

V.V.V.F와 전동력 응용



에너지자원기술
개발지원센터
전기1팀장 고요

1. 개요

인버터에 의한 농형유도전동기의 제어는 1970년대에 이르러 실용화 되기 시작했다. 처음에는 농형유도전동기의 가변속운전이 목적이었다. 이 시기의 대부분이 인버터는 가변전압·가변주파수(VVVF)장치라 불린 것에서 알 수 있듯이, 전압(V)과 주파수(f)의 비를 일정하게 제어하는 V/f 제어이고, 전동기 제어장치로서가 아니고 전원장치로서 위치를 대부분 차지하고 있었다. 또, 전동기 제어보다도 SCR의 전류회로등, 인버터 자체의 개량이 주로 이루어졌다. 1970년대 후반이 되면서 인버터에 적용할 수 있는 파워트랜지스터가 개발되고, 다음으로 전압형 PWM인버터가 제품화되었다. 같은 시기에, 유도전동기의 토크를 직류기급으로 제어할 수 있는 슬립주파수 제어방식의 벡터제어가 제안되었다. 이 두 개의 기술이 연결되어서 벡터 제어방식의 PWM 인버터가 개발되고, 종래의 직류기 구동의 시스템이 이 시기에 교류화 되어 오늘에 이르고 있다.

1990년대에는 농형유도전동기의 인버터제어가 비약적으로 증대했다고 생각된다.

종래의 V/f 제어와 벡터제어 사이를 보충해주는 속도 센서리스 벡터제어가 금후 인버터제어의 열쇠로서 주목을 받고 있다.

2. 전동기의 특성

가. 유도전동기의 기본 특성

전동기의 회전수, Stator와 Roter 사이의 자속, Torque 출력 등은 Motor의 Slip에 대해 대략 다음과 같은 수식으로 표시된다.

회전수

$$N = 120 \times \frac{f}{P} \times (1 - S) \dots\dots\dots (1)$$

자속

$$\Phi = K_1 \times \frac{V}{f} \dots\dots\dots (2)$$

전류

$$I = K_2 \times \frac{V}{f} \times S_r \dots\dots\dots (3)$$

Torque

$$T = K_3 \times \left(\frac{V}{f}\right)^2 \times S_f \dots\dots\dots (4)$$

출력

$$PW = K_4 \times V \times I \dots\dots\dots (5)$$

P : 전동기 극수 f : 주파수
S : Slip V : 전압
Sf : Slip 주파수 K_{1-4} : 정수

식 (1)에서 회전수(N)를 변화시키려면 주파수(f), 극수(P) 또는 Slip(S)를 변화시키는 속도제어방식이 1차 주파수 제어(V.V.V.F)이며 극수(P)를 변화시켜 속도 제어하는 방식이 극수변환(Pole Change) 방식으로 단계적으로 회전수를 바꾸어야 한다. 슬립(S)를 변화시키는 방식에는 1차 전압제어나 2차 저항제어, 2차 여자제어(세루비우스방식, 크레이머 방식)가 있지만 농형유도전동기에서는 2차 제어는 적용할 수 없다. 이밖에 농형유도전동기를 일정 속도로 운전하여 와전류 커플링으로써 속도 제어하는 방식도 있다. 이 와전류 커플링에 의한 속도제어방식은 유체 커플링에 의한 방식과 같은 특성을 갖는다. 식 (2)에서 유도전동기의 자속은 전압(V)에 비례하고 주파수(f)에 반비례한다. 한편 범용 Motor에서는 정격전압, 정격주파수 때 가장 적합한 자속이 되도록 설계된다. 정격때보다 자속이 큰 상태로 사용하면 여자전류가 증가해서 전동기가 과열되어 동작하지 않는 경우가 발생된다. 따라서 V.V.V.F는 V/f비가 정격전압, 정격 주파수 때의 값보다 크게 하지 않아야 한다. 주파수와 전압을 동시에 변화시켜서 V/f비를 일정하도록 제어한다. 또한, 유도전동기의 Torgue(T)는 식 (4)에서 표시된 것처럼(u/f)²에 비례하므로 V/f비가 일정하도록 제어하면

Torgue가 일정하여 즉 정Torgue 특성이 얻어지므로 전동기를 항상 효율이 좋게 운전할 수 있다.

(1) 극수 변환 방식

극수변환에 의한 속도제어방식은 고정자의 권선을 전환시켜 전동기의 극수 P를 바꿔 회전수를 변화시키는 방식으로서 불연속인 여러 단계의 속도밖에 얻을 수 없다.

(2) 1차 전압제어 방식

이 방식은 전동기의 슬립을 변화시켜 속도를 제어함으로써 슬립에 비례하여 회전자의 손실도 증대하고 회전수의 제어 범위가 넓어지면 저속시의 손실이 커져 전동기의 효율이 저하한다. 또 전동기의 냉각에도 주의를 해야 한다.

(3) 1차 주파수 제어방식

식 (1)에서 유도전동기에 인가하는 전원의 주파수를 변화시키면 회전수를 바꿀 수 있다. 이 방식을 1차 주파수 제어 방식이라 한다. 전동기의 발생 토크 T는 슬립이 작을 경우에는 식 (4)와 같이 개략적으로는 표현할 수 있다. 따라서 1차 주파수(f)를 변화시켰을 경우 전동기에 인가하는 전압 V를 주파수에 비례하여 바꿔주면 거의 정 토크 특성으로 된다. 이것을 V/f 일정제어라 한다. V/f 일정제어할 경우 저속으로 되면 전동기 권선저항이 전압 Drop의 영향으로 발생 토크가 저하하므로 저주파 영역으로 되면 전동기 단자 전압 V를 올려(Torque boost) 토크 저하를 보상하고 있다. 1차 주파수 제어는 주파수를 바꿔 회전수 제어를 하기 위해 항상 슬립이 작은 영역에서 전동기를 운전하고 있어 전동기 전류도 거의 토크에 비례하고 2차 손실도 작아 효율이 좋은 제어방식이다.

(4) 와전류 커플링에 의한 속도 제어 방식

일정한 속도로 운전하는 유도전동기에 와전류 커플링을 설치하여 와전류 커플링의 여자 전류를 바꿔 회전수 제어를 하는 방식이다. 와전류 커플링은 2개의 드럼을 조합하여 전자력으로 토크를 전달한다. 즉 여자전류를 크게하면 토크와 회전수가 증가하게 된다. 이 방식은 드럼을 슬립시켜 회전수를 제어하기 때문에 1차 주파수 제어방식에 비해 손실이 크고, 특히 저속영역에서는 슬립분만큼 열이 발생하여 손실되기 때문에 효율이 저하한다.

(5) 전동기 제어장치

유도전동기의 속도 제어하는 방법은 주파수 F, 극수P, 슬립S가 있으며, 각각의 특징 및 단점은 다음과 같다.

① 인버터(주파수 제어)

광범위, 연속적으로 속도를 제어할 수 있다.

② 사이클론 콘버터(주파수 제어)

연속적으로 속도제어를 할 수 있지만 최고 주파수는 전원 주파수의 1/2~1/3이다.

③ 플체인지(극수제어)

전용전동기가 필요하며 속도제어가 단계적으로 불연속이다. 또한 극수 전환용 개폐기가 필요하다.

④ 1차 전압제어기(슬립제어)

전동기를 High 슬립 특성으로 할 필요가 있다. 또한 저속시의 효율이 좋지 않다.

⑤ 2차 여자제어(슬립제어)

권선형 유도 전동기에만 사용할 수 있어 농형 유도 전동기에는 적용할 수 없다. 브러시의 보수 및 점검이 수시로 필요하다.

나. 범용 V.V.V.F 구성

V.V.V.F(인버터)는 교류전동기의 1차 주파수를 전압과 함께 바꿔 전동기를 콘트롤하는 방식이다. 인버터는 교류 입력 전원을 직류로 변환(AC→DC)하여 평활시킨 후 인버터부에서 임의의 주파수인 교류 전력으로 변환(DC→AC)한다. 인버터의 종류, 방식에는 여러 가지가 있지만 일반적으로 제어방식에 따라 PAM 방식과 PWM 방식이 있다.

(1) PAM 방식은 Pulse Amplitude Modulation

(펄스진폭변조)를 약한 것으로 정류부에서 직류 전압 제어를 한다. 인버터부에서는 주파수 제어만하여 전압과 주파수를 제어하는 방식인데 대용량 장비에 주로 사용하며, '80년대 초까지는 SCR이 주 소자이었으므로 이러한 방식이 사용되어졌다.

(2) PWM 방식은 Pulse Width Modulation

(펄스폭변조)를 약한 것으로 정류부에서는 제어없이 정류하여 일정 전압의 직류를 보내고 인버터부에서 주파수와 펄스폭을 변조하여 전압도 제어한다. '80년대 중반부터 Transistor의 개발로 보편화 되어져 왔으며 '90년대 들어와서 IGBT의 개발로 고주파 방식의 PWM 제어로 전동기에 고조파 전류를 최소화하여 발열을 줄이는 고속제어 방식까지 발전하게 되었다.

3. V.V.V.F에 의한 속도 제어 이점

범용 농형 유도 전동기를 가변속 운전하는 데에는 앞에서 기술한 바와 같이 많은 방법이 있지만

〈표 1〉

송풍기 · 전동기의 소비전력 특성

풍량 (%)	축동력	출 구 Damper 제어		입 구 Damper 제어		2 차 저항 제어		V.V.V.F		극수변환	
		전동기 입 력	총손실	전동기 입 력	총손실	전동기 입 력	총손실	전동기 입 력	총손실	전동기 입 력	총손실
100	100	107	7	106	6	108	8	108	8	106	6
90	72.9	103.5	30.6	84	11.1	86	13.1	79	6		
80	51.2	99.5	48.3	72.5	21.3	68	16.8	55	3.8		
70	34.3	95	60.7	68	33.7	52	17.7	38	3.7		
60	21.6	89.5	67.9	64	42.4	30	17.4	25	3.4		
50	12.5	84	71.5	60	47.5	29	15.5	15	2.5	14	1.5
40	6.4	77.5	71.1	56	49.5	21	14.6	9	2.6		
30	2.7	71	68.3	52	47.3	15	12.3	5	2.3		

※ 풍량은 전력이며, 풍량 100% 때의 축동력을 100으로 한 것임.

※ 총손실 = 전동기 입력 - 이론상 축동력

특히 범용 인버터에 의한 1차 주파수 제어는 다른 방식에 비해 여러 가지 장점이 있어 널리 사용되고 있다. 범용 인버터를 사용한 속도 제어 방식의 특징과 장점은 다음과 같다.

가. 가변속 운전이 가능

인버터만 새롭게 추가 설치함으로써 지금까지 일정 속도로 운전하고 있었던 유도 전동기를 간단히 가변속 운전할 수 있다. 종래의 전동기 운전 회로에 인버터를 추가 배선 공사를 간단히 함으로써 전동기의 교체나 설치, 기초의 변경, 개선 등의 필요성이 없어졌다. 속도제어는 인버터에 설치된 작은 다이얼이나 Digital 조작반의 Switch를 조작함으로써 쉽게 속도제어가 가능하다.

나. 광범위하고 효율적인 무단계의 가변속

전동기에 공급하는 주파수를 바꿔 가변속 운전

을 하기 때문에 1 : 10 이상의 광범위한 범위에서 연속적으로 회전수를 바꿀 수 있다. 또한 주파수를 바꿀 수 있는 속도제어 방식으로 슬립이 작은 범위에서 운전하기 때문에 운전효율도 양호하다.

다. 적은 전원 용량

인버터는 앞에 기술한 바와 같이 AC→DC→AC로 한 차례 직류 변환하기 때문에 입력 전원 역율은 전동기의 역율과는 관계없이 거의 일정하게 양호한 상태를 갖는다. 범용 인버터의 AC→DC 변환은 3상 전파 정류기가 사용되고 있는 것이 많고 입력 역율은 이론적으로는 94%로 되지만 일반적으로 콘덴서 인풋이기 때문에 이보다 약간 저하한다. 상용전원에 의해 운전할 경우 전동기를 시동할 때에는 정격의 5~6배의 전류가 흐른다. 인버터로 운전하면 주파수를 수 Hz로 떨어뜨려 시동시키므로 인버터의 입력 전원 용량이 작

아도 된다. 일반적으로 입력 전원 용량은 전동기 출력 용량의 1.5배 이하로 된다.

라. 전자적인 정·역 전환운전

상용 전원에 의해 운전할 경우 정·역 전환운전을 할 때 개폐기로 전원의 상회전을 전환시켜야 하지만 범용 인버터의 경우에는 인버터 자체로 전자적으로 정·역전환 운전이 된다. 상용 전원 운전시에 정·역 전환 운전을 하면 전원의 상회전을 전환하기 위해 시동 전류 이상의 전류가 흐를 수 있는데 범용 인버터를 사용하면 인버터 주파수를 램프 함수로써 순조롭게 저주파 영역까지 감속시킨 다음 인버터 트랜지스터 또는 IGBT의 점호각을 시퀀스로써 전환하기 때문에 상회전 전환시의 전류는 상용전원에 비해 대단히 작다.

마. 고빈도의 운전, 정지

상용 전원으로 전동기를 운전할 경우 시동시에 큰 시동전류가 흘러 시동시간에 비례한 손실이 발생하기 때문에 범용 농형 유도 전동기를 고빈도로 운전, 정지할 수 없다. 그러나 범용 인버터에 의한 운전은 저주파 영역으로 시동하여 원활한 가·감속이 이루어지기 때문에 농형 유도 전동기의 발열도 작고 고빈도의 운전·정지가 가능하다. 때문에 반송용 컨베이어, 테이블 등 전동기의 빈번한 시동 정지가 되지 않아 화물이 없을 때에도 연속 운전하고 있던 용도에 인버터를 사용함으로써 화물 반송시만 운전하도록 시퀀스를 변경하여 에너지를 절약할 수 있을 뿐 아니라 생산성의 안정을 도모할 수 있다.

바. 전기적인 제동이 가능

범용 인버터에 의한 농형 유도 전동기의 1차 주

파수를 바꿔 속도 제어를 하는 것으로 전동기의 최고회전수보다 인버터 주파수를 내리면 부하의 기계 에너지는 전기 에너지로 변환되어 인버터에 회생한다. 이 에너지는 직류 전원의 평활 콘덴서에 흡수되어 직류전압이 상승하므로 이 전압 상승을 검출하여 직류전원부에 설치한 저항으로 소비시킨다. 이 소비저항은 직렬로 스위치를 설치하여 인버터에 에너지 회생이 있었을 경우에만 동작시킨다. 이와 같이 기계 에너지를 저항으로 소비시킴으로써 발전 계통을 걸 수 있다.

사. 고속 운전이 가능

상용 전원에서 농형 유도 전동기를 운전할 경우 최고 회전수는 2POLE의 전동기를 사용하면 3600rpm(60Hz)이 되므로 그 이상의 고속운전을 하는 데에는 기계적인 증속 장치를 사용하고 있었다. 범용 인버터는 반도체 스위치를 사용하고 있기 때문에 트랜지스터 인버터에서도 수 KHz의 스위칭 주파수가 간단히 얻어진다. 고주파 용도에는 PAM 방식의 트랜지스터 인버터가 적용되며 범용 PWM 방식 트랜지스터 인버터에서도 수백 Hz의 주파수가 가능하다. 범용 인버터를 고속 전동기와 조합하여 사용하던 종래의 기계적인 증속 방식에 비해 구조가 간단해져 보수도 용이하고 효율이 좋은 운전을 할 수 있다.

아. 정토크, 정출력 특성

인버터를 사용하면 출력 주파수와 전압의 관계(v/f 특성)를 바꿈으로써 간단히 정 토크특성, 정출력특성이 얻어진다. 인버터의 출력 주파수 f 에 출력 전압 V 를 비례시켜 주고 거의 정토크 특성으로 주파수가 변화되더라도 전압을 일정하게 제

어해 주면 대부분 정출력 특성으로 된다. 금속 가공기, 목공기 등 재료의 지름에 관계없이 주속을 일정하게 가공하는 것이 많아 전동기는 정출력 특성이 요구된다. 한 예로 연마기의 스톨 구동에 인버터를 적용하는 예는 다음과 같다. 스톨이 마모되면 회전수를 올려줄 필요가 있다. 또 워크의 재질에 따라서도 최적회전수를 선택해야 하지만 인버터를 적용하면 종래의 Free 변속 방식과는 달리 자유롭게 연속적으로 회전수를 변화시킬 수 있어 연마기의 생산성을 현저하게 향상시킬 수 있다.

4. 에너지 SAVING

앞에서 서술된 것과 같이 기존 Damper제어 방식을 인버터제어로 바꿨을 때 여러가지 면에서 장점을 갖고 있지만 에너지 절약 면에서 100Kw 유도 전동기를 예로하여 설명한다.

가. INVERTER 용량 산출PM(Kw), MOTER 효율은 ηM , 역률을 $\cos\theta$, Inverter 효율을 ηV 라 하면 Inverter의 용량 P(KVA)는 여유계수를 1.05로 하여

$$P = \frac{1.05 \times PM}{\eta M \times \cos\theta} \times \frac{1}{\eta V} \dots\dots\dots (6)$$

$$= \frac{1.05 \times 100 \times 10^3}{0.94 \times 0.85} \times \frac{1}{0.95}$$

$$= 138(KVA)$$

따라서 Inverter의 용량은 140KVA로 한다.

나. Energy Saving 효과의 계산

한 예로 하루 24시간 중 사용부하가 100% 가동시간이 4시간 80% 가동시간이 4시간, 60% 가

동시간이 4시간, 40% 가동시간이 4시간, 심야로 30% 가동시간이 8시간인 경우 앞의 <표 1>를 참조하여 입구 Damper 제어할 때와 비교하여 Inverter를 사용할 때의 Saving 효과를 계산하면

(1) 입구 Damper 제어 일때의 1일 전력량

- 52kw × 8시간 = 416KWH(30%)
- 56kw × 4시간 = 224KWH(40%)
- 60kw × 4시간 = 240KWH(60%)
- 72.5kw × 4시간 = 290KWH(80%)
- 106kw × 4시간 = 424KWH(100%)
- 계 1,594KWH

(2) Inverter 제어 일때의 전력량

- 5kw × 8시간 = 40KWH(30%)
- 9kw × 4시간 = 36KWH(40%)
- 15kw × 4시간 = 60KWH(60%)
- 55kw × 4시간 = 220KWH(80%)
- 108kw × 4시간 = 432KWH(100%)
- 계 788KWH

(3) 연간 전력비

- # 입구 Damper제어
- 1,594KWH × 365일 × 47원 = 27,345,070원
- # Inverter 제어의 경우
- 788KWH × 365일 × 47원 = 13,518,140원
- # 연간 전력 절감액
- 27,345,070원 - 13,518,140원 = 13,826,930원

이상에서 설명한 바와 같이 앞의 운전 pattern에서 전력절감이 50% 정도 되는 것을 알 수 있다.

Pump나 Blower의 가변속운전을 할 경우 저속으로 운전하는 시간이 많으면 많을수록 전력비는

이에 3승에 비례하여 떨어지므로 저속운전 시간이 많을 경우에는 Saving 효과는 대단하다.

5. 범용 인버터의 특성

범용 인버터는 불특정다수의 사용자에게 대하여 에너지 절약, 자동화를 실현하는 간편한 가변속 장치로써 널리 활용되고 있다. 범용 인버터는 그 적용분야를 기준으로 분류하면 2가지로 나눌 수 있다. 그 하나는 4항에서 서술한 것처럼 에너지 절약을 목적으로 한 펌프와 블로어를 가변속 제어하는 것으로 고효율 운전을 실현하기 위한 것이고 또 하나는 일반 산업에서 전동기의 브러시를 없애는 동시에 직류기와 같은 제어를 실현함으로써 자동화를 기획하는 것이다. 따라서 용도에 따라 적절한 인버터를 선정함으로써 그 목적을 달성할 수 있다. 인버터의 제어 방식이나 주회로의 구성은 용도와 부하 종류에 따라 결정되나 가장 일반화된 Sine Wave PWM의 전압형 인버터에 대해 주요 특성 및 제어 범위에 대해 개요를 설명한다.

가. 전 원

3상 교류의 220/200V, 380/400/440V, 50/60Hz를 표준시방으로 하고 있고, 전압은 $\pm 5\%$ 가 일반적인 허용범위이다.

나. 출력 주파수

일반적으로 상용전원주파수 50/60Hz를 최고 주파수로 하여 유도 전동기를 가변속 하나 정토크 특성(v/f : 일정)으로 180Hz 정도까지 상한 주파수를 올릴 수 있다. 180Hz 이상 주파수 조정시에

는 전압은 일정하고 주파수만 상승하는 정출력 특성 형태로 360Hz까지 주파수를 높일 수 있는 경우도 있다.

다. 제어 범위

1:10~1:20으로 저속 회전이 되면 전동기의 냉각 효과가 감소되어 온도가 상승한다. 또 인버터의 출력 파형은 고조파 성분을 포함하기 때문에 그 고조파 손실에 의해서 상승하게 되어 부하 토크를 억제하는 등의 고려를 해야 한다.

라. 과부하 내량 150%가 일반적인 값이며 과부하 내량은 전동기의 시동 및 가속시에 문제가 된다. 즉 시동 토크 및 가속 토크는 이 내량에 의해서 제한을 받기 때문에 부하전류가 과부하 내량을 초과하면 과전류 차단 보호 장치가 동작하여 인버터를 정지시킨다. 따라서 정지마찰 토크가 큰 부하나 가속 시간을 짧게 할 필요가 있는 용도일 경우에는 인버터 용량을 1단계 올리는 등의 고려를 해야 한다. 그리고 시동 토크는 시동주파수에 의해서 변화한다.

마. 효 율

장치효율 특성은 정격부하, 정격 주파수에 가까워질수록 효율이 양호해지며 정격동작시 용량에 따라 다소 차이는 있지만 85~90% 정도이다.

바. 응답속도

응답속도의 차이는 벡터 제어의 유·무에 따라 차이가 크다. 벡터 제어가 있는 인버터의 경우

$Wc > 10 \sim 15$ 가 얻어지고 있어 직류기의 제어와 같은 형태 제어가 가능하게 된다. 일반적인 인버터에는 벡터 제어가 없는 형태다.

사. 제어 정밀도(주파수)

최고 주파수의 $\pm 0.5\%$ 정도가 일반적이다. 범용 인버터는 상용 전원 주파수에서의 운전은 기본으로 하고 있고, 그밖의 용도 방사, 연마기 등에서는 고정밀을 필요로 한다.

6. 섬유기계에서의 인버터

가. 섬유 기계의 개요

합성섬유의 방사 공정 가운데 권취기는 통상 테이크업 머신이라 불리우며, 원료에서 미연신사를 만드는 기계이다. 이공정으로 만들어지는 미연신사는 물성적으로 불안정하고 기계의 좋고 나쁨이 실의 품질에 크게 영향을 미치기 때문에 전용 인버터의 고도한 성능이 요구된다. 원료 기어 펌프에 의해서 일정한 압력으로 방출되어 방사관에서 냉각 고형화되고, 실모양으로 되며 제1, 제2의 고데트 Roll에 의해 끌려 권취 Roll에 의해 권취된다. 이때 드럼 전면에 균일하게 권취하기 위한 권취 위치를 바꾸면 트랜버스 장치가 권취축 방향으로 왕복운동을 반복한다(주파수와 전압을 일정한 시간에 일정 기율기로 가감속 반복시켜 실이 보빈에서 풀리지 않게 감게 해주는 기능이다). 이 방사 공정에 의해서 권취된 실은 아직 분자 배열이 불안정 하기 때문에 이 상태로는 실로써 적용할 수 없고, 3~5배로 연신함으로써 정상적인 실이 된다. 이 공정에 연신연사기(드로 트위스터)가 사

용된다. 이 드로 트위스터의 스피들 구동 전동기는 실이 감기는 굵기에 따라서 회전속도를 변화시킬 필요가 있고, 종래 직류 전동기의 계자 제어 방법이나 농형전동기의 와전류 커플링 제어등이 사용되고 있었지만 전용 인버터에 의한 가변속 제어로 변경되고 있다. 이들 방사 공정에서는 전용 인버터와 영구자석식 동기 전동기를 조합하여 사용되고 있다. 이것은 부식성 가스를 포함한 나쁜 환경에서 사용이 가능한 오픈 루프 제어의 다수에 전동기 평활 속도 운전이 고정밀도로 실행되는 인버터 응용의 최적 분야이다.

나. 섬유기계 전용 인버터의 요구특성

섬유기계용 인버터에는 다음과 같은 성능과 기능이 요구된다.

- (1) 15~300Hz 이상의 넓은 가변 주파수 운전이 된다. 더욱이 주파수 정밀도, 설정안정도는 설정값의 0.05% 이내가 필요하다.
- (2) 고효율 운전이 가능한 시스템으로 하기 위하여 인버터 효율은 원래 부하 전동기 효율을 개선할 수 있는 인버터가 아니면 안된다.
- (3) 복수대 전동기 운전 시스템에서는 1대의 전동기 사고가 일어났을 때 인버터는 정지되더라도 시스템 전체는 정지되지 않도록 고려된 것으로 설계해야 한다.
- (4) 시스템의 컴퓨터 제어에 대응하여 인력 절약과 고 신뢰성화가 용이하게 도모되고 확장 기능을 지닌 인버터 장치로 해야 한다.

다. 섬유기계 전용 인버터 특성

방사 기계용 인버터로서의 필수적인 출력 주파

수의 고정밀화와 시스템의 컴퓨터 제어화의 확장을 도모하기 위해 마이크로 컴퓨터 구성에 의한 디지털 제어방식으로 하고 있다. 컴퓨터 제어인 경우 주파수 정밀도는 수정 발전기의 정밀도로 결정되기 때문에 아날로그 방식에 비해 광범위한 온도변화(0~40℃)에 있어서 0.05%의 정밀도를 얻는 것이 용이하다. 또 설정 정밀도는 디지털 설정기에 의해서 주어지기 때문에 아날로그 방식과 같은 계측에 의한 확인이 필요없고 설정 변경도 프로그래밍된 쿠션시간으로 실행된다. 따라서 GD²가 큰 부하에서 발생하기 쉬운 과전류나 과전압으로써 인버터를 정지시키는 등의 오조작을 방지할 수 있다. 또 상위 컴퓨터에서의 지시는 디지털 양으로 주어지기 때문에 인버터의 주파수 정밀도는 고정밀도가 유지된다. 방사 기계용 인버터는 다수대의 전동기를 평할 속도로 운전하고 있기 때문에 1대의 인버터가 이상이 있어 정지되면 시스템 전체가 정지하게 된다. 따라서 순간 정전 보호, 부하 이상 보호, 고장 진단기능이 중요하다.

라. 섬유기계 전용 인버터의 현황

Transistor Type으로 250KVA까지 생산되어 국내 합성섬유 생산 LINE에 사용되고 있으나 최근들어 IGBT를 사용한 고효율, 고정밀 제어를 하기 위해 고성능 Micro Processor를 응용하여 기존 1대의 Inverter가 24대, 또는 36대의 전동기를 연결하여 동시에 제어하던 방식에서 전동기 1대에 전원장치 1대씩 개별로 연결하여 개별 자동화 운전을 하는 방식으로의 수요가 급증하고 있다. 또한 종전 섬유생산용 동기전동기 전원장치 방식은 종합효율이 81% 정도인데 비해 IGBT 방

식의 고효율 인버터의 종합효율은 90% 이상으로 공장단위 1LINE 전원용량 1MWH에서 종합적인 전력효과가 10%로 추산되어 현재 섬유 생산업체 10여 회사의 총 LINE 을 50LINE 정도로 추정하였을 때 $1MWH \times 10\% \times 50LINE = 5MWH$ 의 전력을 절약할 수 있으며 현 섬유업계의 해외경쟁력 및 생산성 효율을 높이는 역할을 한다.

마. 향후 전망

우리나라 같이 천연자원이 부족하여 에너지 공급을 수입원료에 의존하는 나라에서는 에너지를 절감해야 한다는 것은 물론이며 생산성 향상에 많은 노력을 하여 국제 경쟁력을 확보해야 한다. 그러므로 IGBT를 사용한 고효율 및 고정밀을 요하는 Digital 제어기술의 개발로 주요 부품을 수입해야 하는 불리한 입장에서 생산성 향상을 통해 양산화 되면 산업 각 부분의 전원장치에 고효율 및 생산성 향상으로 인건비가 20% 절약이 예상되며 중앙집중제어 및 관리를 위한 연계 통신기술 개발이 되면 각종 산업용 장비를 중앙집중관리제어가 가능하여져 산업 현장에서의 인력감소와 효율적인 운영으로 생산제품의 원가 절감이 가능할 것이다. 또한 고정밀, 고효율을 필요로 하는 화학 공정 및 기타 초정밀 산업분야에 적용이 가능하게 되며 앞으로 많은 투자 및 수요가 예상되는 중앙집중관리를 위한 연계통신기술은 각종 산업분야에서 사용되는 전동기 제어의 효율을 높여 에너지를 절감함은 물론 생산, 관리 노동력 및 생산성 향상에 크게 기여할 것이므로 산업 발전에 크게 공헌할 것으로 예상된다.