

비상용 전원의 구성과 전력 변환기에 관한 연구

전중함*

대구보건대학

The Study of Emergency Power System with Power Converter.

Jung-ham Chun

Deagu Health Collage

I. 서론

사회가 점차 산업화 되어감에 따라 전력수요가 급증하며 전력의 중요성도 함께 상승한다. 또한 재해의 발생 빈도와 그 규모가 커져가는 현실에서 비상시 전력관리가 중요한 과제로 떠오른다. 물론 상용전원의 신뢰가 무엇보다 중요하다하겠으나 재해와 재난에 대비하는 것은 한계가 있어 무엇보다 비상전력에 대한 관심을 가지게 된다. 비상전원을 필요로 설비는 그 중요도와 성질에 따라 교류부하는 물론 다양한 직류부하의 증가 양상을 보인다. 교류전력은 소전력 비상조명전원과 대전력의 비상동력원 및 정밀급 무정전전원(UPS)이 소요되며 직류전력은 축전지설비에서 공급되는 복잡성을 띠게 된다. 교류비상전원은 비상발전기가 부담하고 있으나 무정전전원의 전력원은 전력용 역변환기(Inverter)에 의존하게 된다.

전력변환기는 전력용 반도체의 발달로 대용량이 가능해 졌지만 경제적 측면은 물론 신뢰성이나 안전성 면에서도 용량을 최소화 하여야 한다. 변환기의 용량을 줄이려면 무엇보다도 건축 시설물의 전력 시스템을 종류별로 구분하여 산재해 있는 비상전원 및 예비전원을 일괄 관리하는 형태의 전력 시스템을 구성하도록 하는 것이 중요하다. 변환기의 역할별 용량은 우선 비상전원의 분산과 독립으로 인한 다양한 형태를 단순화하고 정상시에는 상용교류전원으로 부터 전력을 순변환하는 컨버터로서 동작하여 축전지설비의 유지와 정상시 직류전원 전력을 공급한다. 비상시에 축전지 설비에 저장된 에너지를 역변환하는 인버터로서 작동하게 하여 무정전 전원장치에 정전 없이 에너지를 공급하여야 한다. [1], [9]

본고에서는 가역전력변환기를 가진 비상전원 구성을 보여 주며, 가역전력 변환기로서의 기존 다중 권선 Multi Level Converter의 특성을 고찰하고 그 특성의 문제점을 발견하고 새로운 방식의 변환기를 제시 한다. 새로이 제안하는 변환기는 기존의 절연특성을 가지면서 스위칭소자의 구동방법이 매우간단하다. 능동 전력 스위치 소자로만 만들어진 변환기에 비하여 순시 중부하에 강하며 동일 스위칭소자를 순변화 역변환에 모두 사용할 수도 있고 노이즈에도 매우 강한 내력을 갖는 장점이 있다. [10], [15]

II. 비상전원의 구성

1. 비상전원의 분류

화재나 지진 등의 재난에서의 비상전원을 관계법규에 의하여 요구되어 질 뿐만 아니라, 산업의 발달이 요구하는 것은 기술은 기술규정 보다 훨씬 많은 연구와 검토사항을 요구하고 있다. 비상전원을 필요로 하는 경우를 보면, 교류비상부하와 직류 비상부하를 나누어지며 또한 경부하와 중부하로 나뉘어진다. 형광등을 사용한 비상등, 유도등과 같은 조명설비와 방송설비, 보안경보설비와 같은 경부하 설비가 있고, 비상발전기에 의존하는 중부하 설비인 소방용 엘리베이터, 소방용 가압송수 장치 등이 있다.

직류비상부하로서는 유도등, 유도라인, 경보장치, 비상방송설비등 중요한설비가 있다. 규정에 의한 비상전원을 요구하는 부하로서는 화재경보설비, 자동화재 탐지설비, 비상경보설비, 비상방송설비, 유도등설비, 비상조명등 설비, 제연설비, 연결송수 가압펌프, 비상콘센트 설비, 무선통신 보조설비등이 있다.

- 1) 상용전력원은 대부분 전력회사로 부터 공급받으며 전기의 질은 전적으로 공급자에 의존하며 소비전력의 대부분을 차지한다.
- 2) 비상전등전원은 상용전원의 정전으로 인한 비상발전기의 가동과 동시에 필요부가결한 비상조명용 전력원이다. 주로 단상으로 공급하며 대피활동 등을 위한 최소 조도 이상을 요구한다.
- 3) 비상동력전원은 상용전원이나 비상발전기로 부터 전력을 공급 받으며 비교적 높은 동력이 필요하다. 수분 내지 십수분 정도의 정전을 감안해야 한다. 부하로서는 비상용 엘리베이터 또는 가압송수장치 또는 배연설비 등이다.
- 4) 무정전전원은 수 mS 이내의 정전을 허용하지 않는 전원으로 주로 중앙감시반이나 방재실 보안정보유지를 위한 컴퓨터실 전원내 해당한다.
- 5) 축전지설비등으로 공급되어지는 직류 전원은 직류상용전원과 직류 비상전원으로 나누어지고 직류상용전원은 비상발전기 기동장치 또는 방송통신에 공급되며 직류비상전원은 비상구 유도등, 방송통신, 비상조명 장치류에 공급된다.

2. 변환기를 사용한 비상전원의 구성

가역 전력 변환기를 사용한 비상전원 구성을 제안하고 전력의 부담(負擔)식을 나타낸다. 전력의 대부분 상용전력원으로 사용되며, 상용부하로서 비상시에 전력 공급을 필요로 하는 동력과 조명등과 무정전전원, 축전지설비의 유지와 직류상용전원 설비가 있다. 비상전력은 비상발전기와 축전지설비로서 비상 발전기는 비상동력과 피난을 위한 비상전등전원 그리고 무정전전원에 공급되며 축전지설비 유지와 직류전원의 비상부하에 공급되어져야 한다. 축전지 전원 설비에 축적되어 있는 에너지는 직류비상전원에 공급되어지며 가역전력변환기의 역변환 동작으로 무정전 전원장치에 공급되어 지게 된다. 이때 전력 변환기는 컨버터효율과 인버터 효율을 순변환 혹은 역변환에서 각각의 설계값에 고려하여야 한다. 가역변환기의 중요한 특성으로는 무정전전원의 정전시간이고 원활이 절체 되어야만 무정전 전원으로서의 구실을 할 수 있다. 비상시에 중요시설 자료가 소실되거나 정보전달에 장애를 유발 하여서는 안 된다.

이에 각각의 전원의 Bus를 나타내보면 AC/상용전력원, eg/비상전등전원, eAC 비상동력전원, UPS/무정전전원, bDC/직류전원으로 그림1.에 나타내고 계전기는 절체 시퀀스를 이해하기 쉽게 표현한다.

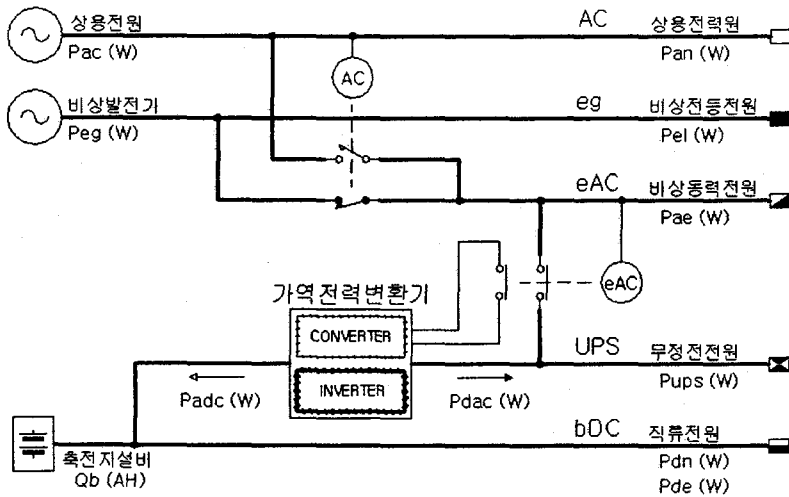


그림 1. 가역전력변환기를 사용한 비상전원의 구성
 Fig. 1. Emergency Power System with Reversible Power Converter

3. 전원용량계산

상용전원의 부담용량 $P_{ac}(W)$, 비상발전기의 부담용량 $P_{eg}(W)$, 교류상용부하의 용량 $P_{an}(W)$, 비상전등부하의 용량 $P_{el}(W)$, 비상동력전원용량 $P_{ae}(W)$, 무정전 전원전원용량 $P_{ups}(W)$, 가역변환기 컨버터출력 $P_{dc}(W)$, 순변환 효율 η_c , 변환기 인버터 출력용량 $P_{dc}(W)$, 역변환 효율 η_i , 축전지설비용량 $Q_b(AH)$, 상용직류전원 용량 $P_{dn}(W)$, 비상직류전원 용량 $P_{de}(W)$, 직류전원의 공칭전압 $V_{dc}(V)$ 로 표현될 때 상용전원의 부담 용량은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{ac}(W) \geq P_{an} + P_{ae} + P_{ups} + P_{dc} \times \frac{1}{\eta_c} \quad (1)$$

비상발전기의 용량은 식(2)를 만족해야 한다.

$$P_{eg}(W) \geq P_{el} + P_{ae} + P_{ups} + P_{dc} \times \frac{1}{\eta_c} \quad (2)$$

또한, 변환기 인버터 출력용량은 식(3)을

$$P_{dc}(W) \geq P_{ups}(W) \quad (3)$$

가역변환기 컨버터출력은 식(4)를 만족해야 하고

$$P_{dc}(W) \geq P_{dn} + \frac{Q}{10} \times V_{dc} \quad (4)$$

여기서, $\frac{Q_b}{10} \times V_{dc}$ 는 축전지설비의 축전지를 10시간 방전율로 충전할 때의 충전전력 (W)이다. 축전지의 용량 $Q_b(AH)$ 은 식(5)과 같다.

$$Q_b(AH) \geq \frac{1}{V_{dc}} (P_{de} \times T_e + P_{dac} \times T_{ups} \times \frac{1}{\eta_i}) \quad (5)$$

여기서, $T_e(H)$ 는 비상시 직류전원 공급예상시간이고, $T_{ups}(H)$ 는 무정전전원 공급예상시간이다.

III. 전류형 가역전력변환기

1. 권선의 순시제어

직류측에 인덕터가 직렬로 접속되어지는 전류제어 컨버터는 전류의 방향에 따라 인버터로서 동작 할 수 있다. 기존의 멀티레벨컨버터 새로운 가역전력변환기는 단권 다중 탭 (Tap)에 의한 다중레벨제어 방식이며 이 변환기의 원리를 그림 2.에 보인다.

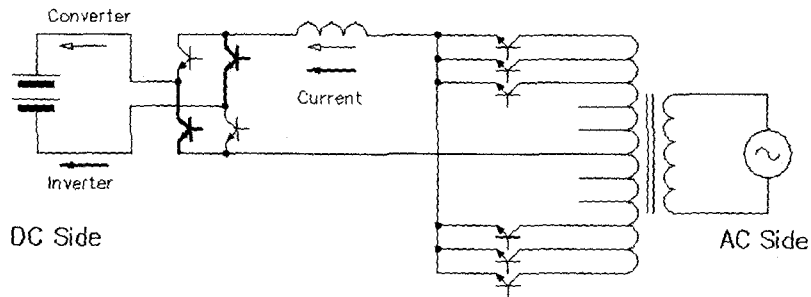


그림 2. 새로운 가역 전력변환기
Fig. 2. A New Reversible Power Converter

이상적인 변압기의 관계식을 나타내면 식(6)이 되고

$$i_1 = -\frac{N_2}{N_1} i_2 = -\frac{1}{a} i_2 \quad (6)$$

여기서 i_1, i_2 은 각각 변압기의 1차와 2차권선의 전류 순시치이며 N_1, N_2 는 각각 변압기의 1차 2차 권선수이다. 즉 1차 전류는 2차전류에 종속되어 있다. a 는 $a=N_1/N_2$ 로서 권수비이다. 그림에서 사용하는 변압기는 양방향으로 사용하는 변압기이고 교류측과 직류측으로 구분한다. 직류측은 다수의 Tap 구조를 갖고 있다.

식(6)에서 직류측 권선수를 순시제어 하도록 순시값 n_s 로 표현하고 직류측 평균 전류를 I_s 라고 표현하면 식(7)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 i_0 는 교류측 전류 순시값이며 이 값은 n_s 와 I_s 에 종속된다. n_s 값을 교류측 전원 전압과 동기 시켜제어 하면 전류가

순시값에 추종하여 항상 단위역율을 갖게 되는 가역 전력 변환기를 구현할 수 있게 된다.

$$i_0 = -\frac{n_s}{N_0} I_s \quad (7)$$

이 식에서 직류 측 리액터의 크기를 크게 하면 전류 I_s 는 일정하게 되고 교류측 권수 N_0 가 일정하므로 교류측 전류 i_0 는 n_s 에 비례하게 된다.

2. 새로운 방식의 다중레벨 가역전력변환기

기존의 다중레벨 가역전력변환기 구조는 변압기의 다중 권선의 권선비는 인접권선과의 권수비가 2배수 혹은 1/2배수의 관계를 갖도록 구성하고 권수의 수를 늘일수록 분해능이 높아진다. 그림 3.은 다중권선에 흐르는 전류의 형태를 보여준다. 일정한 전압으로 상승하므로 90도 부근에서 펄스형 전류를 발생시키고 전류의 왜곡을 만들어 낸다. 새로운 단권 Tap형에서는 일정한 시간별로 Tap을 변화 시키는 방법을 채택 했을 때 왜곡을 줄일 수 있음을 그림4.에서 보여 준다.

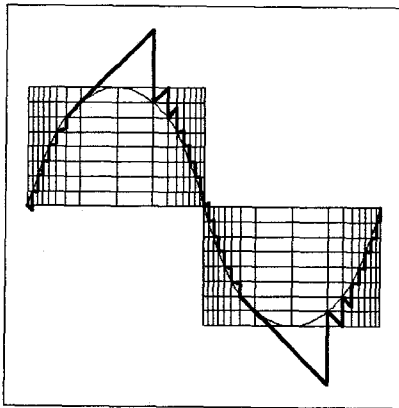


그림 3. 다중 권선 전류파형
Fig. 3. Multi Winding Current

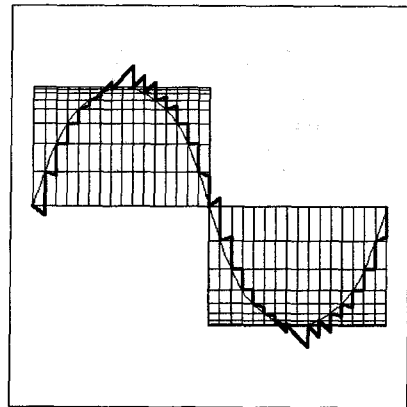


그림 4. 단권 탭에 의한 전류파형
Fig. 4. Multi Tap Current

IV. 가역 변환기의 실험 및 고찰

기존의 가역 전력변환기(Multi Level Converter)를 구성 하기위한 실험회로를 컨버터 모드에서 실시하였다. 이 실험은 개-루프(Open Loop)로 실험하였으며 4권선 변압기를 사용했으며 3V의 분해능을 가지고 있다.

각부의 파형은 4CH로 동시에 측정하고 전류계는 0.5 급(Class)를 전압은 0.3급 계측기이다. 전압 파형을 측정하기 위하여 신호 절연장치(Isolator)를 사용하였으며 전류측정을 위하여 크램프(Clamp)식 절연 프로브(Probe) 및 신호 증폭기를 사용했다.

그림 5.는 1번 파형은 모니터 파형을 나타내고 있으며 32스텝의 분해능을 보여 준다. 2번 파형 출력전류를 측정한 것이며 3번 파형은 전원전압을 보여 주고 4번 파형은 직류 출력전압으로 직류측 인덕턴스를 11mH로 하고 전원 전압파형에 가장 근접하도록 스위칭 하였을 때 출력 전압이 16.7V, 전류가 3.6A로 측정되었다. 이 그림에서 전류파형이 최대

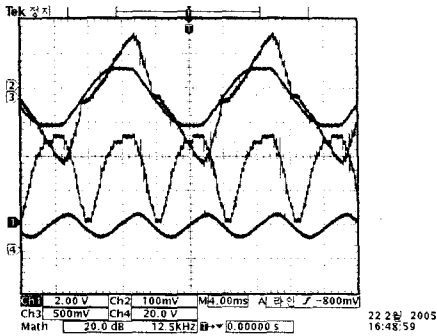


그림 5. 3.6A 16.7V 11mH 경우의 파형
Fig. 5. Waveform at 3.6A 16.7V 11mH

값 부근에서 상승하게 되는 것을 관측 할 수 있다. 그림 3.과 비교해 근사함을 보여준다.

V. 결론

본 논문에서 제안한 가역 전력 변환기를 사용한 비상전원의 구성은

1. 분산 독립된 예비전원을 일괄 공급하였다.
2. 가역 전력 변환기를 사용하여 신뢰성과 비용 절감의 효과를 얻었다.
3. 새로운 방식의 멀티레벨 전력 변환기를 제시하였다.

직류예비전원 일괄하여 비상전원으로 공급하는 방식은 복잡해진 설비의 운영체제를 간소화하는데 필요하며 가역전력변환기는 연료전지 등 대체 전원이 발달함에 따라 수요가 증가할 것으로 전망된다.

참고문헌

1. R.W.Menzies, "ADVANCED STATIC COMPENSATION USING A MULTILEVEL GTO THYRISTOR INVERTER", IEEE'94 Tran Power Delivery Vol.10, no.2, April 1995
2. Kimura, Matsumoto, Morizame, Taniguchi, "Control strategy for multilevel converter applied for electric power system", 7th Application Proceeding, pp85-288
3. Bakari Mwinyiwiwa, "Multimodular Multilevel Converters with Input/Output", IEEE Tran Vol.33, No.5, Sep 1997.
4. 大西徳生, "多機能高品質單相PWM制御電源", IEE Japan, Vol. 115-D, No.1, 1995
5. 松本 晃, 木村 紀之, 森實 俊充, 谷口 勝則, "二重化マルチレベル変換器の分壓コンデンサ電壓特性解析", 電氣學會研究會資料, SPC-98-10
6. 奥井 芳明, 水野 勉, 山田 一, "單相降壓チョッパを多重化した三相高力率コンバータの過変調特性", 電氣學會研究會資料, SPC-97-37, 1997
8. 안일매, 전중함, 이영호, 서기영 이현우, "단상 다중 조합제어 멀티레벨 컨버터의 해석과 시뮬레이션", 대한전기학회 춘계학술발표대회 논문집, pp.355- 357, 1999.11.20
9. 박성우 전중함, 이현우, "M소자 2^M 레벨 컨버터의 고조파 비교분석", 전력전자학회 정기총회 및 발표대회 논문집, pp.227-230, 1999.11. 27.
10. 박외철 외5 "최신소방설비" 도서출판 동화기술 1999.8.1
11. 조규관, 전중함, 전우철 "전기소방설비설계" 도서출판광명 2002.3.5
12. 김현우 외5 "소방전기시설론" 브레인하우스 2001.8.17
13. 전중함 "비상용 가역전력변환기의 연구" 대구보건대학 논문집 Vol.25. No. 1, Dec, 2005
14. 전중함 "전류제어형 AC-DC/DC-AC 전력변환기에 관한연구" 산학연논문집 제5권 제1호 2005.3
15. 전중함 "멀티레벨 컨버터의 Feedback 제어에 대한 연구" 대구보건대학 논문 제23집, 2003.12