에는 전동기가 일하는 정도에 따라 부하분담(Load Sharing)이 달라지며
부하분담의 변화에 따라 전동기의 효율 (Motor efficiency) 즉 전기적 역률(Power Factor) 또한 달라지게 됩니다.
반면, 전동기에 공급되는 전기에너지는 피상전력(Apparent Power : 겉 보기 전력)으로 항상 공급되어지고
소비시키는 에너지 또한, 유효전력(kw)과 무효전력(kvar)의 벡터합성인 피상전력(kva)으로 결정 되게 하나,
실제적으로 힘을 발휘하게 하는 것은 유효전력(kw ; Active Power)인 것입니다.
여기에서, OPC·M은 전동기의 실제 사용하고 있는 힘인 유효 전력치를 10만분의 1초로 판별하여 전동기에 공급하는 보유에너지
즉, 전원토크 (Supply Torque : T) 를 전동기가 실제로 일하는 부하토크(Load Torque : TL)와 거의 같거나 전원토크(T)가
약간 큰 위치로 맞추어 줌으로써 전동기의효율을 부하변동상태와 관계없이 항상95% 이상 유지하게 하여
전동기가 더 많은 일을 할 수 있도록 힘의 여유치를 보유 함으로,
작은 회전력 상태에서 같은 유효전력 (Active Power)을 소모하게 되어, 에너지 보존의 법칙에 준한 소비전력(kw)은
전동기 회전수의 3승에 비례한다는 적용논리에 근거하여 15~40%대의 높은 전기에너지를 절약하게 되어있는
유일의 제어방식이라 하겠습니다.