

무정전전원장치 (U P S) 및 축전지용량 선정과 발열량 산출 방법 (예)

- I . 무정전전원장치(UPS)의 용량산출(예)
- II . 축전지(BATTERY)수량 및 용량산출(예)
- III . UPS의 발열량 계산(예)

(주) 뉴피에스

NEW POWER SYSTEM Co., Ltd.

대구 사업소 : 대구광역시 북구 호국로 33(산격동)
경기 사업소 : 경기도 안성시 공도읍 기업단지로 10
울산 사업소 : 울산광역시 북구 진장유통로 16 A-1003호
http / E-mail : www.newps.kr / upsavr@hanmail.net

대표전화 : 1600-5421

I . 무정전전원장치 용량계산과 선정

전산, 정보, 통신시스템이나 반도체제조설비 등 정밀 설비에는 무정전으로 일정한 전원공급이 가능한 무정전전원장치가 요구되고 있으며 무정전전원장치(UPS)의 용량은 실제 사용되고 있는 부하 용량 이상으로 설정하지 않으면 안되는 것은 물론이지만 부하의 기동시에 발생하는 돌입 전류나 부하특성과 허용전압안정도 및 향후 추가될 수 있는 부하용량에 대하여도 검토할 필요가 있다.

특히, 정지형무정전전원장치(Static UPS)에는 부하에 공급할 수 있는 전류의 한계치가 있으므로 기동시 발생하는 돌입전류에 주의하여 용량선정을 하여야 된다.

이 제한된 전류 값을 초과할 경우에는 장치와 설비를 보호하기 위해서 예비전원(상용전원)으로 무순단 절체 된다.

또, 이 제한된 한계치는 일반적으로 정격 전류보다 그다지 크지 않는 것이 대부분이나 부하 설비에 따라 특성이 다양하므로 UPS용량 선정은 충분히 검토되어야 한다.

지나치게 기동전류가 큰 경우에는 경제성을 고려하여 한류기동이나 기타의 방법으로 UPS 용량증가를 피하는 방법도 있다.

이상을 종합하면 UPS용량 선정 시에는 아래 사항을 검토해야 한다.

- a) 부하 용량을 충분히 만족할 것.
- b) 부하의 기동전류는 UPS 출력 한계치를 초과하지 않을 것.
- c) 순차 기동할 경우에는 나중에 투입하는 부하의 기동 전류에 의해 UPS출력 한계치와 먼저 투입된 부하의 전압허용치를 초과하지 않을 것.
- d) 향후 부하용량의 증가를 고려할 것.
- e) 가능한 한 Maker의 표준 용량으로 선정할 것.

1. UPS의 용량계산시 참고사항

가. 부하용량

$$1) \text{ 3상 부하 } P = \sqrt{3} \times E \times I \text{ [VA]}$$

$$2) \text{ 단상부하 } P = E \times I \text{ [VA]}$$

E : 선간전압[V]

I : 정격전류[A]

나. 수용률

부하가 복수의기기로서 구성되는 경우 부하특성상 동시에 운전되는 경우가 없는 중·대형부하의 경우는 수용률을 고려하여 적정용량이 산출되게 하여야 한다.

1) 부하의 설비용량 합이 100KVA이상 될 경우에는 부하는 부하의 운전특성을 검토하여 수용률 (80~100%)을 고려하여 적정용량이 산출되게 하여야 한다.

(100KVA 미만은 100% 적용)

2) 통신용 부하는 수용률 100%를 적용한다.

다. 고조파 전류의 영향

1) 무정전전원장치의 경우 다른 전원기기와 달리 고조파전류에 의하여 출력전압 파형이 일그러지기 때문에 용량의 여유를 두고 설비를 계획한다.

2) 여유계수는 부하의 특성을 고려하여 3상 부하에서 1.2~1.4, 단상 부하에서 1.3~2.0의 여유를 고려하며, 저항부하, 리액터부하 등 선형부하가 대부분인 경우는

여유계수를 작게, 비선형 부하인 정류부하가 많은 컴퓨터 응용기기 등은 여유계수를 크게 적용한다.

라. 부하 불평형률

- 1) 3상 출력의 무정전 전원장치에 단상부하와 3상부하가 혼용된 경우는 부하불평형률이 가능한 20% 이내가 되도록 하여야 한다.

$$\text{※부하 불평형률} = (\text{선전류최대치} - \text{선전류최소치}) / \text{선전류} \times 100\%$$

- 2) 이 때의 무정전전원장치 소요용량 산출을 위한 부하용량은 최대수용 상(Phase) 부하용량의 3배 용량이 된다.

마. 기동 돌입 전류

- 1) 부하 기동시의 돌입전류를 포함한 피크 전류와 지속시간이 무정전전원장치 과부하 내량 허용치 이내이어야 한다.
- 2) 순차 기동할 경우에는 나중에 투입되는 부하의 기동전류에 의해 UPS출력 한계치와 먼저 투입된 부하의 전압허용치를 초과하지 않아야 한다.

바. 과도전압변동

무정전전원장치의 출력전압 변동은 부하급변 50~100%에서 $\pm 5\%$ 정도이고, 컴퓨터 응용기기의 허용전압변동률은 일반적으로 약 $\pm 10\%$ 이내 이므로 무정전전원장치 출력 전압변동을 $\pm 5\%$ 로 억제되나 부하 급변용량이 무정전전원장치 정격용량의 50%이내가 되도록 부하용량을 분산 순차 공급한다.

사. 기동 돌입전류의 제한

- 1) 기동 돌입전류의 억제는 무정전전원장치의 용량결정에 중요한 사항이므로 기동 돌입전류가 큰 부하는 그 억제 대책을 검토하여야 한다.
- 2) 억제책으로는 부하의 순차투입으로 기동이 중첩되지 않도록 하는 방법, 예비전원(상용 바이패스)기동이나 필터 등 가능한 여러 가지 방법을 검토하여야 한다.

아. 부하 역률

- 1) 부하에 공급 가능한 유효전력의 최대치는 무정전전원장치 제작사의 설계된 출력 역률에 관계되므로 부하역률이 출력측 설계역률보다 낮을 경우에는 이에 대한 무정전전원장치 용량증가를 검토하여야 한다.
- 2) 부하에 공급 가능한 유효전력의 최대치는
(kW) = 출력용량 (KVA) × 출력정격 역률(pF)
- 3) 부하 역률 향상을 위한 전력용 콘덴서를 부착할 경우는 무정전전원장치 제작사의 기술자와 충분히 검토하여 부착 위치를 결정하여야 한다.

자. 향후 부하증가에 대한 설계

장래 부하에 대한 여유 용량은 특별한 경우를 제외하고는 시설계획에 의해 Y + (2~3)년의 용량을 반영하여 설계한다.

차. 분산설치방식과 집중공급방식의 검토

- 1) 무정전전원장치는 수·변전장치를 설치한 전력공급 실에 집중공급방식으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 경제성, 배선공사의 난이도, 부하기기의 배치상태 등 집중공급방식이 불리한 경우는 비교 검토하여 분산설치방식으로 설치할 수 있다.

2. 무정전전원장치의 소요용량의 결정

가. 정상용량의 산정

설계 및 부하특성 조건들을 종합 검토하여 아래의 산출된 용량으로 무정전전원장치의 소요용량을 결정한다.

$$Pr \geq \alpha\beta(Pk + Pt)$$

Pr : 무정전전원장치 소요용량(KVA)

α : 부하의 수용률(0.7~1)

β : 고조파 전류에 의한 여유계수(1.1~1.3)

Pk : 부하용량 총합

Pt : 시설계획에 의한 차후 증설 부하

나. 과전류 내량을 고려한 용량산정

$$Pr \geq (Pk + Ps)v$$

Pr : 무정전전원장치 소요용량(KVA)

Pk : 부하용량총합(출력용량의 합) (KVA)

Ps : 최대돌입용량(기동되는 부하의 정격용량을 제외한 순수 돌입용량)

r : 용량 저감율 {부하 전류의 파고율(2.5) / UPS허용 파고율(1.75)}

v : 과부하 내량 계수(1.2~1.5)

※ 용량저감율 r ≒ 과부하내량계수 v

파고율(Crest Factor) = 피크값 / 실효값

다. 기동돌입전류 용량을 고려한 용량산정

$$Pr \geq \frac{Ps_r}{0.5_r} + (Pk + Pt)$$

Ps : 최대돌입용량(기동되는 부하의 정격용량을 제외한 순수 돌입용량)

라. 부하용량 Pk = 100KVA 일 때 UPS 용량선정의 예

㉠ $Pr \geq 0.9 \times 1.25(100 + 20)$ (α=0.9, β1.25, Pt=20KVA, Ps=25KVA,) ≒ 135 [KVA]

㉡ $Pr \geq (100 + 25) \times 1.4$ ≒ 175 [KVA]

㉢ $Pr \geq 25/0.5 + (100 + 20)$ ≒ 170 [KVA]

- 상기 세가지 조건을 만족하는 용량은 187KVA이므로 UPS의 용량설계구조상 200KVA를 선정하거나 최소 135KVA용량보다 큰 150KVA용량으로 선정하여야 한다.

무정전전원장치의 용량산정(예)

• 부서별 전산장비 사용량

가) 0000 사업부 장비내역

구 분	장비내역	단위 용량	합 계	비 고
무 역 부	7대	500VA	3,500	PC 1SET당 최대 800VA 사용시 평균 소모량 PC 300VA 모니터 80VA 프린터 120VA
홍보디자인실	5대	500VA	2,500	
경영 기획팀	6대	500VA	3,000	
영 업 부	18대	500VA	9,000	
경 리 부	6대	500VA	3,000	
				소계 21,000

나) 0000 사업부 장비내역

구 분	장비내역	단위 용량	합 계	비 고
영 업 부	9대	500VA	4,500	
총무경리	7대	500VA	3,500	
전략 1팀	6대	500VA	3,000	
전략 2팀	7대	500VA	3,500	
전략 3팀	4대	500VA	2,000	
				소계 16,500

다) 기타 통신 사무설비

구 분	장비내역	단위 용량	합 계	비 고
SERVER	2대	800VA	1,600	
통신장비	1SET	1,000VA	1,000	
교 환 기	1SET	4,000VA	4,000	
				소계 6,600

라) 전체부서별 총사용량 $P_k = 가 + 나 + 다 + Pt = 44,100VA$

• UPS 용량선정

- 가) 산출식 : $Pr > \alpha \times \beta \times r \times P_k + Pt$
 『 Pr : UPS용량, α : 수용률(0.8~1), β : 여유율(1.2)
 r : {부하 전류의 파고율(2.5) / UPS허용 파고율(1.75)}
 P_k : 부하용량 총합, P_t : 향후증설 부하용량 』

나) UPS용량계산은 $Pr = 0.9 \times 1.2 \times 1.42 \times 44,100 + Pt = 67,632VA$ 이므로
 UPS설계 구조상으로 계산용량보다 큰 75KVA를 선정한다.

II . 축전지 수량계산과 용량선정

축전지의 용량은 방전전류, 방전시간, 허용되는 최저전압(방전 중지전압), 축전지의 온도 등에 의하여 결정된다.

방전 중지전압은 UPS장치의 역변환(Inverter)의 출력을 정해진 범위내로 유지하기 위해서 필요한 최저전압을 축전지의 직렬 계수로 나눈 값이 된다.

축전지 액의 온도는 축전지의 주위온도를 결정한다. 축전지는 화학반응을 이용한 제품이므로 온도에 의한 영향이 대단히 크다.

(연축전지는 1℃ 변하는데 약 1%의 용량의 변화하며 과충전 및 수명에 영향이 크다.)

낮은 온도를 지정하면 용량이 크게 되어 비경제적인 경우가 있으므로 주의하여 설계하여야 한다.

일반적으로는 25℃를 표준으로 하지만 냉한지에서는 -5℃ 등을 기준 온도로 한다.

다음에 용량의 계산식과 예를 소개한다.

a) 방전전류의 계산

$$I = \frac{Po \times 10^3 \times Pf}{ef \times ns \times inv.ef \times k} \text{ [A]}$$

여기서

Po : UPS 장치의 출력(KVA)

Pf : 부하역률

ef : 방전중지저압(V/CELL)

ns : 축전지의 직렬 개수

inv.ef : Inverter의 역변환(직류-교류)효율

k : Inverter의 부하율에 의해서 결정되는 효율

저감율(병렬운전의 경우와 예비기를 합해서 병렬운전을 할 때는 통상 부하율은 100%로 하지 않는다.)

b) 용량 계산

$$C = \frac{1}{L} \times K \times 1(\text{AH})$$

K : 축전지의 종류, 액 온도, 중지전압, 방전시간 등에 의해서 결정되는 값으로 축전지 제조사에서 용량환산계수라고 부르는 K Factor 곡선의 값을 이용하거나 제시된 표를 적용한다.

I : a)에서 계산된 방전전류

L : 축전지의 성능은 세월이 지나면 감퇴되기 때문에 수명 말기에는 용량이 저하되어 이것을 보상하기 위한 값으로 보수율 이라고 하면 통상 0.8로 한다.

• 축전지 용량 및 수량 산출(예1)

가. 계산에 필요한 기본적인 규격

- 1) 부하 용량 : 150KVA
- 2) 출력 역율 : 0.8 Lag
- 3) Inverter 효율 : 94%
- 4) 직류 정격 전압 : 360V(2V/CELL)
- 5) 직류 최저 전압 : 315V(1.75V/CELL)
- 6) 정전 보상 시간 : 30분

나. 축전지 수량 및 직류 최대 방전 전류

- 1) 축전지 수량

$$\text{CELL} = \frac{\text{직류 정격 전압}}{\text{축전지 1 CELL당 정격전압}} = \frac{360}{2} = 180\text{CELLS}$$

- 2) 직류 최대 방전 전류

$$I (\text{MAX}) = \frac{\text{부하 용량} \times \text{역율}}{\text{인버터 효율} \times \text{직류최저전압}} = \frac{150,000 \times 0.8}{0.94 \times 315} = 405.3\text{A}$$

다. 축전지 용량 산출

축전지 제조사에서 제공되는 표를 참조하거나 방전시간에 대한 용량 환산계수 (K Factor 곡선)를 참조 바람.

첨부 - 축전지제조사의 용량산정 표

라. 축전지 선택

축전지 제품의 종류와 특성이 다양하므로 필요한 특성의 제품을 선정 한다.

- 1) 축전지 종류 : 무보수무누액밀폐형
- 2) 용량 : 2V 500AH
- 3) 수량 : 180Cells

• 축전지 용량 및 수량 산출(예2)

가. 계산에 필요한 기본적인 규격(예)

- 부하용량 : 20 KVA
- 역률 : 0.8 LAG
- 인버터 효율 : 90 %
- 방전 중지 전압 : 10.5 V
- 직렬 CELL 수 : 20 EA
- 사용온도 25℃
- 방전시간 30분

나. BATTERY 전류

a)계산식

$$I = \frac{Po \times 1000 \times Pf}{ef \times Ns \times Inv.ef} \quad (A)$$

$$I = \frac{20 \times 1000 \times 0.8}{10.5 \times 20 \times 0.92} \quad \approx 83 \quad (A)$$

여기서

- Po : UPS 출력의 피상전력(KVA)
- Pf : 부하역률
- ef : 축전지의 중지전압
- Inv.ef : 인버터의 효율
- K : 축전지의 종류, 중지전압, 방전시간 등에 의해서 결정되는 값으로 용량환산 계수라고 부르는 축전지 MAKER에서 제출된 특성 COVER값을 적용한다.
- I : a)에서 계산된 방전전류

다. 축전지 용량 산출

축전지 제조사에서 제공되는 표를 참조하거나 방전시간에 대한 용량 환산계수 (K Factor 곡선)를 참조 바람.

$$C = K \times I \quad (AH)$$

첨부 - 축전지제조사의 용량산정 표

라. 축전지 선택

이때 사용되는 축전지 용량의 선택은 축전지 제조사에서 제공되는 도표 상에서 실제 계산된 AH수에 근접한 용량으로 한다.

(축전지 제품의 종류와 특성이 다양함으로 필요한 특성의 제품을 선정함)

- 1) 축전지 종류 : 무보수무누액밀폐형
- 2) 용량 : 12V 100AH
- 3) 수량 : 20 Cells

III. UPS 발열량 계산법(예)

UPS의 발열량은 UPS 용량에 의한 손실로서 좌우되며 계산법은 다음과 같다.

가. 계산에 필요한 기본적인 규격

계산식

$$Q = C \times PF \times [(1-EFF) / EFF] \times 860$$

Q : 발열량
C : UPS 용량 (KVA)
PF : 역률
EFF : 종합효율

나. 계산 예를 들면

$$\begin{aligned} C &: 50\text{KVA} \\ PF &: 0.8 \\ EFF &: 90\% \\ Q &= 50 \times 0.8 \times [(1-0.9) / 0.9] \times 860 \\ &= 3822 \text{ (KCAL/H)} \end{aligned}$$

즉, 발열량은 손실 \times 860 Kcal/H와 동일하다.

• 축전지 용량 및 수량 산출

가. 계산에 필요한 기본적인 규격(예)

- 부하용량 : 80 KVA
- 역률 : 0.9 LAG
- 인버터 효율 : 96 %
- 방전 중지 전압 : 10.5 V
- 직렬 CELL 수 : 36CELLS
- 사용온도 25℃
- 방전시간 30분

나. BATTERY 전류

a) 계산식

$$I = \frac{Po \times 1000 \times Pf}{ef \times Ns \times Inv.ef} \quad (A)$$

$$I = \frac{80 \times 1000 \times 0.9}{10.5 \times 36 \times 0.96} \quad \approx 198 \quad (A)$$

여기서

Po : UPS 출력의 피상전력(KVA)

Pf : 부하역률

ef : 축전지의 중지전압

Ns : 축전지 수량

Inv.ef : 인버터의 효율

K : 축전지의 종류, 중지전압, 방전시간 등에 의해서 결정되는 값으로 용량환산 계수이라고 부르는 축전지 MAKER에서 제출된 특성 COVER의 값을 적용한다.

I : a)에서 계산된 방전전류

다. 축전지 용량 산출

축전지 제조사에서 제공되는 표를 참조하거나 방전시간에 대한 용량 환산계수 (K Factor 곡선)를 참조 바람.

$$C = K \times I \quad (AH)$$

첨부 - 축전지제조사의 용량산정 표

라. 축전지 선택

이때 사용되는 축전지 용량의 선택은 축전지 제조사에서 제공되는 도표 상에서 실제 계산된 AH수에 근접한 용량으로 한다.

(축전지 제품의 종류와 특성이 다양하므로 필요한 특성의 제품을 선정함)

- 1) 축전지 종류 : 무보수무누액밀폐형
- 2) 용량 : 12V 200AH
- 3) 수량 : 36 Cells

- UPS 용량선정

가) 산출식 : $P_r > \alpha \times \beta \times r \times P_k + P_t$

『 P_r : UPS용량, α : 수용률(0.8~1), β : 여유율(1.2)

r : {부하 전류의 파고율(2.5) / UPS허용 파고율(1.75)}

P_k : 부하용량 총합, P_t : 향후증설 부하용량 』

나) UPS용량계산은 $P_r = 0.9 \times 1.2 \times 1.42 \times 20,520 + P_t = 67,632VA$ 이므로
UPS설계 구조상으로 계산용량보다 큰 75KVA를 선정한다.