



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0104952
(43) 공개일자 2010년09월29일

(51) Int. Cl.

F04B 17/04 (2006.01) F04B 35/04 (2006.01)
F04B 49/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0023700
(22) 출원일자 2009년03월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

(72) 발명자

유재유

서울시 구로구 구로3동 222-22번지 LG전자 DA연구
소

성지원

서울시 구로구 구로3동 222-22번지 LG전자 DA연구
소

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

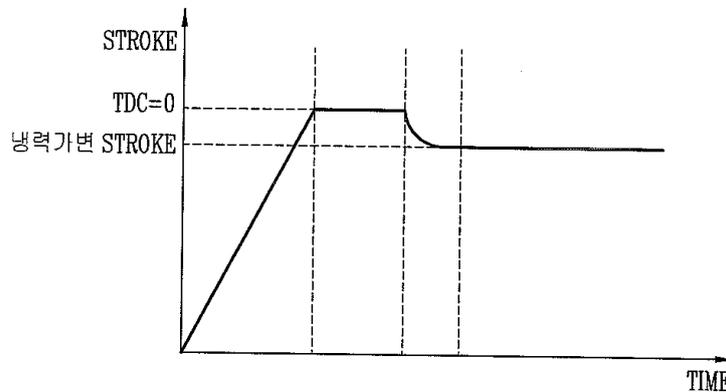
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 리니어 압축기의 제어 장치, 제어 방법, 및 이들을 구비한 냉동 시스템

(57) 요약

리니어 압축기의 제어 장치, 제어 방법 및 이들을 구비한 냉동 시스템이 개시된다. 본 발명은 압축기를 제어함에 있어서, TDC(Top Dead Center) 제어를 하지 아니하고, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차, 또는 가스스프링상수와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 검출된 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 모터를 구동하고, 이에 따라 냉력을 변경함으로써, 소비전력 및 소음을 줄이고, 사용자의 편의성 및 시스템 안정성을 제고한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박성호

서울시 구로구 구로3동 222-22번지 LG전자 DA연구
소

나태웅

서울시 구로구 구로3동 222-22번지 LG전자 DA연구
소

특허청구의 범위

청구항 1

압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 2

압축기 모터에 인가되는 모터전류와 상기 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛;

상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛;

상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛; 및

상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛;을 포함하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 제어유닛은 상기 압축기의 부하에 따라 변동되는 상기 특성점들을 근거로 부하특성곡선을 생성하는 것을 특징으로 하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 모터전류, 상기 스트로크 및 상기 위상차를 근거로 가스스프링상수를 연산하는 가스스프링상수연산유닛;을 더 포함하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제어유닛은 상기 가스스프링상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 것을 특징으로 하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 6

제2 항에 있어서,

상기 모터에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출유닛;

상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출유닛; 및

상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산유닛;을 더 포함하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제어유닛은 상기 압축기의 부하에 따라 변동되는 상기 특성점들을 근거로 부하특성곡선을 생성하는 것을 특징으로 하는 리니어 압축기의 제어장치.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 모터전류, 상기 스트로크 및 상기 위상차를 근거로 가스스프링상수를 연산하는 가스스프링상수연산유닛;을

더 포함하는 리니어 압축기의 제어 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제어유닛은 상기 가스스프링상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 리니어 압축기의 제어 장치.

청구항 10

제1 항 내지 제9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리니어 압축기를 구비하고, 상기 모터의 구동에 따라 냉력이 변경되는 냉동 시스템.

청구항 11

압축기 모터에 인가되는 전류와 스트로크 사이의 위상차와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 리니어 압축기의 제어 방법.

청구항 12

압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출단계;

상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산단계;

상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하는 특성점검출단계; 및

상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 모터구동단계;를 포함하는 리니어 압축기의 제어 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 모터에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출단계;

상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출단계; 및

상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산단계;를 더 포함하는 리니어 압축기의 제어 방법.

청구항 14

제12 항 또는 제13 항에 있어서,

상기 압축기의 부하에 따라 변동되는 상기 특성점들을 근거로 부하특성곡선을 생성하는 특성곡선생성단계;를 더 포함하는 리니어 압축기의 제어 방법.

청구항 15

제12 항 또는 제13 항에 있어서,

상기 모터전류, 상기 스트로크 및 상기 위상차를 근거로 가스스프링상수를 연산하는 가스스프링상수연산단계;를 더 포함하는 리니어 압축기의 제어 방법.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 특성점검출단계는 상기 가스스프링상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하는 것을 특징으로 하는 리니어 압축기의 제어 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압축기 또는 압축기를 구비한 가전 시스템의 부하 변동에 따라 실시간으로 입력전력을 변동하여 공급할 수 있는 리니어 압축기의 제어 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 압축기는 기계적 에너지를 압축성 유체의 압축에너지로 변환시키는 장치로서 냉동 시스템, 예를 들어 냉장고나 공기조화기 등,의 일부분으로 사용된다.

[0003] 상기 압축기는 크게, 피스톤(Piston)과 실린더(Cylinder) 사이에 작동가스가 흡입 또는 토출되는 압축공간이 형성되도록 하여 피스톤이 실린더 내부에서 직선 왕복 운동하면서 냉매를 압축시키는 왕복동식 압축기(Reciprocating Compressor)와, 편심 회전되는 롤러(Roller)와 실린더 사이에 작동가스가 흡입 또는 토출되는 압축공간이 형성되도록하여 롤러가 실린더 내벽을 따라 편심 회전되면서 냉매를 압축시키는 회전식 압축기(Rotary Compressor)와, 선회 스크롤(Orbiting Scroll)과 고정 스크롤(Fixed Scroll) 사이에 작동가스가 흡입 또는 토출되는 압축공간이 형성되도록 하여 선회 스크롤이 고정 스크롤을 따라 회전되면서 냉매를 압축시키는 스크롤식 압축기(Scroll Compressor)로 구분된다.

[0004] 상기 왕복동식 압축기는 내부 피스톤을 실린더의 내부에서 선형으로 왕복 운동시킴으로써 냉매 가스를 흡입, 압축 및 토출한다. 상기 왕복동식 압축기는 피스톤을 구동하는 방식에 따라 크게 레시프로(Recipro) 방식과 리니어(Linear) 방식으로 구분된다.

[0005] 상기 레시프로 방식은 회전하는 모터(Motor)에 크랭크샤프트(Crankshaft)를 결합하고, 상기 크랭크샤프트에 피스톤을 결합하여 모터의 회전 운동을 직선 왕복운동으로 변환하는 방식이다. 반면, 상기 리니어 방식은 직선 운동하는 모터의 가동자에 피스톤을 연결하여 모터의 직선 운동으로 피스톤을 왕복운동시키는 방식이다.

[0006] 이러한 왕복동식 압축기는 구동력을 발생하는 전동 유닛과, 전동 유닛으로부터 구동력을 전달받아 유체를 압축하는 압축 유닛으로 구성된다. 상기 전동 유닛으로는 일반적으로 모터를 많이 사용하며, 상기 리니어 방식의 경우에는 리니어 모터를 이용한다.

[0007] 상기 리니어 모터는 모터 자체가 직선형의 구동력을 직접 발생시키므로 기계적인 변환 장치가 필요하지 않고, 구조가 복잡하지 않다. 또한, 상기 리니어 모터는 에너지 변환으로 인한 손실을 줄일 수 있고, 마찰 및 마모가 발생하는 연결 부위가 없어서 소음을 크게 줄일 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한, 상기 리니어 방식의 왕복동식 압축기, 이하 리니어 압축기(Linear Compressor)라 한다,를 냉장고나 공기조화기에 이용할 경우에는 리니어 압축기에 인가되는 스트로크 전압을 변경하여 줌에 따라 압축 비(Compression Ratio)를 변경할 수 있어 냉력(Freezing Capacity) 가변 제어에도 사용할 수 있는 장점이 있다.

[0008] 한편, 상기 왕복동식 압축기, 특히 리니어 압축기,는 피스톤이 실린더 안에서 기구적으로 구속되어 있지 않은 상태에서 왕복 운동을 하게 되기 때문에 갑자기 전압이 과도하게 걸리는 경우에 피스톤이 실린더 벽에 부딪히거나, 부하가 커서 피스톤이 전진하지 못하여 압축이 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 따라서, 부하의 변동이나 전압의 변동에 대하여 피스톤의 운동을 제어하기 위한 제어 장치가 필수적이다.

[0009] 종래의 리니어 압축기의 제어 장치 및 이를 구비한 냉동 시스템에 있어서, 냉력 가변을 위하여 리니어 압축기의 용량가변 제어를 다음과 같이 실시하였다. 예를 들어, 냉장고로부터 냉력 가변량을 명령받으면 리니어 압축기가 기동하여 스트로크를 TDC=0일 때까지 증가시킨 후, 그 때의 입력전력을 연산하여 저장하고, 그 값을 100%로 기준하여 냉장고로부터 명령받은 냉력가변양으로 전력값이 떨어지도록 스트로크를 감소시킨다. 입력전력값이 해당 냉력가변량이 되면 그 때의 스트로크를 유지하여 운전한다.

[0010] 여기서, 상기 TDC는 "Top Dead Center"의 약어로서, 리니어 압축기에서 피스톤의 상사점에 대한 영문 표기인데, 물리적으로는 피스톤의 압축행정 완료시의 스트로크를 의미한다.

[0011] 이때, 상기 TDC=0인 위치가 리니어 압축기의 효율이 가장 이상적인 위치이므로, 리니어 압축기의 운전 제어시, TDC=0인 위치에, 피스톤이 위치하도록 제어하는데, 이하에서는 상기 TDC=0인 지점을 TDC로 표기한다.

[0012] 그러나, 종래의 리니어 압축기의 제어 장치 및 제어 방법은, 도 1 내지 도 2에 도시한 바와 같이, 냉력 변경을

위한 압축기 제어 시에, TDC 제어를 수행함으로써, 소비전력이 증가하는 문제점이 있다.

[0013] 또한, 종래의 리니어 압축기의 제어 장치 및 제어 방법은 TDC 제어를 수행함으로써, 변동소음이 발생하는 문제점이 있다.

[0014] 아울러, 상기 제어 장치 및 제어 방법을 구비한 냉동 시스템은, 도 3에 도시한 바와 같이, 불필요한 스트로크 및 전력이 인가되고, 냉력 가변 제어를 수행하기 위하여 필요한 냉력 변경량을 입력해야 하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0015] 본 발명은 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차, 또는 가스스프링상수와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 검출된 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 모터를 구동하는 리니어 압축기의 제어 장치 및 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 리니어 압축기의 제어 장치 및 제어 방법은, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동한다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치는, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛과, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛과, 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛과, 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛을 포함하여 구성된다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 냉동 시스템은 상기 리니어 압축기를 구비하고, 상기 모터의 구동에 따라 냉력이 변경되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법은, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출단계와, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산단계와, 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하는 특성점검출단계와, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 모터구동단계를 포함하여 구성된다.

효과

[0020] 본 발명에 따라 냉력 변경을 위한 압축기 제어 시에, TDC 제어를 수행하지 아니하고, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차, 또는 가스스프링상수와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 검출된 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 모터를 구동하고, 이에 따라 냉력을 변경함으로써 소비전력을 감소시킨다.

[0021] 또한, 본 발명에 따라, TDC 제어를 수행하지 않도록 함으로써, 변동소음을 줄일 수 있다.

[0022] 아울러, 본 발명에 따른 냉동시스템은 불필요한 스트로크 및 전력이 인가되지 않도록 하고, 냉력 가변 제어를 수행하기 위하여 필요한 냉력 변경량을 입력하지 않도록 함으로써 사용자의 편의성 및 시스템의 안정성을 제고하는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명에 따른 리니어 압축기의 제어 장치 및 제어 방법은, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동한다. 또한, 본 발명에 따른 냉동 시스템은 상기 리니어 압축기를 구비하고, 상기 모터의 구동에 따라 냉력이 변경되는 것을 특징으로 한다. 상기 모터전류는 상기 압축기 모터, 즉 리니어 모터에 인가되는 전류를 의미하고, 이는 전류 센서 등에 의해 검출될 수 있다. 상기 스트로크는 센서 등을 이용하여 검출되거나, 상기 리니어 모터에 인가되는 모터전압 및 모터전류를 근거로 연산된다. 이때, 일반적으로 상기 모터

전류와 스트로크 사이에는 위상차($\theta_{i,x}$)가 발생한다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 ($180^\circ - \theta_{i,x}$)를 위상차로 이용한다. 여기서, i 는 전류, x 는 스트로크를 의미한다. 상기 위상차는 TDC=0인 지점으로 갈수록 감소하고, 상기 부하전력은 증가하게 되는데, 일반적으로 상기 위상차와 상기 부하전력은 실제 부하에 따라 TDC=0 지점이 아닌 일정한 특성점에서 교차하게 된다. 상기 특성점을 검출하고, 상기 특성점에서의 전력을 인버터 유닛을 통해 상기 리니어 모터에 인가하여 구동한다. 여기서, 상기 TDC는 "Top Dead Center"의 약어로서, 리니어 압축기에서 피스톤의 상사점에 대한 영문 표기인데, 물리적으로는 피스톤의 압축행정 완료시의 스트로크를 의미한다. 이때, 상기 TDC=0인 위치가 리니어 압축기의 효율이 가장 이상적인 위치이므로, 리니어 압축기의 운전 제어시, TDC=0인 위치에, 피스톤이 위치하도록 제어하는데, 이하에서는 상기 TDC=0인 지점을 TDC로 표기한다.

[0024] 먼저, 본 발명에 따른 제어 장치 및 제어 방법이 적용될 리니어 압축기의 구성을 간단히 설명한다. 다만, 상기 리니어 압축기의 구성은 필요에 따라, 그 구성요소 중 일부가 변경 또는 삭제되거나, 다른 구성 요소가 추가될 수 있다.

[0025] 리니어 압축기는 밀폐용기 일측에 냉매가 유입 및 유출되는 유입관 및 유출관이 설치되고, 밀폐용기 내측에 실린더가 고정된다. 실린더 내부의 압축공간으로 흡입된 냉매를 압축하기 위하여 실린더 내부에 피스톤이 왕복 직선 운동이 가능하게 설치된다. 또, 피스톤의 운동방향에 스프링들이 설치되어 탄성력에 의해 지지된다. 피스톤은 또한 직선왕복 구동력을 발생시키는 리니어 모터와 연결되고, 상기 리니어 모터는 압축용량이 변경되도록 피스톤의 스트로크를 제어한다. 상기 압축공간에 접하고 있는 피스톤의 일단에 흡입밸브가 설치되고, 압축공간과 접하고 있는 실린더의 일단에 토출밸브 어셈블리가 설치된다. 여기서, 흡입밸브 및 토출밸브 어셈블리는 각각 자동적으로 조절되어 압축공간의 내부의 압력에 따라 개폐된다. 밀폐용기는 상, 하부 셸이 서로 결합되어 내부가 밀폐되고, 그 일측에는 냉매가 유입되는 유입관 및 냉매가 유출되는 유출관이 설치된다. 실린더 내측에 피스톤이 왕복 직선 가능하게 운동방향으로 탄성 지지되고, 실린더 외측에 리니어 모터가 프레임에 의해 서로 조립되어 조립체를 구성한다. 이러한 조립체는 지지스프링에 의해 밀폐용기의 내측 바닥면에 탄성 지지된다. 밀폐용기의 내부 바닥면에는 소정의 오일이 존재한다. 상기 조립체의 하단에는 오일을 펌핑하는 오일공급장치가 설치되고, 조립체의 하측 프레임 내부에는 오일을 상기 피스톤과 실린더 사이로 공급하는 오일공급관이 형성된다. 상기 오일공급장치는 피스톤의 왕복 직선 운동에 따라 발생하는 진동에 의해 작동되어 오일을 펌핑한다. 이러한 오일은 오일공급관을 따라 피스톤과 실린더 사이의 간극으로 공급되어 냉각 및 윤활 작용을 한다.

[0026] 실린더는 피스톤이 왕복 직선 운동하도록 중공 현상으로 형성되고, 일측에 압축 공간이 형성되며, 유입관 내측에 일단이 근접하게 위치되어 유입관과 동일한 직선 상에 설치된다. 물론 상기 실린더는 유입관과 근접한 일단 내부에 상기 피스톤이 왕복 직선 운동 가능하게 설치되고, 유입관과 반대방향 측의 일단에 토출밸브 어셈블리가 설치된다. 상기 토출밸브 어셈블리는 상기 실린더의 소정의 토출공간을 형성하는 토출커버와, 실린더의 압축공간 측 일단을 개폐하는 토출밸브와, 토출커버와 토출밸브 사이에 축방향으로 탄성력을 부여하는 일종의 코일 스프링인 밸브 스프링으로 구성된다. 이때, 상기 실린더의 일단 내둘레에 오링을 구비하여 토출밸브가 실린더 일단을 밀착한다. 상기 토출커버의 일측과 유출관 사이에는 굴곡지게 형성된 루프 파이프가 연결 설치된다. 상기 루프 파이프는 압축된 냉매가 외부로 토출될 수 있도록 안내하고, 상기 실린더, 피스톤, 리니어 모터의 상호 작용에 의한 진동이 상기 밀폐용기 전체로 전달되는 것을 완충시켜 준다. 상기 피스톤에는 냉매유로가 형성되어 유입관으로부터 유입된 냉매가 유동되도록 한다. 상기 유입관과 근접한 일단이 연결부재에 의해 리니어 모터가 직접 연결되도록 설치되고, 상기 유입관과 반대방향 측 일단에 흡입밸브가 설치되며, 피스톤의 운동방향으로 각종 스프링에 의해 탄성 지지되도록 설치된다. 이때, 상기 흡입밸브는 박판 형상으로 중앙부분이 상기 피스톤의 냉매유로를 개폐하도록 중앙 부분이 일부 절개되어 형성되고, 일측이 상기 피스톤의 일단에 스크류에 의해 고정된다.

[0027] 상기 피스톤이 상기 실린더 내부에서 왕복 직선 운동함에 따라 압축공간의 압력이 토출압력보다 더 낮은 소정의 흡입압력 이하가 되면, 흡입밸브가 개방되어 냉매가 압축공간으로 흡입되고, 압축공간의 압력이 소정의 흡입압력 이상이 되면, 흡입밸브가 닫힌 상태에서 압축공간의 냉매가 압축된다.

[0028] 리니어 모터는 복수개의 라미네이션(Lamination)이 원주방향으로 적층되도록 구성되어 프레임에 의해 실린더 외측에 고정되도록 설치되는 이너 스테이터(Inner Stator)와, 코일이 감겨지도록 구성된 코일 권선체 주변에 복수개의 라미네이션이 원주방향으로 적층되도록 구성되어 프레임에 의해 실린더 외측에 이너 스테이터와 소정의 간극을 두고 설치되는 아우터 스테이터(Outer Stator)와, 이너 스테이터와 아우터 스테이터 사이의 간극에 위치되어 상기 피스톤과 연결부재에 의해 연결되도록 설치되는 영구자석으로 구성된다. 여기서, 상기 코일 권선체는 상기 이너 스테이터의 외측에 고정될 수 있다. 리니어 모터에서 상기 코일 권선체에 전류가 인가됨에 따라 전자기력이 발생되고, 발생한 전자기력과 영구자석의 상호작용에 의해 영구자석이 왕복 직선 운동하게 되며, 영구자

석과 연결된 피스톤이 실린더 내부에서 왕복 직선 운동하게 된다.

- [0029] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 리니어 압축기의 제어 장치, 제어 방법 및 이를 구비한 냉동 시스템에 대하여 상세히 설명한다.
- [0030] 본 발명의 제1 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치는, 도 4에 도시한 바와 같이, 압축기 모터(700)에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛(300)과, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛(400)과, 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛(500)과, 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛(600)을 포함하여 구성된다. 또한, 상기 모터에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출유닛(120)과, 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출유닛(110)과, 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산유닛(200)을 더 포함하여 구성된다.
- [0031] 한편, 상기 리니어 압축기의 제어 장치는 전원 유닛(800)을 더 포함하는데, 상기 전원 유닛(800)은 상용 교류 전원을 입력 받아 직류 전원으로 변환하는 정류유닛과, 상기 직류 전원을 평활화하는 평활 커패시터로 구성된다.
- [0032] 상기 전류검출유닛(110)은 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류를 검출하고, 상기 전압검출유닛(120)은 압축기의 부하에 따라 상기 리니어 모터(700)의 양단 간에 인가되는 모터전압을 검출한다.
- [0033] 상기 모터전압, 모터전류 및 스트로크와의 관계는 하기와 같다. 즉, 상기 스트로크연산유닛(200)은 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압과, 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류를 근거로 하기의 식을 이용해 스트로크를 연산할 수 있다.

수학식 1

$$x = \frac{1}{\alpha} \int (V_m - Ri - L \frac{di}{dt}) dt$$

- [0034]
- [0035] 여기서, x는 스트로크, α는 모터 상수, V_m은 모터전압, R은 저항, L은 인덕턴스, i는 모터전류를 의미한다.
- [0036] 상기 위상차검출유닛(300)은 상기와 같이 검출된 모터전류와 상기 스트로크연산유닛(200)을 통해 연산된 스트로크의 위상차를 검출한다.
- [0037] 한편, 전력연산유닛(400)은 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.
- [0038] 상기 제어유닛(500)은 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 제어유닛(500)은 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력한다.
- [0039] 상기 특성점은, 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차(180° - θ_{i,x})와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력(POWER)이 일치하는 점으로부터 결정된다. 첨부한 도 10 내지 도 12를 함께 참조하면, 도 10은 상대적으로 저부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 11은 상대적으로 고부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 12는 도 10 및 도 11에서의 특성점을 하나의 그래프(이를, 부하곡선 또는 Load Curve라 한다)로 도시한 것이다. 도 10에 도시한 바와 같이, TDC로 가까이 갈수록 위상차(180° - θ_{i,x})는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되는데, 일정한 점에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 되고, 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 도 10은 저부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 48W의 부하전력(도 12에서의 A점)에서 교차한다. 한편, 도 11은 고부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 도 10과 마찬가지로 TDC로 가까이 갈수록 위상차(180° - θ_{i,x})는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점(78W)에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다(도 12에서의 B점). 또한, 상기 위상차는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 즉, 동일한 TDC에서 저부하 시의 위상차(도 10)보다 고부하 시의 위상차(도 11)가 더 큰 값을 가진다. 도 12는 부하 곡선(Load Curve)를 도시한 것으로서, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 시스템의 특성, 예를 들어 냉장고의 용량,에 따라 일정 값을 곱하여 도 12

에 도시한 바와 같이, 1,2,3으로 입력전력을 가변할 수 있다.

- [0040] 상기 제어 유닛(500)은 상기 특성점에 따른 입력전력을 공급하기 위한 제어 신호를 상기 인버터 유닛(600)에 공급하여 상기 인버터 유닛(600)을 통해 상기 전원유닛(800)으로부터 출력된 직류 전원을 모터 구동 전원으로 변경하도록 한다. 여기서, 상기 제어신호는 일반적으로 상기 인버터 유닛(600)의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다. 상기 인버터유닛(600)은 상기 제어신호에 따라 상기 모터(700)에 상기 입력전력을 공급한다.
- [0041] 본 발명의 제2 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치는, 도 5에 도시한 바와 같이, 압축기 모터(700)에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출유닛(120)과, 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출유닛(110)과, 스트로크를 검출하는 스트로크검출유닛(210)과, 상기 모터전류와 상기 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛(300)과, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛(400)과, 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛(500)과, 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛(600)을 포함하여 구성된다. 한편, 상기 리니어 압축기의 제어 장치는 전원 유닛(800)을 더 포함하는데, 상기 전원 유닛(800)은 상용 교류 전원을 입력 받아 직류 전원으로 변환하는 정류유닛과, 상기 직류 전원을 평활화하는 평활 커패시터로 구성된다.
- [0042] 상기 전류검출유닛(110)은 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류를 검출하고, 상기 전압검출유닛(120)은 압축기의 부하에 따라 상기 리니어 모터(700)의 양단간에 인가되는 모터전압을 검출하며, 상기 스트로크검출유닛(210)은 압축기 운전에 따른 모터의 스트로크를 검출한다.
- [0043] 상기 위상차검출유닛(300)은 상기과 같이 검출된 모터전류와 스트로크의 위상차를 검출한다.
- [0044] 한편, 전력연산유닛(400)은 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.
- [0045] 상기 제어유닛(500)은 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 제어유닛(500)은 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력한다.
- [0046] 상기 특성점은, 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력(POWER)이 일치하는 점으로부터 결정된다. 첨부한 도 10 내지 도 12를 함께 참조하면, 도 10은 상대적으로 저부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 11은 상대적으로 고부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 12는 도 10 및 도 11에서의 특성점을 하나의 그래프(이를, 부하곡선 또는 Load Curve라 한다)로 도시한 것이다. 도 10에 도시한 바와 같이, TDC로 가까이 감에 따라 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되는데, 일정한 점에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 되고, 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 도 10은 저부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 48W의 부하전력(도 12에서의 A점)에서 교차한다. 한편, 도 11은 고부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 도 10과 마찬가지로 TDC로 가까이 감에 따라 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점(78W)에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다(도 12에서의 B점). 또한, 상기 위상차는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 즉, 동일한 TDC에서 저부하 시의 위상차(도 10)보다 고부하 시의 위상차(도 11)가 더 큰 값을 가진다. 도 12는 부하 곡선(Load Curve)를 도시한 것으로서, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 시스템의 특성, 예를 들어 냉장고의 용량,에 따라 일정 값을 곱하여 도 12에 도시한 바와 같이, 1,2,3으로 입력전력을 가변할 수 있다.
- [0047] 상기 제어 유닛(500)은 상기 특성점에 따른 입력전력을 공급하기 위한 제어 신호를 상기 인버터 유닛(600)에 공급하여 상기 인버터 유닛(600)을 통해 상기 전원유닛(800)으로부터 출력된 직류 전원을 모터 구동 전원으로 변경하도록 한다. 여기서, 상기 제어신호는 일반적으로 상기 인버터 유닛(600)의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다. 상기 인버터유닛(600)은 상기 제어신호에 따라 상기 모터(700)에 상기 입력전력을 공급한다.
- [0048] 본 발명의 제3 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치는, 도 6에 도시한 바와 같이, 압축기 모터(700)에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출유닛(120)과, 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출유닛

(110)과, 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산유닛(200)과, 상기 모터전류와 상기 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛(300)과, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛(400)과, 상기 모터전류, 상기 스트로크 및 상기 위상차를 근거로 가스스프링상수를 연산하는 가스스프링상수연산유닛(310)과, 상기 가스스프링상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛(500)과, 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛(600)을 포함하여 구성된다. 한편, 상기 리니어 압축기의 제어 장치는 전원 유닛(800)을 더 포함하는데, 상기 전원 유닛(800)은 상용 교류 전원을 입력 받아 직류 전원으로 변환하는 정류유닛과, 상기 직류 전원을 평활화하는 평활 커패시터로 구성된다.

[0049] 상기 전류검출유닛(110)은 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류를 검출하고, 상기 전압검출유닛(120)은 압축기의 부하에 따라 상기 리니어 모터(700)의 양단 간에 인가되는 모터전압을 검출한다.

[0050] 상기 스트로크연산유닛(200)은 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압과, 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류를 근거로 스트로크를 연산한다.

[0051] 상기 위상차검출유닛(300)은 상기와 같이 검출된 모터전류와 상기 스트로크연산유닛(200)을 통해 연산된 스트로크의 위상차를 검출한다.

[0052] 상기 리니어 압축기는 밀폐용기 내부에 실린더가 고정되도록 설치되고, 상기 실린더 내부에 피스톤이 왕복 직선 운동 가능하게 설치되며, 상기 피스톤이 상기 실린더 내부에서 왕복 직선 운동함에 따라 상기 실린더 내부의 압축공간으로 냉매가 유입되도록 하여 압축시킨 다음, 토출시키도록 구성되며, 상기 압축공간에는 흡입밸브 어셈블리 및 토출밸브 어셈블리가 설치되어 상기 압축공간 내부의 압력에 따라 냉매의 유입 및 토출을 조절한다. 또한, 상기 피스톤에 직선 운동력을 발생시키는 리니어 모터가 서로 연결되도록 설치되는데, 상기 리니어 모터는 상기 실린더 주변에 복수개의 라미네이션이 원주방향으로 적층되도록 구성된 이너 스테이터 및 아웃터 스테이터가 소정의 간극을 두고 설치되며, 상기 이너 스테이터 또는 아웃터 스테이터 내측에는 코일이 감겨지도록 설치되며, 상기 이너 스테이터와 아웃터 스테이터 사이의 간극에는 영구자석이 피스톤과 연결되도록 설치된다. 이때 영구자석은 상기 피스톤의 운동방향으로 이동 가능하게 설치되고, 코일에 전류가 흐름에 따라 발생하는 전자기력에 의해 상기 피스톤의 운동방향으로 왕복 직선 운동하게 되는데, 일반적으로 상기 리니어 모터는 일정한 운전자속으로 작동될 뿐만 아니라 피스톤이 소정의 스트로크로 왕복 직선 운동하도록 한다.

[0053] 한편, 상기 피스톤은 상기 리니어 모터에 의해 왕복 직선 운동하더라도 운동방향으로 탄성 지지될 수 있도록 각종 스프링이 설치되는데, 구체적으로 기계 스프링(Mechanical Spring)의 일종인 코일 스프링이 피스톤의 운동방향으로 상기 밀폐용기 및 실린더에 탄성 지지되도록 설치되며, 상기 압축공간으로 흡입된 냉매 역시 가스 스프링(Gas Spring)으로 작용하게 된다. 이때, 상기 코일 스프링은 일정한 기계 스프링 상수(Mechanical Spring Constant; Km)를 가지고, 상기 가스 스프링은 부하에 따라 가변되는 가스 스프링 상수(Gas Spring Constant; Kg)를 가진다. 상기 기계 스프링 상수(Km) 및 가스 스프링 상수(Kg)를 고려하여 리니어 압축기의 고유주파수(fn)가 결정된다. 상기 고유주파수(fn)과 기계 및 가스 스프링 상수(Km, Kg) 간의 관계는 하기와 같다.

수학식 2

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_m + K_g}{M}}$$

[0054] 여기서, 상기 fn은 피스톤의 고유주파수, Km은 기계 스프링 상수, Kg는 가스 스프링 상수이며, M은 피스톤의 질량이다.

[0056] 즉, 상기 가스스프링상수연산유닛(310)은 리니어 압축기의 부하에 따라 가스스프링상수를 연산하는데, 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와, 상기 스트로크연산유닛(200)으로부터 연산 출력된 스트로크와, 상기 위상차검출유닛(300)을 통해 검출된 상기 전류와 스트로크의 위상차를 근거로 가스 스프링 상수(Kg)를 연산한다. 상기 가스 스프링 상수(Kg)는 하기와 같이 연산될 수 있다.

수학식 3

$$K_g = \alpha \left| \frac{I(j\omega)}{X(j\omega)} \right| \cos(\theta_{i,x}) + M\omega^2 - K_m$$

[0057]

[0058]

여기서, 상기 α 는 모터 상수, ω 는 운전주파수, K_m 은 기계 스프링 상수, K_g 는 가스 스프링 상수이며, M 은 피스톤의 질량, $|I(j\omega)|$ 는 한주기 전류 피크값, $|X(j\omega)|$ 는 한주기 스트로크 피크값을 나타낸다.

[0059]

한편, 전력연산유닛(400)은 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.

[0060]

상기 제어유닛(500)은 상기 가스스프링상수연산유닛(310)으로부터 출력된 가스 스프링 상수(K_g)와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 제어유닛(500)은 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력한다. 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)와, 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 고정된 경우에 적합하고, 상기 가스 스프링 상수와 상기 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 가변되는 환경에 더 적합하다. 한편, 가스 스프링 상수와 부하전력을 이용하는 경우에도 상기 위상차와 부하전력을 이용하는 경우와 마찬가지로 첨부한 도 10 내지 도 11에 도시한 바와 같은 특성을 가진다. 즉, TDC로 가까이 감에 따라 가스 스프링 상수는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점에서 상기 가스 스프링 상수 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다. 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 또한, 상기 가스 스프링 상수는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 마찬가지로, 도 12와 같은 부하 곡선(Load Curve)를 도시할 수 있고, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 냉동 시스템의 특성, 예를 들어 냉장고의 용량,에 따라 일정 값을 곱하여 도 12에 도시한 바와 같이, 1,2,3으로 입력전력을 가변할 수 있다.

[0061]

상기 제어 유닛(500)은 상기 특성점에 따른 입력전력을 공급하기 위한 제어 신호를 상기 인버터 유닛(600)에 공급하여 상기 인버터 유닛(600)을 통해 상기 전원유닛(800)으로부터 출력된 직류 전원을 모터 구동 전원으로 변경하도록 한다. 여기서, 상기 제어신호는 일반적으로 상기 인버터 유닛(600)의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다. 상기 인버터유닛(600)은 상기 제어신호에 따라 상기 모터(700)에 상기 입력전력을 공급한다.

[0062]

본 발명의 제4 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치는, 도 7에 도시한 바와 같이, 압축기 모터(700)에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출유닛(120)과, 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출유닛(110)과, 스트로크를 검출하는 스트로크검출유닛(210)과, 상기 모터전류와 상기 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출유닛(300)과, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산유닛(400)과, 상기 모터전류, 상기 스트로크 및 상기 위상차를 근거로 가스스프링상수를 연산하는 가스스프링상수연산유닛(310)과, 상기 가스스프링상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하고, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어유닛(500)과, 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급하는 인버터유닛(600)을 포함하여 구성된다.

[0063]

한편, 상기 리니어 압축기의 제어 장치는 전원 유닛(800)을 더 포함하는데, 상기 전원 유닛(800)은 상용 교류 전원을 입력 받아 직류 전원으로 변환하는 정류유닛과, 상기 직류 전원을 평활화하는 평활 커패시터로 구성된다.

[0064]

상기 전류검출유닛(110)은 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류를 검출하고, 상기 전압검출유닛(120)은 압축기의 부하에 따라 상기 리니어 모터(700)의 양단에 인가되는 모터전압을 검출하며, 상기 스트로크검출유닛(210)은 압축기 운전에 따른 모터의 스트로크를 검출한다.

[0065]

상기 위상차검출유닛(300)은 상기와 같이 검출된 모터전류와 스트로크의 위상차를 검출한다.

[0066]

상기 피스톤은 상기 리니어 모터에 의해 왕복 직선 운동하더라도 운동방향으로 탄성 지지될 수 있도록 각종 스프링이 설치되는데, 구체적으로 기계 스프링(Mechanical Spring)의 일종인 코일 스프링이 피스톤의 운동방향으로 상기 밀폐용기 및 실린더에 탄성 지지되도록 설치되며, 상기 압축공간으로 흡입된 냉매역시 가스 스프링(Gas Spring)으로 작용하게 된다. 이때, 상기 코일 스프링은 일정한 기계 스프링 상수(Mechanical Spring

Constant; Km)를 가지고, 상기 가스 스프링은 부하에 따라 가변되는 가스 스프링 상수(Gas Spring Constant; Kg)를 가진다. 상기 기계 스프링 상수(Km) 및 가스 스프링 상수(Kg)를 고려하여 리니어 압축기의 고유주파수(fn)가 결정된다.

[0067] 즉, 상기 가스스프링상수연산유닛(310)은 리니어 압축기의 부하에 따라 가스스프링상수를 연산하는데, 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와, 상기 스트로크검출유닛(210)을 통해 검출된 스트로크와, 상기 위상차검출유닛(300)을 통해 검출된 상기 전류와 스트로크의 위상차를 근거로 가스 스프링 상수(Kg)를 연산한다.

[0068] 한편, 전력연산유닛(400)은 상기 전류검출유닛(110)을 통해 검출된 모터전류와 상기 전압검출유닛(120)을 통해 검출된 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.

[0069] 상기 제어유닛(500)은 상기 가스스프링상수연산유닛(310)으로부터 출력된 가스 스프링 상수(Kg)와, 상기 전력연산유닛(400)을 통해 연산된 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 제어유닛(500)은 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력한다. 상기 위상차검출유닛(300)으로부터 출력된 위상차(180° -θi,x)와, 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 고정된 경우에 적합하고, 상기 가스 스프링 상수와 상기 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 가변되는 환경에 더 적합하다. 한편, 가스 스프링 상수와 부하전력을 이용하는 경우에도 상기 위상차와 부하전력을 이용하는 경우와 마찬가지로 첨부한 도 10 내지 도 11에 도시한 바와 같은 특성을 가진다. 즉, TDC로 가까이 감에 따라 가스 스프링 상수는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점에서 상기 가스 스프링 상수 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다. 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 또한, 상기 가스 스프링 상수는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 마찬가지로, 도 12와 같은 부하 곡선(Load Curve)를 도시할 수 있고, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 냉동 시스템의 특성, 예를 들어 냉장고의 용량,에 따라 일정 값을 곱하여 도 12에 도시한 바와 같이, 1,2,3으로 입력전력을 가변할 수 있다.

[0070] 상기 제어 유닛(500)은 상기 특성점에 따른 입력전력을 공급하기 위한 제어 신호를 상기 인버터 유닛(600)에 공급하여 상기 인버터 유닛(600)을 통해 상기 전원유닛(800)으로부터 출력된 직류 전원을 모터 구동 전원으로 변경하도록 한다. 여기서, 상기 제어신호는 일반적으로 상기 인버터 유닛(600)의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다. 상기 인버터유닛(600)은 상기 제어신호에 따라 상기 모터(700)에 상기 입력전력을 공급한다.

[0071] 본 발명의 제1 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법은, 도 8에 도시한 바와 같이, 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출단계(S300)와, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산단계(S400)와, 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하는 특성점검출단계(S500)와, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 모터구동단계(S600)를 포함하여 구성된다. 한편 상기 모터구동단계(S600)는 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어신호출력단계(S610)를 포함하고, 상기 제어신호에 따라 입력전력을 모터에 공급하여 구동한다(S620). 또한, 상기 제어 방법은, 상기 모터에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출단계, 및 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출단계(S100)와, 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산단계(S200)를 더 포함한다. 이하 장치의 구성은 도 4 내지 도 7을 참조한다.

[0072] 상기 모터전류 및 모터전압을 검출하는 단계(S100)는 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류 및 상기 리니어 모터(700)의 양단 간에 인가되는 모터전압을 검출한다.

[0073] 상기 스트로크연산단계(S200)는 상기 검출된 모터전압과, 상기 검출된 모터전류를 근거로 스트로크를 연산한다.

수학식 4

$$x = \frac{1}{a} \int (Vm - Ri - L \frac{di}{dt}) dt$$

[0074] 여기서, x는 스트로크, a는 모터 상수, Vm은 모터전압, R은 저항, L은 인덕턴스, i는 모터전류를 의미한다.

[0076] 상기 위상차검출단계(S300)는 상기와 같이 검출된 모터전류와 상기 연산된 스트로크의 위상차를 검출한다.

- [0077] 한편, 전력연산단계(S400)는 상기 검출된 모터전류와 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.
- [0078] 상기 특성점검출단계(S500)는 상기 위상차와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 모터구동단계(S600)은 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하고, 상기 모터(700)에 상기 입력전력을 공급한다. 여기서, 제어신호는 일반적으로 상기 인버터유닛의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다.
- [0079] 상기 특성점은, 상기 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)와, 상기 부하전력(Power)이 일치하는 점으로부터 결정된다. 첨부한 도 10 내지 도 12를 함께 참조하면, 도 10은 상대적으로 저부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 11은 상대적으로 고부하 시의 위상차와 부하전력의 관계를, 도 12는 도 10 및 도 11에서의 특성점을 하나의 그래프(이를, 부하곡선 또는 Load Curve라 한다)로 도시한 것이다. 도 10에 도시한 바와 같이, TDC로 가까이 감에 따라 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되는데, 일정한 점에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 되고, 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 도 10은 저부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 48W의 부하전력(도 12에서의 A점)에서 교차한다. 한편, 도 11은 고부하 시의 일 예를 보인 것으로서, 도 10과 마찬가지로 TDC로 가까이 감에 따라 위상차($180^\circ - \theta_{i,x}$)는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점(78W)에서 상기 위상차 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다(도 12에서의 B점). 또한, 상기 위상차는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 즉, 동일한 TDC에서 저부하 시의 위상차(도 10)보다 고부하 시의 위상차(도 11)가 더 큰 값을 가진다. 도 12는 부하 곡선(Load Curve)를 도시한 것으로서, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 시스템의 특성에 따라 일정 값을 곱하여 도 12에 도시한 바와 같이, 1, 2, 3으로 입력전력을 가변할 수 있다.
- [0080] 한편, 본 발명의 제2 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법은, 전압검출 및 전류검출단계(S100)와, 스트로크연산단계(S200)와, 위상차검출단계(S300)와, 전력연산단계(S400)와, 특성점검출단계(S500)와, 모터구동단계(S600)를 포함하고, 상기 스트로크연산단계(S200)는 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하지 아니하고, 센서 등을 이용하여 직접 스트로크를 검출한다.
- [0081] 본 발명의 제3 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법은, 도 9에 도시한 바와 같이, 압축기 모터에 인가되는 모터전압을 검출하는 전압검출단계, 및 상기 모터에 인가되는 모터전류를 검출하는 전류검출단계(S100)와, 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하는 스트로크연산단계(S200)와, 상기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차를 검출하는 위상차검출단계(S300)와, 상기 모터에 인가되는 모터전압과 상기 모터에 인가되는 모터전류를 근거로 부하전력을 연산하는 전력연산단계(S400)와, 가스 스프링 상수를 연산하는 가스스프링상수연산단계(S510)와, 상기 가스 스프링 상수와, 상기 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하는 특성점검출단계(S520)와, 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하는 모터구동단계(S600)를 포함하여 구성된다. 한편 상기 모터구동단계(S600)는 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력하는 제어신호출력단계(S610)를 포함하고, 상기 제어신호에 따라 입력전력을 모터에 공급하여 구동한다(S620).
- [0082] 상기 모터전류 및 모터전압을 검출하는 단계(S100)는 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 상기 리니어 압축기의 모터(700)에 인가되는 모터전류 및 상기 리니어 모터(700)의 양단 간에 인가되는 모터전압을 검출한다.
- [0083] 상기 스트로크연산단계(S200)는 상기 검출된 모터전압과, 상기 검출된 모터전류를 근거로 스트로크를 연산한다.
- [0084] 상기 위상차검출단계(S300)는 상기와 같이 검출된 모터전류와 상기 연산된 스트로크의 위상차를 검출한다.
- [0085] 한편, 전력연산단계(S400)는 상기 검출된 모터전류와 모터전압을 승산하여 전력을 연산한다. 이때의 전력은 상기 리니어 모터(700)에 입력되는 전력이나, 압축기의 부하에 따라 결정되는 값이므로, 부하전력이라 한다.
- [0086] 상기 피스톤은 상기 리니어 모터에 의해 왕복 직선 운동하더라도 운동방향으로 탄성 지지될 수 있도록 각종 스프링이 설치되는데, 구체적으로 기계 스프링(Mechanical Spring)의 일종인 코일 스프링이 피스톤의 운동방향으로 상기 밀폐용기 및 실린더에 탄성 지지되도록 설치되며, 상기 압축공간으로 흡입된 냉매 역시 가스 스프링(Gas Spring)으로 작용하게 된다. 이때, 상기 코일 스프링은 일정한 기계 스프링 상수(Mechanical Spring Constant; K_m)를 가지고, 상기 가스 스프링은 부하에 따라 가변되는 가스 스프링 상수(Gas Spring Constant; K_g)를 가진다. 상기 기계 스프링 상수(K_m) 및 가스 스프링 상수(K_g)를 고려하여 리니어 압축기의 고유주파수(f_n)가 결정된다. 상기 고유주파수(f_n)와 기계 및 가스 스프링 상수(K_m, K_g) 간의 관계는 하기와 같다.

수학식 5

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_m + K_g}{M}}$$

[0087]

여기서, 상기 f_n 은 피스톤의 고유주파수, K_m 은 기계 스프링 상수, K_g 는 가스 스프링 상수이며, M 은 피스톤의 질량이다.

[0088]

[0089]

즉, 상기 가스스프링상수연산단계(S510)는 리니어 압축기의 부하에 따라 가스스프링상수를 연산하는데, 상기 모터전류와, 상기 스트로크와, 상기 전류와 스트로크의 위상차를 근거로 가스 스프링 상수(K_g)를 연산한다. 상기 가스 스프링 상수(K_g)는 하기와 같이 연산될 수 있다.

수학식 6

$$K_g = \alpha \left| \frac{I(j\omega)}{X(j\omega)} \right| \cos(\theta_{i,x}) + M\omega^2 - K_m$$

[0090]

[0091]

여기서, 상기 α 는 모터 상수, ω 는 운전주파수, K_m 은 기계 스프링 상수, K_g 는 가스 스프링 상수이며, M 은 피스톤의 질량, $|I(j\omega)|$ 는 한주기 전류 피크값, $|X(j\omega)|$ 는 한주기 스트로크 피크값을 나타낸다.

[0092]

상기 특성점검출단계(S520)는 상기 가스 스프링 상수(K_g)와, 상기 연산된 부하전력이 일치하는 특성점을 검출한다. 또한, 상기 모터구동단계(S600) 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하도록 하는 제어신호를 출력한다(S610). 여기서, 상기 제어신호는 일반적으로 상기 인버터 유닛의 PWM(Pulse Width Modulation, 펄스폭변조) 전압 듀티를 제어하는 PWM 신호이다. 상기 모터구동단계(S600)는 상기 제어신호에 따라 상기 모터에 상기 입력전력을 공급한다(S620). 상기 위상차와, 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 고정된 경우에 적합하고, 상기 가스 스프링 상수와 상기 부하전력을 이용하는 실시예의 경우에는 운전주파수가 가변되는 환경에 더 적합하다. 한편, 가스 스프링 상수와 부하전력을 이용하는 경우에도 상기 위상차와 부하전력을 이용하는 경우와 마찬가지로 첨부한 도 10 내지 도 11에 도시한 바와 같은 특성을 가진다. 즉, TDC로 가까이 감에 따라 가스 스프링 상수는 감소하고, 부하전력은 증가하게 되며, 일정한 점에서 상기 가스 스프링 상수 곡선과 상기 부하전력 곡선은 서로 교차하게 된다. 상기 일정한 점을 상기 특성점으로 결정한다. 또한, 상기 가스 스프링 상수는 부하가 크면 증가하고, 부하가 작으면 감소한다. 마찬가지로, 도 12와 같은 부하 곡선(Load Curve)를 도시할 수 있고, 압축기의 부하, 또는 냉동 시스템의 부하,에 따라 교차하는 특성점도 변동된다. 한편, 냉동 시스템의 특성, 예를 들어 냉장고의 용량,에 따라 일정 값을 곱하여 도 12에 도시한 바와 같이, 1,2,3으로 입력전력을 가변할 수 있다.

[0093]

한편, 본 발명의 제4 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법은, 전압검출 및 전류검출단계(S100)와, 스트로크연산단계(S200)와, 위상차검출단계(S300)와, 전력연산단계(S400)와, 가스스프링상수연산단계(S510)와, 특성점검출단계(S520)와, 모터구동단계(S600)를 포함하고, 상기 스트로크연산단계(S200)는 상기 모터전압과 상기 모터전류를 근거로 스트로크를 연산하지 아니하고, 센서 등을 이용하여 직접 스트로크를 검출한다.

[0094]

도 13은 본 발명에 따른 리니어 압축기의 제어 장치 및 제어 방법이 적용된 냉동 시스템, 특히 냉장실과 냉동실을 구비한 냉장고에 있어서, 냉동 시스템 운전 시의 스트로크 및 전력 변화를 보인 그래프이다. 상기 냉동 시스템의 구성은 실제 응용 범위에 따라 달라지므로 생략한다. 먼저 도 3을 참조하면, 종래 기술에서는, TDC 운전을 수행하다가 냉력 가변 제어를 실시하여 초기에 입력전력이 커짐을 알 수 있고, 냉장실 운전에서 냉동실 운전으로 전환하는 경우에 TDC 운전을 다시 한 번 수행해야 한다. 반면, 도 13을 참조하면, 냉장실 운전시에 원하는 냉력가변량 제어를 바로 실시하여 초기에 입력전력에 오버슈트(Over-shoot)가 발생되지 않고, 냉장실 운전에서 냉동실 운전으로 전환하는 경우에도 원하는 냉력 가변 제어를 바로 수행하여 TDC운전을 하지 아니하여 입력 오버슈트에 의해 발생하는 지연이나, 또는 냉력 가변 제어를 위한 지연이 발생하지 않는다.

[0095]

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따라 압축기 모터에 인가되는 모터전류와 스트로크 사이의 위상차와, 압축기 부하에 따른 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하거나, 또는 가스 스프링 상수 곡선과 부하전력이 일치하는 특성점을 검출하여 상기 특성점에 해당하는 입력전력을 공급하여 상기 모터를 구동하고, 이를 구비한 냉동 시스템에 냉력을 변경, 공급함으로써 소비전력을 감소시키고, TDC 제어를 수행하지 아니하여 변동소음을

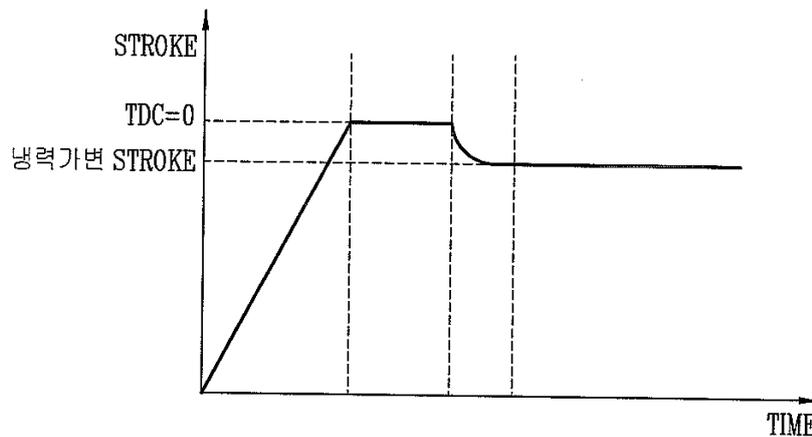
줄이며, 냉력 가변 제어를 수행하기 위한 별도의 냉력 변경량을 입력하지 아니할 수 있다.

도면의 간단한 설명

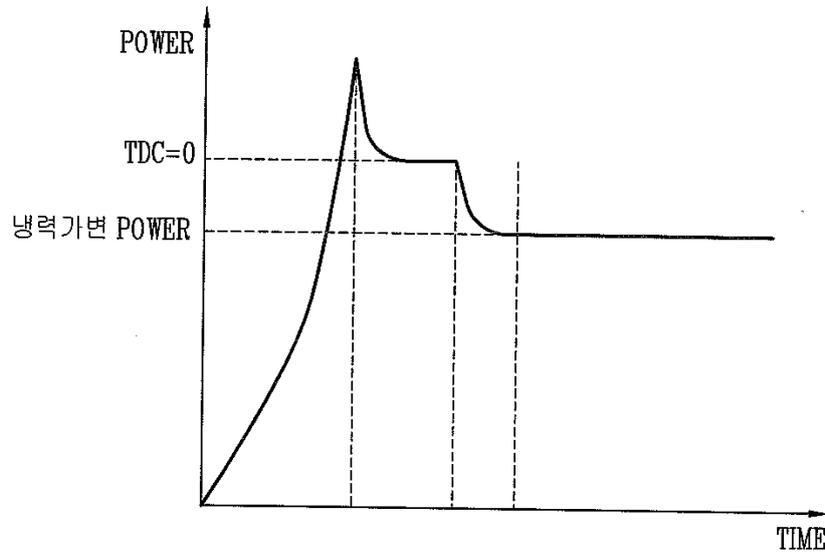
- [0096] 도 1은 종래기술에 따른 리니어 압축기의 용량 가변 제어 시의 스트로크 변화를 보인 그래프;
- [0097] 도 2는 종래기술에 따른 리니어 압축기의 용량 가변 제어 시의 전력 변화를 보인 그래프;
- [0098] 도 3은 종래기술에 따라 냉동 시스템 운전 시의 스트로크 및 전력 변화를 보인 그래프;
- [0099] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치의 구성을 개략적으로 보인 블록도;
- [0100] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치의 구성을 개략적으로 보인 블록도;
- [0101] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치의 구성을 개략적으로 보인 블록도;
- [0102] 도 7은 본 발명의 제4 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 장치의 구성을 개략적으로 보인 블록도;
- [0103] 도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법을 개략적으로 보인 흐름도;
- [0104] 도 9는 본 발명의 제3 실시예에 따른 리니어 압축기의 제어 방법을 개략적으로 보인 흐름도;
- [0105] 도 10은 저부하 시, 본 발명에 따라 전류와 스트로크의 위상차, 및 전력을 근거로 특성점을 검출하는 동작을 설명하기 위한 그래프;
- [0106] 도 11은 고부하 시, 본 발명에 따라 전류와 스트로크의 위상차, 및 전력을 근거로 특성점을 검출하는 동작을 설명하기 위한 그래프;
- [0107] 도 12는 본 발명에 있어서, 부하 변동에 따라 특성점이 변경되는 동작을 설명하기 위한 그래프;
- [0108] 도 13은 본 발명에 따라 냉동 시스템 운전 시의 스트로크 및 전력 변화를 보인 그래프이다.

도면

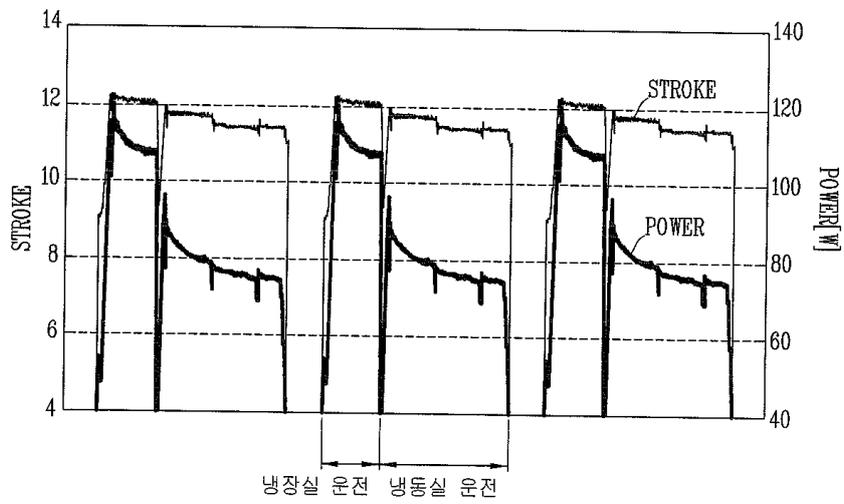
도면1



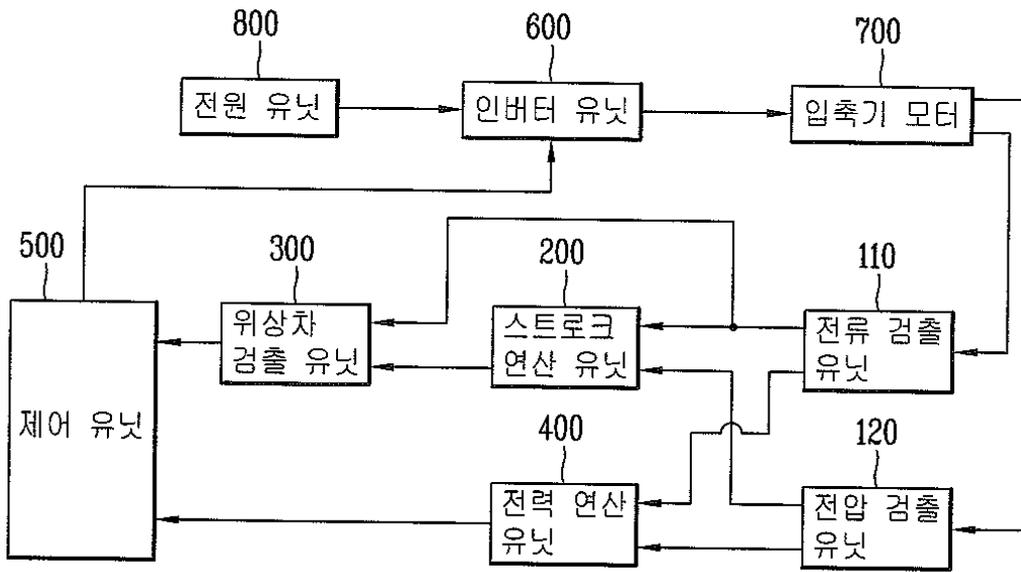
도면2



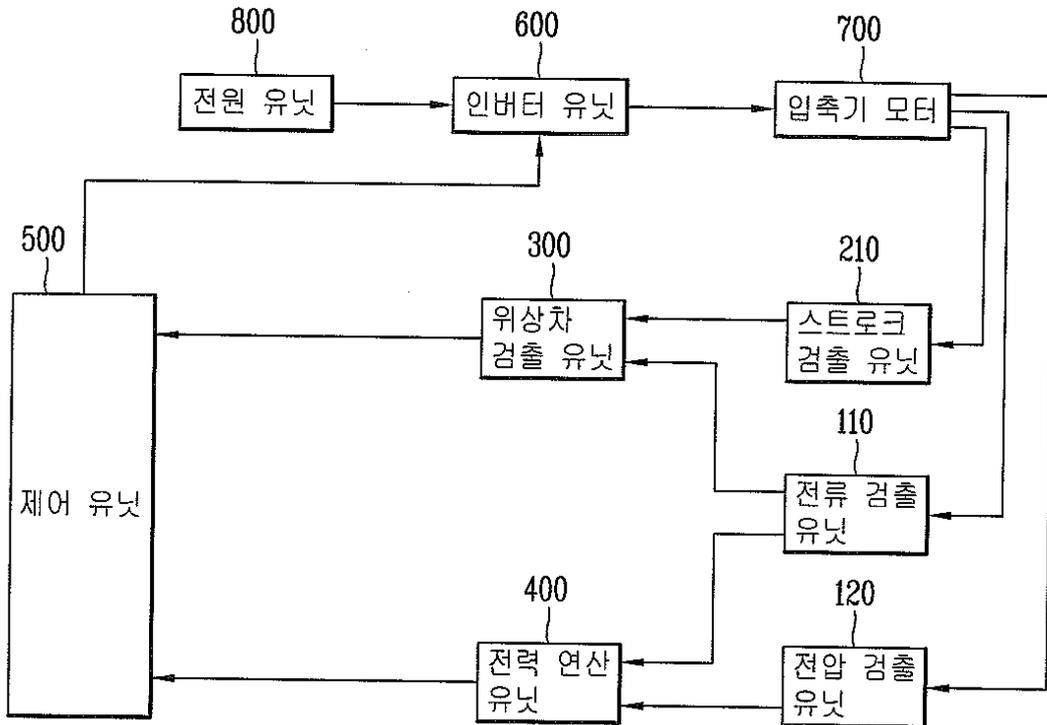
도면3



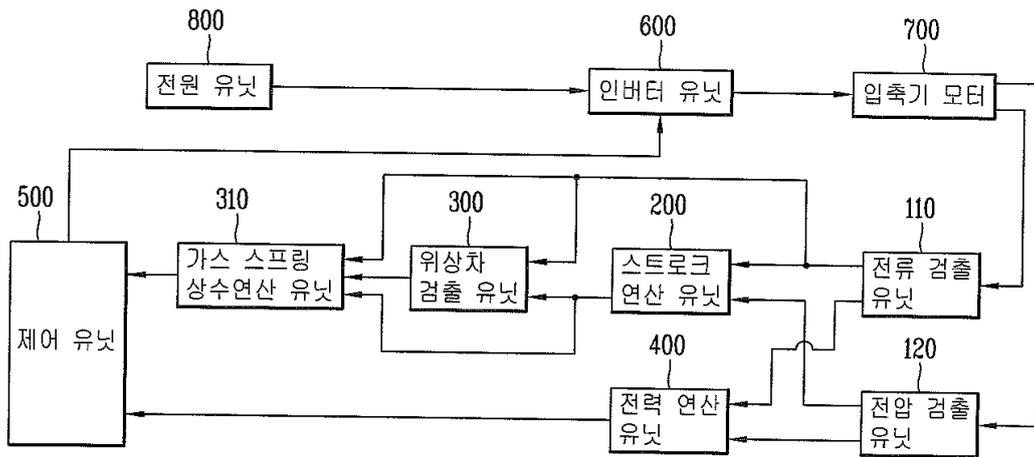
도면4



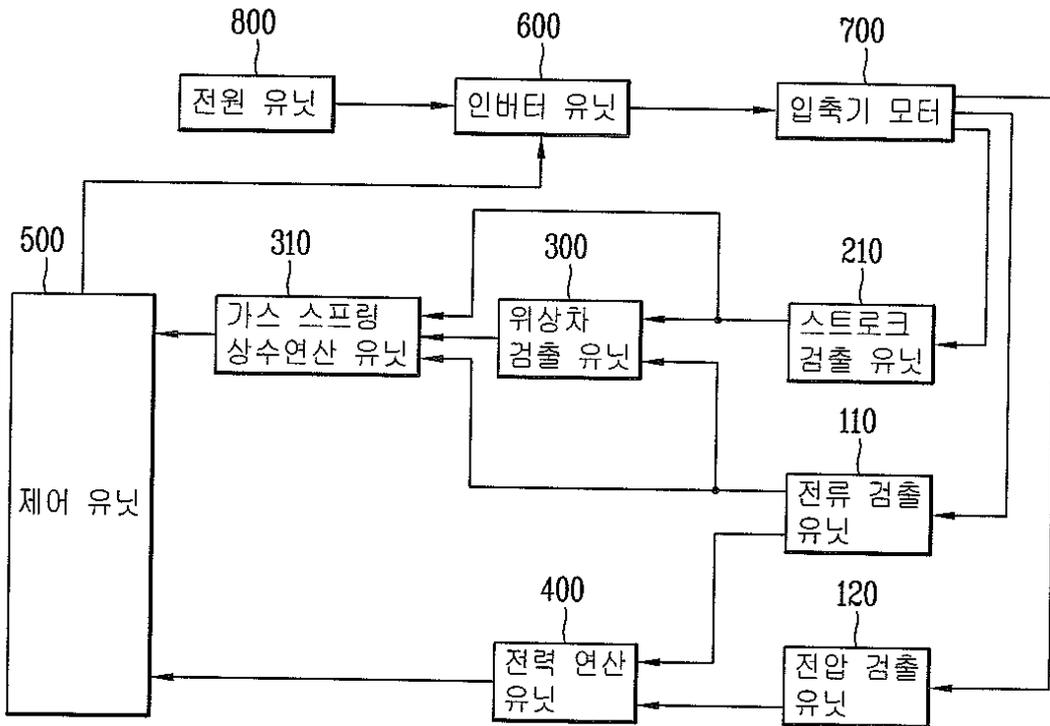
도면5



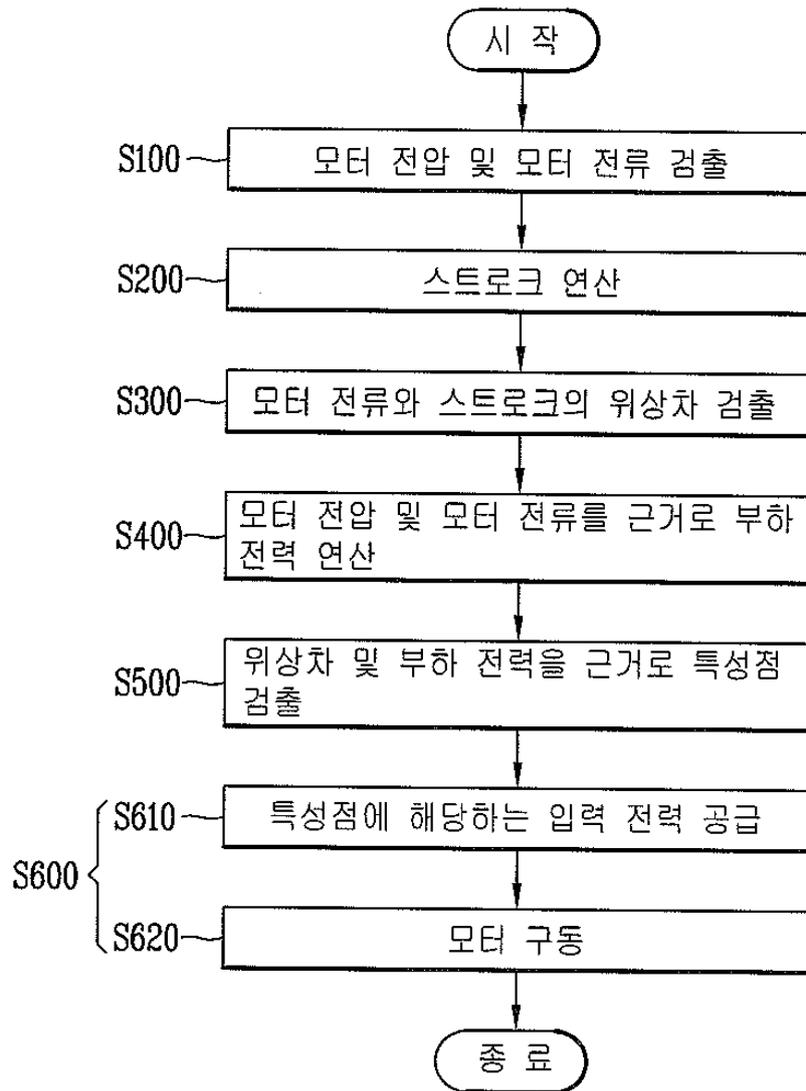
도면6



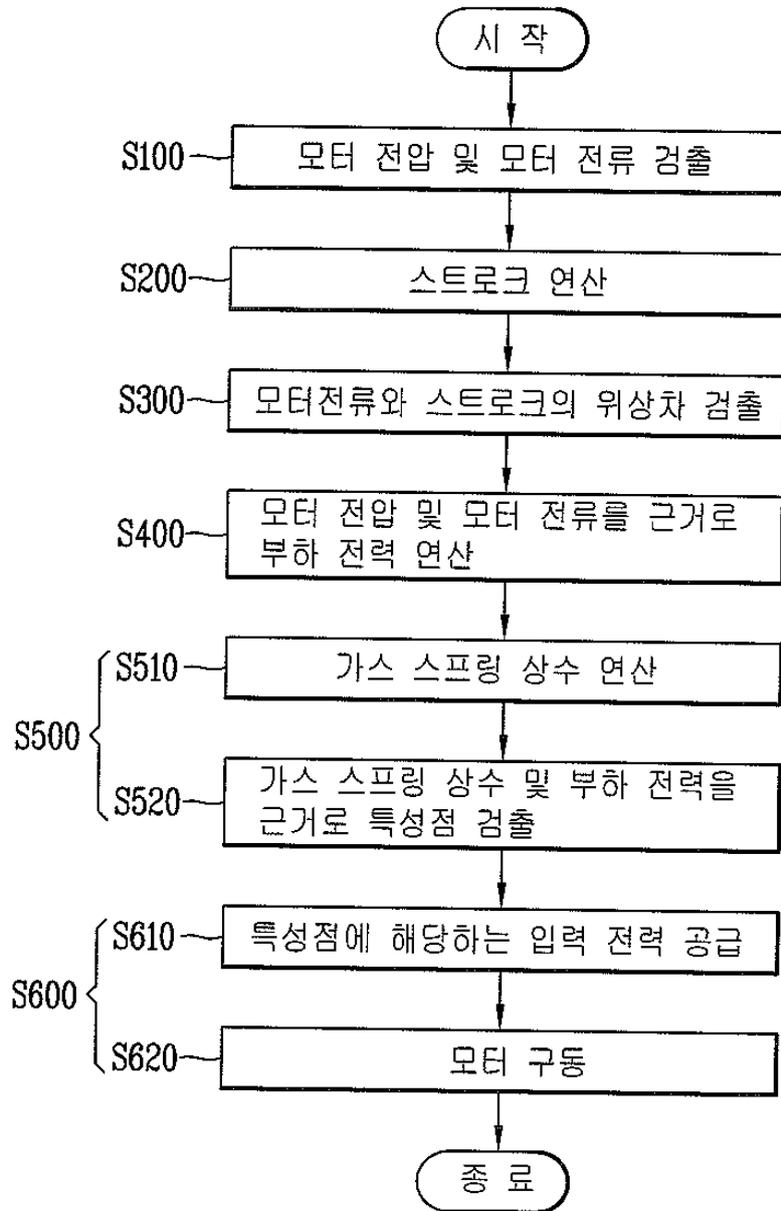
도면7



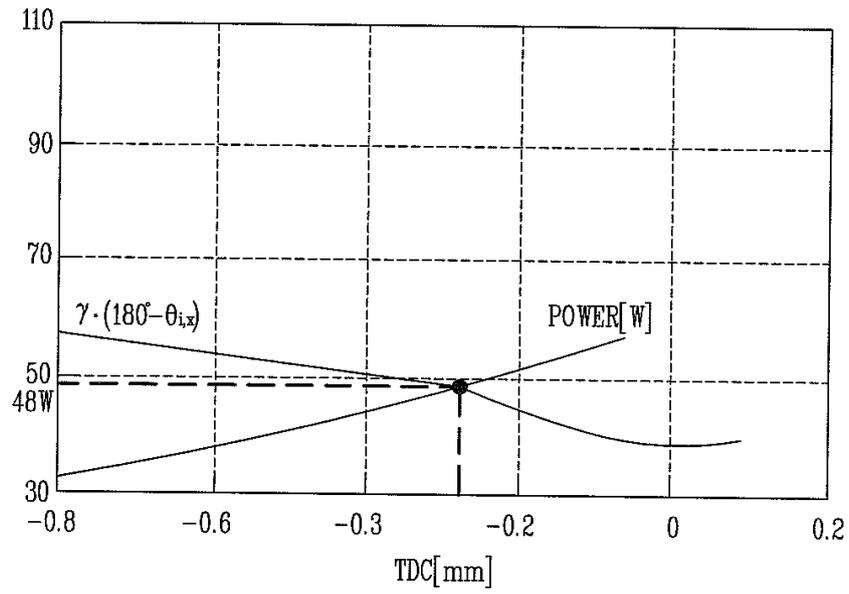
도면8



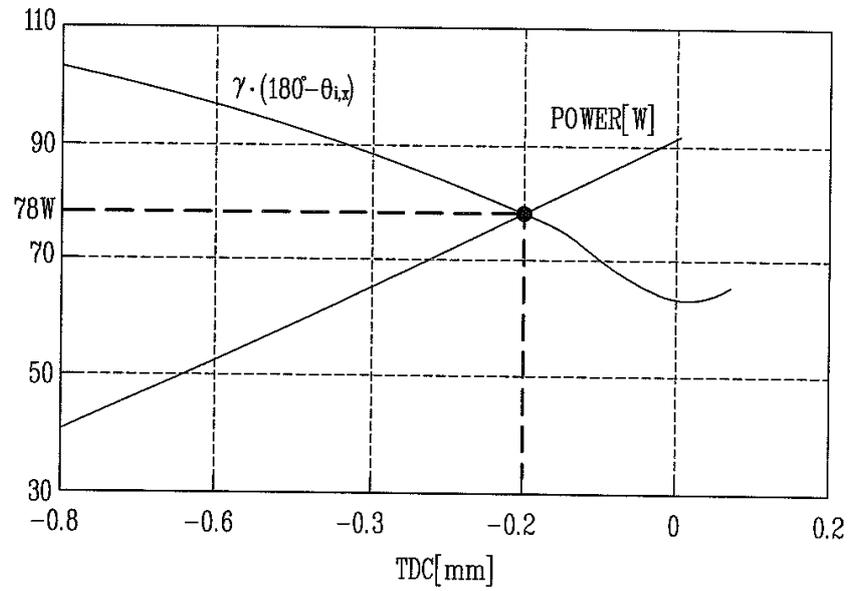
도면9



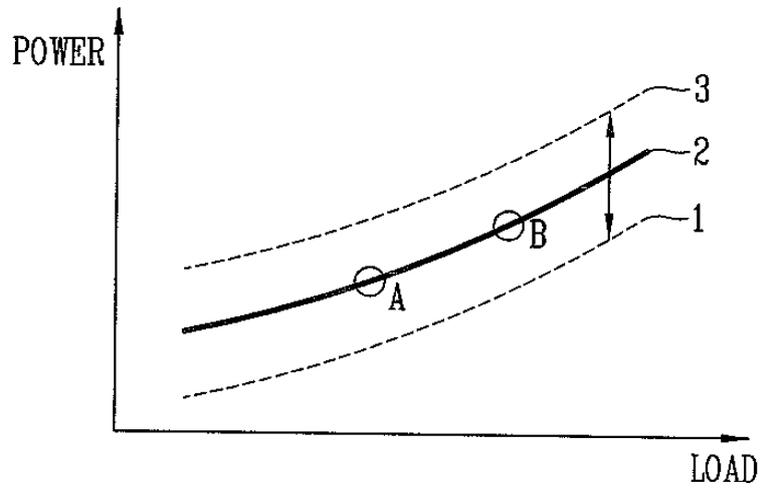
도면10



도면11



도면12



도면13

