

◆ 25년 5월 고3 10~13번

[10 ~ 13] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

건물에 외부의 힘이 작용하면 건물에는 특정 위치를 기준으로 반복적으로 움직이는 운동인 진동이 발생한다. 그래서 건물을 설계할 때는 이러한 건물의 진동을 줄이거나 없애는 제진 시스템을 적용하는데, 그중 자기 유변 유체를 활용한 제진 시스템은 건물의 진동 크기에 따른 제진에 효율적이다. 자기 유변 유체는 구성 입자가 쉽게 움직이는 액체에 마이크로미터 단위의 자성 입자를 섞은 물질이다. 이 유체는 주변에 자기장이 형성되면 자성 입자가 자기장의 방향으로 배열되면서 유체가 운동에 저항하는 성질인 점성이 커지는 특징이 있다.

자기 유변 유체를 활용한 제진 시스템은 기본적으로 건물이 진동하는 가속도를 측정하여 자기장을 생성함으로써 건물의 진동에 대응한다. 이러한 대응은 가속도 감지기, 제어기, 감쇠기에서 응답 인식 과정과 감쇠 제어 과정을 순환하며 이루어진다.

응답 인식 과정은 건물에 외부 힘이 작용했을 때 나타나는 건물의 진동 상태를 가속도의 크기로 산출하는 과정이다. 건물이 진동으로 흔들리기 시작하면서 한쪽으로 움직이면, 먼저 가속도 감지기 내부에서는 특정 질량을 가진 질량체가 관성에 의해 건물의 운동 방향과 반대 방향으로 압전소자에 힘을 가한다. 이렇게 힘을 받은 압전소자에서는 전압이 발생한다. 이때 발생한 전압은 크기가 매우 작아 왜곡이 일어나기 쉽다. 그래서 자체 전원을 지닌 제어기에서 가속도 감지기로 전류를 보내 가속도 감지기에서 발생한 전압을 증폭시켜 수신한다. 이후 제어기는 수신한 전압의 값을 토대로 건물의 가속도의 크기를 산출한다.

감쇠 제어 과정은 응답 인식 과정에서 산출한 가속도의 크기에 따라 건물의 운동 에너지를 열에너지로 전환하여 건물의 진동을 줄이는 과정이다. 감쇠기는 자기 유변 유체가 들어 있는 밀폐된 원통 실린더 안에, 실린더 내부 벽면에 밀착하여 실린더 양쪽 끝을 왕복하며 이동하는 피스톤이 들어가 있는 장치이다. 이 피스톤에는 한쪽 끝에서 반대쪽 끝까지 이어지는 가늘고 긴 구멍이 나 있다. 건물이 진동하면 실린더 안에서 피스톤이 건물의 운동 방향으로, 실린더 끝 쪽으로 이동한다. 이때 피스톤이 이동하는 쪽 실린더 공간에 들어 있는 자기 유변 유체는 피스톤이 밀어내는 압력에 의해 피스톤의 구멍을 통과하여 피스톤이 이동하는 방향의 반대쪽 실린더 공간으로 이동하며 마찰을 일으킨다. 이 과정에서 발생한 마찰로 인해 건물의 운동 에너지가 열에너지로 전환되면서 감쇠가 일어난다.

만약 응답 인식 과정에서 산출한 가속도의 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 크면, 제어기에서는 감쇠기로 전류를 보내 피스톤 주변에 자기장을 생성하여 감쇠기의 자기 유변 유체의 점성이 커진다. 이때 전류의 크기와 자기장의 세기는 비례하며, 유체의 점성의 크기는 자기장의 세기에 비례한다. 이로 인해 피스톤이 이동하는 방향과 반대 방향으로 작용하는 감쇠기의 감쇠력도 증가하게 된다. 이후 응답 인식 과정에서 지속적으로 건물의 가속도의 크기를 산출하여 그 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 작아지면 제어기는 감쇠기로 전류를 보내지 않아 ㉠ 감쇠기는 자기 유변 유체가 지닌 기존 점성의 크기만으로 건물의 진동을 감쇠시킨다.

이러한 과정들을 순환하며 작동되는 자기 유변 유체를 활용한 제진 시스템은 일상의 작은 진동부터 지진으로 인한 큰 진동까지 건물의 진동 상태에 맞게 제진을 할 수 있는 것이다.

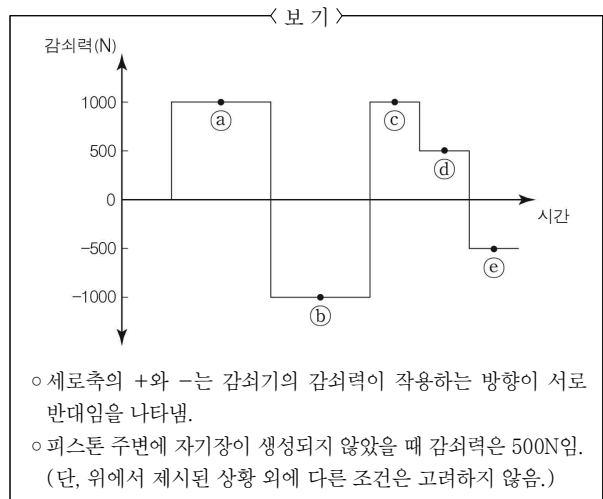
10. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 건물에 외부의 힘이 작용하면 진동이 발생한다.
- ② 감쇠기의 피스톤에는 가늘고 긴 구멍이 나 있다.
- ③ 제진 시스템의 제어기는 자체 전원을 지니고 있다.
- ④ 압전소자에서 발생한 전압의 크기는 왜곡이 일어날 수 있다.
- ⑤ 가속도 감지기는 제어기에서 산출한 가속도의 크기를 수신한다.

11. 자기 유변 유체에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 주변에 형성된 자기장에 영향을 받는 물질이다.
- ② 건물의 진동에 비례하여 전류를 생성하는 물질이다.
- ③ 유체가 운동에 저항하는 성질인 점성을 지닌 물질이다.
- ④ 마이크로미터 단위의 자성 입자가 액체에 섞여 있는 물질이다.
- ⑤ 건물의 제진 시스템에서 감쇠를 조절하기 위해 사용되는 물질이다.

12. <보기>는 시간에 따른 감쇠기의 감쇠력 변화를 설명하기 위한 그래프이다. 윗글을 이해한 학생이 ㉠~㉣에 대해 보인 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 건물의 진동이 시작될 때 가속도 감지기의 질량체가 압전소자에 힘을 가한 방향은 ㉠에서 피스톤이 이동하는 방향과 반대이겠군.
- ② ㉡에서 피스톤이 이동하는 방향은 ㉣에서 자기 유변 유체가 이동하는 방향과 서로 다르겠군.
- ③ ㉢부터 ㉣ 사이에서 자기 유변 유체의 점성은 크기가 작아졌겠군.
- ④ ㉣과 ㉤ 사이에서 제어기는 감쇠기로 전류를 보내지 않겠군.
- ⑤ ㉤에서 가속도 감지기 내부의 압전소자에서 발생한 전압의 값은 ㉠일 때보다 작아졌겠군.

13. 윗글을 읽고 ㉠의 이유를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 제어기에서 더 이상 건물의 가속도 크기를 산출하지 않기 때문이다.
- ② 감쇠기의 자기 유변 유체가 더 이상 움직일 수 없게 되었기 때문이다.
- ③ 감쇠기의 마찰로 인해 건물의 운동 에너지가 열에너지로 모두 전환되었기 때문이다.
- ④ 가속도 감지기에서 산출한 가속도의 크기가 제어기에 입력된 기준값보다 커졌기 때문이다.
- ⑤ 피스톤 주변에 자기장이 생성되지 않아 자기 유변 유체의 자성 입자의 배열이 풀렸기 때문이다.

◆ 17년 11월 고2 25~29번

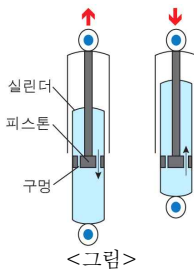
[25 ~ 29] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

선반에 고정된 스프링 끝에 추를 매달면 추의 무게와 스프링이 추를 당기는 힘이 같아지는 지점에서 추는 멈추게 된다. 이 상태에서 추를 아래로 잡아당겨 보자. 추를 당기는 힘으로 인해 스프링은 늘어나는데 아래로 잡아당길수록 더 큰 힘이 필요하다. 이는 추를 당기는 힘에 대항하는 스프링의 탄성력 때문이다. 탄성력이란 고무줄이나 스프링같이 탄성을 가진 물체가 원래의 모양으로 되돌아가려는 힘이며, 길이를 늘이거나 압축하는 방향의 반대 방향으로 작용한다. 당겼던 추를 놓으면 탄성력에 의해 추는 상하로 진동하다가 추를 당기기 전과 동일한 지점에서 멈추게 된다. 이 지점을 평형점이라고 한다.

① 이러한 추의 진동 과정은 에너지의 전환 과정으로도 설명될 수 있다. 추를 잡아당길 때, 추를 잡아당기는 데에 사용한 에너지가 스프링에 저장되었다고 할 수 있는데 이때 저장된 에너지를 탄성력에 의한 '퍼텐셜 에너지'라고 한다. 당겼던 추를 놓으면 스프링은 탄성력에 의해 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지만큼 추를 수직 방향으로 상향, 가속시키는 일을 한다. 즉 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지가 추의 운동 에너지로 전환되는 것이다. 수직 상향하던 추는 평형점을 지날 때에 속력이 가장 빠르고 운동 에너지는 최대가 된다. 이후 추는 계속 상향하면서 스프링을 누르는 일을 하여 결국 속도가 0인 최고점에 도달하게 된다. 즉 평형점을 지나면서 추의 운동 에너지는 스프링의 퍼텐셜 에너지로 전환되는 것이다. 이후 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지는 상향으로 운동할 때와 방향이 반대일 뿐, 같은 과정을 거쳐 운동 에너지로 전환되어 추를 수직 하향하게 한다. 만약 추의 운동을 방해하는 힘이 없고 공기 저항 등으로 인한 손실이 전혀 없다고 가정한다면 이러한 에너지 전환 과정이 반복되면서 스프링과 추는 계속 진동하게 될 것이다. 즉 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합은 항상 일정한 상태로 유지되는 것이다. 하지만 실제로는 공기와 스프링의 마찰 등에 의해 추의 운동 에너지가 열에너지로

전환되므로 에너지 전환 과정이 반복될수록 진동은 점차적으로 줄기 마련이다. 이를 '감쇠 현상'이라고 한다.

이와 같이 진동에서 일어나는 에너지 전환과, 감쇠의 원리를 적절히 응용한 것이 **현가장치**의 스프링과 쇼크업소버이다. 먼저 차체와 바퀴 사이에 위치한 스프링은 진동을 활용하여 지면에서 받는 충격이 차체로 전달되는 것을 줄여주는 역할을 한다. 예를 들어 ㉠ 평지를 달리던 자동차가 과속 방지턱을 지난 후 높이 변화가 없는 평지를 계속 달리고 있다고 하자. 과속 방지턱에서 받은 충격으로 스프링은 차체와 바퀴 사이에서 눌러 퍼텐셜 에너지가 스프링에 저장된다. 이 에너지로 인해 스프링은 스프링 상단의 차체를 밀어 올리는 일을 하게 된다. 따라서 차체는 수직으로 상향, 가속되다가 평형점을 지나 감속되면서 운동 에너지가 퍼텐셜 에너지로 완전히 전환되는 최고점에 이른다. 이후 차체는 하향, 가속되다가 평형점을 지나 최저점에 도달하게 된다. 이와 같은 에너지 전환이 반복되면서 차체와 스프링은 진동하게 되는 것이다. 하지만 스프링만으로는, 차체 진동의 평형점에서 최고점이나 최저점까지의 거리인 진폭을 줄이는데 시간이 오래 걸리므로 차에 탄 사람에게 불쾌감을 주게 된다. 그래서 스프링의 진동을 줄여주는 장치가 추가로 필요한데, 그것이 바로 스프링과 연결되어 있는 ㉡ 쇼크업소버이다.



<그림>에서와 같이 쇼크업소버는 액체로 가득 찬 밀폐된 실린더와, 그 속에 여러 개의 작은 구멍이 뚫린 피스톤으로 구성되어 있으며 실린더의 윗부분은 차체, 아랫부분은 바퀴와 연결되어 있다. 자동차가 과속 방지턱을 지나 차체와 스프링이 진동할 때, 피스톤도 실린더의 상단이나 하단으로 이동하게 된다. 예를 들어 차체가 수직으로 하향할 때 피스톤도 실린더의 하단으로 이동하게 된다. 이때 피스톤 아래에 있던 액체는 작은 구멍을 통해 피스톤 위로 이동하게 되는데 구멍의 크기가 작아 액체와 구멍 사이에서 마찰이 발생하기 때문에 피스톤이 하단으로 이동하는 속도가 그만큼 줄어들어 천천히 움직이게 된다. 이때 마찰에 의해 열이 발생하여 실린더 내부의 온도가 상승하게 되는데, 이를 에너지의 전환으로 설명하면 운동 에너지가 열 에너지로 흩어지게 되는 것이다. 이와 같은 과정을 통해 쇼크업소버는 차체 진동의 진폭을 줄이게 된다. 결국 자동차의 승차감은 현가장치의 스프링과 쇼크업소버의 기능이 적절히 결합해 만들어지는 것이다.

* 현가장치: 자동차가 주행 중 노면으로부터 바퀴를 통하여 받게 되는 충격을 흡수하여 차체나 화물의 손상을 방지하고 승차감을 좋게 하는 장치.

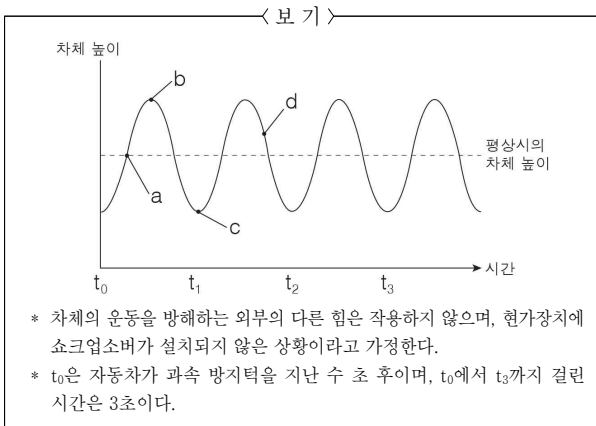
25. 위글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 역사
 - 에너지 전환 이론을 중심으로
- ② 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 역할
 - 평형점의 이동 원리를 중심으로
- ③ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 작동 원리
 - 에너지 전환과 진동의 감쇠를 중심으로
- ④ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 장점과 단점
 - 에너지의 발생과 감쇠를 중심으로
- ⑤ 현가장치 스프링과 쇼크업소버의 주요 기능
 - 열에너지의 감소 과정을 중심으로

26. ㉠에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 스프링 대신 고무줄을 사용해도 유사한 현상이 발생할 것이다.
- ② 추를 수직 하향으로 당기면 스프링의 탄성력은 수직 상향으로 작용한다.
- ③ 추를 당겨서 스프링을 늘이려면 스프링의 탄성력보다 큰 힘이 필요하다.
- ④ 추를 당겼다 놓은 후 추가 진동하다 멈추는 것은 공기의 저항 등에 따른 감쇠 현상 때문일 것이다.
- ⑤ 추를 잡아당겼다 놓으면 스프링의 진동은 추를 당기기 전보다 높은 지점에서 결국 멈추게 될 것이다.

[27~28] <보기>는 위글의 ㉠의 상황에서 나타난 차체의 진동을 그래프로 표현한 것이다. 위글과 <보기>를 바탕으로 27번과 28번 물음에 답하시오.



27. 위글을 바탕으로 <보기>를 이해한 학생의 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]

- ① a는 차체 진동의 평형점으로, a에서의 차체의 수직 방향의 속력은 d에서보다 더 빠르겠군.
- ② b는 수직으로 운동하는 차체의 운동 에너지보다 스프링에 저장된 퍼텐셜 에너지가 큰 지점이겠군.
- ③ b와 c는 스프링이 수직 방향으로 움직이는 속도가 0이 되는 지점이겠군.
- ④ c는 수직 하향하던 차체의 운동 에너지가 0이 되는 지점이겠군.
- ⑤ d는 차체의 높이가 낮아지면서 탄성력에 의해 스프링이 늘어나고 있는 지점이겠군.

28. <보기>의 상황에서 ㉡을 추가로 설치했다고 할 때, 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 차체의 높이가 a를 지날 때 ㉡의 피스톤은 실린더의 윗부분으로 이동하고 있을 것이다.
- ② 차체의 높이가 a에서 b가 되는 과정에서 ㉡의 피스톤 아래의 액체는 피스톤 위로 이동하게 될 것이다.
- ③ 차체의 높이 변화라고 할 수 있는 b에서 c까지의 수직 거리는 ㉡의 실린더에서 발생한 마찰로 인해 시간이 흐를수록 감소하게 될 것이다.
- ④ 차체의 높이가 c를 지나게 되면 실린더의 아래쪽으로 이동하던 ㉡의 피스톤의 방향은 전환되었을 것이다.
- ⑤ 차체의 높이가 d일 때 ㉡의 피스톤 아래의 액체가 작은 구멍을 통과하면서 실린더 내부에는 열이 발생할 것이다.

29. 위글의 <현가장치>에 대해 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 스프링은 열을 탄성력으로 바꾸고, 쇼크업소버는 진동의 충격을 열로 바꾸는군.
- ② 스프링은 충격이 차체로 전달되는 것을 줄여주고, 쇼크업소버는 차체 진동의 진폭을 줄이는군.
- ③ 스프링은 차체의 진동방향을 바꾸고, 쇼크업소버는 차체 진동의 속도를 높이는 역할을 하는군.
- ④ 스프링에서는 운동 에너지가 열에너지로 전환되고, 쇼크업소버에서는 열에너지가 운동 에너지로 전환되는군.
- ⑤ 스프링에서는 공기와 스프링의 마찰을 늘려서, 쇼크업소버에서는 액체와 피스톤의 마찰을 억제해서 열이 발생되는군.

[32~37] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가)

촉각을 통해 가상 환경의 물체와 사용자를 연결하는 기계 장치를 햅틱 장치라고 하며, 이 장치는 주로 사용자의 손을 통해 가상 물체에 관한 정보를 전달한다. 사용자가 햅틱 장치를 통해 가상 물체를 만지면 가상 환경 시스템은 물리적 신호에 해당하는 ‘포스 피드백’을 사용자에게 전달하고, 사용자는 이 포스 피드백에 의해 가상 물체를 만지고 있다고 인지하게 된다.

진동 촉감은 물리적 신호에 해당하는 대표적인 포스 피드백으로, 압전 소자를 활용한 압전 구동 장치를 통해 진동 촉감을 만드는 방법이 널리 활용된다. 압전 소자의 내부에는 한쪽에 양전기를, 반대쪽에 음전기를 ㉔ 띠는 쌍극자들이 수없이 존재한다. 압전 소자에서 양전기를 띠는 쪽에 음극을 연결하고 음전기를 띠는 쪽에 양극을 연결한 후 전압을 가하면, 쌍극자들이 음극과 양극으로 각각 ㉕ 끌려가 전체적으로 압전 소자가 늘어나는 인장 현상이 일어난다. 이와 반대로 연결하면, 쌍극자들은 연결된 음극과 양극에서 각각 멀어지기 때문에 압전 소자가 줄어드는 수축 현상이 일어난다. 이때 압전 소자의 인장과 수축이 빠르게 반복되면 진동이 발생하고, 압전 소자의 인장과 수축 정도는 가해지는 전압이 클수록 커진다. 따라서 전압의 조절만으로 압전 소자의 진동수와 진폭을 조절할 수 있으며, 특히 인간이 쉽게 인지할 수 있는 200~300 Hz의 진동을 만들 수 있다는 점에서 이 방법은 널리 활용되고 있다.

한편 햅틱 장치로 물체 표면의 거칠기에 대한 포스 피드백을 전달하면 사용자는 자신이 만지는 가상 물체의 종류를 파악할 수 있는데, 거칠기에 대한 포스 피드백은 ‘스퀴즈 필름’을 활용하여 만들 수 있다. 초음파 진동수로 진동하는 물체의 표면에 손가락을 가까이 가져가면 진동 표면과 손가락 사이의 공기압이 주변의 공기압보다 높아져서 접촉면 사이에 압축된 얇은 공기층이 형성되어 진동 표면의 마찰 계수가 감소하여 마찰력이 작아진다. 이때 진동 표면과 손가락 사이에 형성된 공기층을 ‘스퀴즈 필름’, 스퀴즈 필름에 작용하는 공기 유체의 힘을 ‘스퀴즈 힘’이라고 한다. 진동 표면과 손가락 사이의 거리를 h 라고 할 때, 스퀴즈 필름은 진동 표면의 진동 진폭이 $1\mu\text{m}$ 이상이고, 손가락 접촉면의 반지름이 h 보다 클 때 형성된다. 또한 진동 진폭이나 손가락 접촉면의 반지름을 h 로 나눈 값이 클수록 스퀴즈 힘이 커지는데, 스퀴즈 힘이 클수록 마찰 계수는 작아진다. 인간은 마찰 계수가 큰 물체를 만질 때에는 거친 촉감을, 작은 물체를 만질 때에는 부드러운 촉감을 느끼며, 마찰 계수가 일정하지 않을 때에는 울퉁불퉁한 느낌을 받는다. 따라서 ㉖ 사용자가 가상 물체를 만질 때, 가상 환경 시스템이 햅틱 장치의 초음파 진동을 제어하면 사용자는 물체 표면의 거칠기를 알 수 있어 가상 물체의 종류를 파악할 수 있다.

(나)

‘햅틱’이라는 단어는 ‘촉각의’, ‘만지는’이라는 뜻을 지닌 말로, 인간의 촉각과 관련된 일련의 지각 과정과 가상 환경에서 가상의 촉감을 만들어 내는 기술을 연구하는 분야를 햅틱스라고 한다. 햅틱스에서는 현실과 ㉗ 가까운 가상의 촉감을 만들 수 있는 햅틱 장치를 개발하기 위해 노력하고 있는데, 이를 위해서는 인간의 촉각 인지 과정을 파악하는 것이 중요하다.

외부의 특정 자극이 피부에 닿으면 피부에 있는 수용체가

활성화되어 전기적 신호가 발생하고, 이 신호가 촉감을 담당하는 뇌의 체감각 피질로 전달되어 인간은 외부 자극을 자각하게 된다. 이때 수용체에서 발생하는 전기적 신호는 자극이 강해질수록 커지며, 체감각 피질에서 넓은 영역을 차지하는 신체의 피부일수록 자극에 민감하게 반응하는데, 인간의 손은 체감각 피질의 영역이 다른 신체 부위보다 넓기 때문에 손에 가해지는 자극에 민감하게 반응할 수 있다.

기계 수용체는 물리적 자극에 반응하는 수용체로, 피부에 일정한 자극을 지속적으로 가할 때 나타나는 수용체의 반응인 감각 순응의 속도에 따라 빠른 순응 수용체와 느린 순응 수용체로 분류할 수 있다. 빠른 순응 수용체에서는 자극이 가해지거나 ㉘ 사라지는 때에만 전기적 신호가 발생하고 자극의 세기가 변하지 않으면 전기적 신호가 발생하지 않는다. 이와 달리 느린 순응 수용체에서는 자극이 가해지는 동안에는 계속해서 전기적 신호가 발생한다. 또한 기계 수용체는 감각 수용장의 넓이에 따라 그 지름이 2~8 mm인 타입 I 수용체와 지름이 10~1,000 mm인 타입 II 수용체로 나눌 수 있다. 감각 수용장이란 수용체가 자극을 받아들일 수 있는 영역으로, 수용체의 지름이 클수록 하나의 수용체가 담당하는 영역은 넓어지지만 지각의 정확도는 떨어진다. 타입 I 수용체가 많을수록 약한 자극에도 민감하게 반응할 수 있는데, 다른 기계 수용체와 달리 타입 I 수용체는 손가락 끝에 집중되어 있고 손목에서 팔 방향으로 올라갈수록 점진적으로 수가 줄어든다. 피부 전체에서 타입 I 수용체는 타입 II 수용체보다 그 수가 많다.

한편 우리가 손으로 물체를 만질 때 피부는 물리적으로 자극을 받기 때문에 물체와 접촉하는 모든 종류의 기계 수용체가 반응하지만, 자극의 종류에 따라 결정적 역할을 하는 기계 수용체의 종류가 달라진다. 예를 들어 손으로 물체를 서서히 문지르는 경우 물체의 형태에 따라 거칠기가 달라지고 이는 손에 미세한 압력 변화를 일으켜 기계 수용체의 활성화 정도에 영향을 주기 때문에 인간은 물체의 종류를 파악할 수 있는데, 이때에는 느린 순응 타입 I 수용체가 높은 민감도를 갖는다.

또한 기계 수용체에 따라 민감하게 반응하는 주파수 영역이 ㉙ 다른데, 느린 순응 타입 I 수용체는 1 Hz 이하의 저주파 영역에서 민감하게 반응하는 반면, 빠른 순응 타입 I 수용체와 빠른 순응 타입 II 수용체는 각각 30~40 Hz와 200~300 Hz 영역의 자극에 민감하게 반응한다. 빠른 순응 타입 II 수용체는 기계 수용체 중에서 역치가 가장 낮아 해당 영역 주파수의 미세한 자극 변화를 감지하는 역할을 한다.

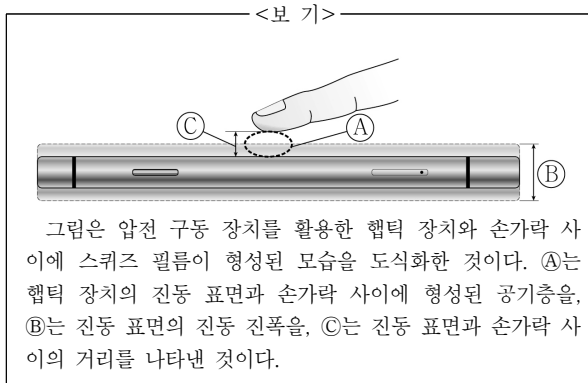
32. (가)를 읽고 가질 수 있는 의문 중에서 (나)를 통해 해결할 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 가상 환경 사용자는 왜 200~300 Hz의 진동을 쉽게 인지할 수 있을까?
- ② 햅틱 장치에서 진동 촉감이 물리적 포스 피드백을 대표하는 이유는 무엇일까?
- ③ 사용자가 포스 피드백에 의해 물체를 만지고 있다고 인지하게 되는 과정은 어떻게 될까?
- ④ 촉각을 통해 물체를 인지할 수 있는 가상 환경 기계 장치를 햅틱 장치라고 부르는 이유는 무엇일까?
- ⑤ 촉각을 통해 가상 환경의 물체를 인지할 때 주로 사용자의 손을 통해 정보를 전달하는 이유는 무엇일까?

33. (가), (나)에서 확인할 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 신체 부위에 따라 타입 I 수용체의 분포 정도가 다르다.
- ② 피부에 닿는 외부 자극이 강해질수록 활성화되는 체감각 피질의 영역이 넓어진다.
- ③ 떨어진 물건을 손으로 잡는 경우 물건과 접촉하는 모든 종류의 기계 수용체가 반응한다.
- ④ 압전 소자의 인장과 수축 현상은 압전 소자 내부의 쌍극자들이 이동하기 때문에 나타난다.
- ⑤ 물리적 신호에 해당하는 포스 피드백이 특정 신체 부위에 계속해서 가해지면 느린 순응 수용체가 활성화된다.

34. (가)를 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

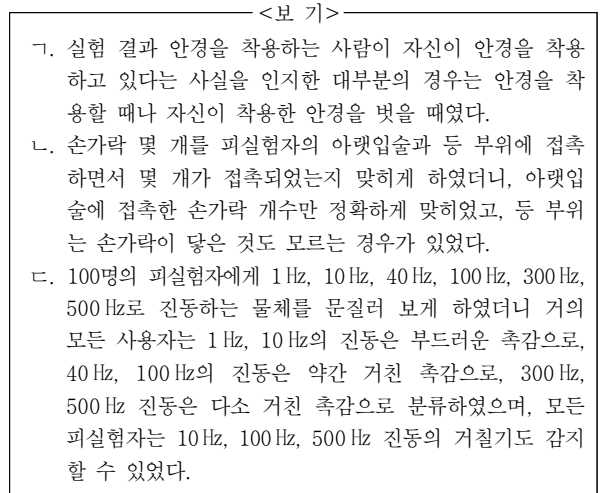


- ① ㉠는 주변의 공기보다 압력이 높아 진동 표면의 마찰 계수를 감소시키는 역할을 한다.
- ② ㉡가 일정한 상태에서 진동 표면에 손가락을 가까이 가져가면 진동 표면의 마찰력이 감소한다.
- ③ ㉡를 1mm 이상 유지한 상태와 0인 상태가 반복되는 진동 표면을 만지게 되면 울퉁불퉁한 느낌을 받게 된다.
- ④ ㉢가 일정한 상태에서 손가락 접촉면의 반지름이 커지면 스퀴즈 힘이 커져서 진동 표면의 마찰력이 감소한다.
- ⑤ 손가락을 그대로 유지한 상태에서 전압을 높이면 ㉡를 ㉢로 나눈 값이 커져서 원래보다 거친 느낌을 줄 수 있다.

35. 윗글을 참고할 때, ㉠의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 스퀴즈 필름이 발생하면서 스퀴즈 힘의 크기가 증가하여 햅틱 장치의 마찰력이 없어지기 때문에
- ② 포스 피드백의 발생 유무에 따라 스퀴즈 힘의 크기가 달라져 햅틱 장치에서 스퀴즈 필름이 만들어지기 때문에
- ③ 진동 진폭의 변화가 스퀴즈 필름 발생 유무나 스퀴즈 힘의 크기에 영향을 주어 햅틱 장치의 마찰력이 달라지기 때문에
- ④ 진동 진폭이 증가하여 스퀴즈 필름이 발생하면 스퀴즈 힘의 크기가 감소하여 햅틱 장치의 마찰력이 작아지기 때문에
- ⑤ 진동이 발생하여 스퀴즈 힘의 크기가 0이 되면 스퀴즈 필름이 형성되지 않아 햅틱 장치의 마찰력이 최대가 되기 때문에

36. (나)를 바탕으로 <보기>의 ㄱ~ㄴ을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㄱ: 빠른 순응 수용체에서 안경을 착용하고 벗을 때에만 전기적 신호가 발생했음을 보여 준다.
- ② ㄴ: 아랫입술에 분포한 타입 I 수용체의 수가 등 부위보다 많다는 것을 보여 준다.
- ③ ㄴ: 체감각 피질에서 아랫입술에 해당하는 영역의 넓이가 등 부위에 해당하는 영역보다 넓다는 것을 보여 준다.
- ④ ㄷ: 물체의 부드러운 촉감과 거친 촉감의 구별은 감각 수용장의 넓이에 따라 결정된다는 것을 보여 준다.
- ⑤ ㄷ: 기계 수용체가 민감하게 반응하는 주파수 범위 이외의 진동 자극도 감지할 수 있다는 것을 보여 준다.

37. 문맥상 ㉠~㉣와 바꿔 쓰기에 가장 적절한 것은?

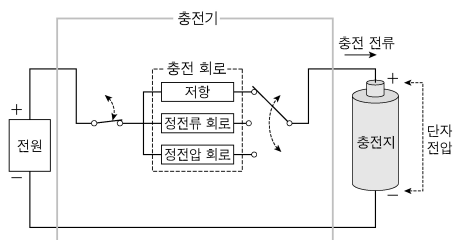
- ① ㉠: 조성(造成)하는
- ② ㉡: 유발(誘發)되어
- ③ ㉢: 유사(類似)한
- ④ ㉣: 변형(變形)되는
- ⑤ ㉤: 차별(差別)되는데

◆ 22 수능 예시문항 30~34번

[30~34] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

충전과 방전을 ㉔ 통해 반복적으로 사용할 수 있는 충전지는 충전기를 ㉕ 통해 충전하는데, 충전기는 적절한 전류와 전압을 제어하기 위한 충전 회로를 가지고 있다. 충전지는 양극에 사용되는 금속 산화 물질에 따라 납 충전지, 니켈 충전지, 리튬 충전지로 나눌 수 있다. 충전지가 방전될 때 양극 단자와 음극 단자 간에 전위차, 즉 전압이 발생하는데, 방전이 진행되면서 전압이 감소한다. 이렇게 변화하는 단자 전압의 평균을 공칭 전압이라 한다. 충전지를 크게 만들면 충전 용량과 방전 전류 세기를 증가시킬 수 있으나 전극의 물질을 바꾸지 않는 한 공칭 전압은 변하지 않는다. 납 충전지의 공칭 전압은 2V, 니켈 충전지는 1.2V, 리튬 충전지는 3.6V이다.

충전지는 최대 용량까지 충전하는 것이 효율적이며 이러한 상태를 만충전이라 한다. 최대 용량을 넘어서 충전하는 과충전이나 방전 하한 전압 이하까지 방전시키는 과방전으로 인해 충전지의 수명이 줄어들기 때문에 충전 양을 측정·관리하는 것이 중요하다. 특히 과충전 시에는 발열로 인해 누액이나 폭발의 위험이 있다. 니켈 충전지의 일종인 니켈카드뮴 충전지는 다른 충전지와 달리 메모리 효과가 있어서 일부만 방전한 후 충전하는 것을 반복하면 충·방전할 수 있는 용량이 줄어든다.



충전에 사용하는 충전기의 전원 전압은 충전지의 공칭 전압보다 높은 전압을 사용하고 충전지로 유입되는 전류를 저항으로 제한한다. 그러나 충전이 이루어지면서 충전지의 단자 전압이 상승하여 유입되는 전류의 세기가 점점 줄어들게 된다. 그러므로 이를 막기 위해 충전기에는 충전 전류의 세기가 일정하도록 하는 정전류 회로가 사용된다. 또한 정전압 회로를 사용하기도 하는데, 이는 회로에 입력되는 전압이 변해도 출력되는 전압이 일정하도록 해 준다. 리튬 충전지를 충전할 경우, 정전류 회로를 사용하여 충전하다가 만충전 전압에 이르면 정전압 회로로 전환

하여 정해진 시간 동안 충전지에 공급하는 전압을 일정하게 유지함으로써 충전지 내부에 리튬 이온이 고르게 분포될 수 있게 한다.

충전지의 ㉖ 만충전 상태를 추정하여 충전을 중단하는 방식에는 몇 가지가 있다. 최대 충전 시간 방식에서는, 충전이 시작된 후 완전 방전에서 만충전될 때까지 소요될 것으로 추정되는 시간이 경과하면 무조건 충전 전원을 차단한다. 전류 적산 방식에서는 일정한 시간 간격으로 충전 전류의 세기를 측정하여, 각각의 값에 측정 시간 간격을 곱한 것을 모두 더한 값이 충전지의 충전 용량에 이르면 충전 전원을 차단한다. 충전 상태 검출 방식에서는 충전지의 단자 전압과 충전지 표면의 온도를 측정하여 만충전 여부를 판정한다. 충전지에 충전 전류가 유입되면 충전이 시작되어 단자 전압과 온도가 서서히 올라간다. 충전량이 만충전 용량의 약 80%에 이르면 발열량이 많아져 단자 전압과 온도가 급격히 올라간다. 만충전 상태에 가까워지면 단자 전압이 다소 감소하는데 일정 수준으로 감소한 시점을 만충전에 도달했다고 추정하여 충전 전원을 차단한다. 니켈카드뮴 충전지의 경우는 단자 전압의 강하를 검출할 수 있으나 다른 충전지들의 경우는 이러한 전압 강하가 검출이 가능할 만큼 크게 나타나지 않기 때문에 최대 단자 전압, 최대 온도, 온도 상승률 등의 기준을 정하고 측정된 값이 그 기준들을 넘어서지 않도록 하여 과충전을 방지한다.

30. 밑글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 과충전은 충전지의 수명에 영향을 끼치지 않는다.
- ② 방전 시 충전지의 단자 전압은 공칭 전압보다 낮을 수 있다.
- ③ 정전압 회로에서는 입력되는 전압이 변하면 출력되는 전압이 변한다.
- ④ 전극의 물질을 바꾸어도 충전지의 평균적인 단자 전압은 변하지 않는다.
- ⑤ 니켈카드뮴 충전지는 일부만 방전한 후 충전하기를 반복해도 방전할 수 있는 용량이 줄어들지 않는다.

31. 다음은 리튬 충전지의 사용 설명서 중 일부이다. 밑글에서 근거를 찾을 수 없는 것은?

유의 사항

- 충전지에 표시된 전압보다 전원 전압이 높은 충전기를 사용해야 합니다. ①
- 충전지에 표시된 충전 허용 전류보다 충전 전류의 세기가 강하면 충전지의 수명이 줄어듭니다. ②
- 충전지의 온도가 과도하게 상승하면 충전을 중지해야 합니다. ③
- 충전지를 사용하다가 수시로 충전해도 무방합니다. ④
- 과도하게 방전시키면 충전지의 수명이 줄어듭니다. ⑤

32. <보기>는 윗글을 읽은 발명 동아리 학생들이 새로운 충전기 개발을 위해 진행한 회의의 일부이다. ㉠에 대한 의견으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

부장: 충전기에 적용할 수 있는 충전 중단 방식이 지닌 장점에 대한 의견 잘 들었습니다. 이제 각 방식을 사용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 생각해 보시고 의견을 말씀해 주십시오.

부원 1: 최대 충전 시간 방식을 사용할 경우, 완전 방전이 되지 않은 상태에서 충전을 시작하면 과충전 상태에 이르는 한계가 있습니다.

부원 2: 전류 적산 방식을 사용할 경우, 충전 전류가 변할 때보다 충전 전류가 일정할 경우, 추정된 충전 양과 실제 충전 양의 차이가 커질 수 있다는 단점이 있습니다.

부장: 충전 상태 검출 방식에 대한 의견을 말씀해 주십시오.

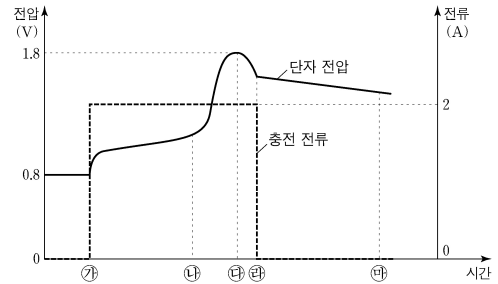
부원 3: 충전 상태 검출 방식 중 전압 강하를 검출하는 방식은 여러 종류의 충전지를 두루 충전하는 충전기에 사용하기에는 적절하지 않습니다.

부원 4: 충전 상태 검출 방식 중 온도로 상태를 파악하는 방식에서는 주변 환경이 충전지 표면 온도에 영향을 준다면 충전 완료 시점을 정확하게 추정하기 어렵습니다.

부원 5: 지금까지 논의한 방식은 모두 충전 전원을 차단하는 장치가 없다면 과충전을 방지할 수 없다는 한계가 있습니다.

- ① 부원 1의 의견 ② 부원 2의 의견
③ 부원 3의 의견 ④ 부원 4의 의견
⑤ 부원 5의 의견

33. 다음은 어떤 충전지를 충전할 때의 단자 전압과 충전 전류를 나타낸 그래프이다. 윗글을 참고할 때, ㉡~㉤에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉠: 단자 전압이 공칭 전압 이하인 상태에서 충전이 시작되는군.
② ㉡: 충전 전류에 의해 온도가 상승하고 정전류 회로가 작동하고 있군.
③ ㉢: 단자 전압이 최대에 도달했으므로 만충전에 이르렀군.
④ ㉣: 정전류 회로가 작동을 멈추고 전원이 차단되었군.
⑤ ㉤: 충전 전류가 흐르지 않는 상태에서 방전이 되고 있군.

34. ㉠, ㉡의 의미로 쓰인 예가 바르게 짝지어진 것은?

- ① [㉠: 그 사람에게 그런 식은 안 통한다.
 ㉡: 전깃줄에 전류가 통한다.
② [㉠: 그와 나는 서로 통하는 면이 있다.
 ㉡: 청년기를 통해 노력의 중요성을 익혔다.
③ [㉠: 이 길은 바다로 가는 길과 통해 있다.
 ㉡: 모두 비상구를 통해 안전하게 빠져나갔다.
④ [㉠: 이곳은 바람이 잘 통해 빨래가 잘 마른다.
 ㉡: 그런 알팍한 수는 나에게 통하지 않는다.
⑤ [㉠: 철저한 실습을 통해 이론을 확실히 익힌다.
 ㉡: 망원경을 통해 저 멀리까지 내다보았다.

◆ 17년 10월 고3 32~35번

[32 ~ 35] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

기계나 설비 등이 목적에 맞게 작동하도록 온도, 압력, 유량, 회전 속도 등의 물리량을 조절하는 기술을 제어 기술이라고 한다. 제어 대상의 현재 물리량의 크기를 센 측정값을 원하는 목표인 설정값에 일치시키기 위해, 출력되는 조작량을 조절하는 제어 기술에는 여러 방식이 있다. 그중 가장 간단한 방식은 ‘on/off 스위치 방식’으로, 물의 온도를 맞출 때 사용되는 보일러의 온도 조절 장치에 흔히 활용된다. 이 장치에서는 ㉠ 현재 온도가 원하는 온도보다 낮으면 스위치가 on되어 가열기에 전원이 공급되며, 원하는 온도보다 높으면 스위치가 off되어 가열기에 공급되는 전원이 차단된다. 스위치가 on일 때에는 100%에 해당하는 조작량이 출력되고, 스위치가 off일 때에는 조작량이 0%가 된다. 가열기가 처음 작동될 때 수온을 올리기 위해 on 상태를 유지하는데, 어느 순간 수온이 설정값을 넘는 ‘오버슈트’가 발생한다. 오버슈트가 발생하면 시스템에 무리를 줄 수 있으므로 ㉡ 스위치를 반복적으로 on과 off하여 현재 온도를 설정값에 이르도록 한다. 수온은 압력이나 유량처럼 물리량의 변화가 연속적인 아날로그적 속성을 지니므로 수온이 상승하여 스위치를 off로 바꾸었다고 해서 금세 낮아지지는 않는다. 따라서 스위치를 반복적으로 on과 off하면 설정값을 기준으로 수온이 위아래로 일정하게 오르내리는 ‘현팅’이 발생한다.

on/off 스위치 방식은 오버슈트와 현팅이 발생하여 제어 대상의 물리량을 정밀하게 제어하기 어렵다. 이런 on/off 스위치 방식의 결점을 보완하기 위해 ‘PID 제어 방식’이 활용된다. PID 제어 방식은 P(비례) 제어, I(적분) 제어, D(미분) 제어를 모두 활용하여 제어 대상의 물리량을 정밀하게 제어한다. 그런데 목적에 따라 P 제어 방식, PI 제어 방식, PD 제어 방식이 활용되는 경우도 있다.

P 제어는 설정값의 위아래에 일정한 비례대를 설정하여, 비례대 안에서 설정값과 측정값의 편차에 비례하는 조작량을 출력한다. 예컨대 P 제어가 활용된 보일러의 온도 조절 장치에서 현재의 온도가 비례대 하한선 아래에 있을 경우 현재 온도가 비례대 하한선에 이를 때까지는 100%의 조작량이 출력되어 스위치를 on 상태로 유지한다. 그러다 현재 온도가 비례대 하한선보다 높아지면 비례 주기를 갖게 되는데, 각 주기에서는 스위치의 on과 off 동작이 반복된다. 즉, ㉢ 비례대 하한선을 넘은 현재 온도가 설정값에 이르기 전까지는 on 시간이 off 시간보다 긴 동작이 주기적으로 반복되는 것이다. 현재 온도가 설정값에 도달하면 50%의 조작량이 출력되어 on과 off 시간이 1:1인 동작이 반복된다. 현재 온도가 설정값보다 오르면 off 시간이 on 시간보다 긴 동작이 주기적으로 반복되고, 현재 온도가 비례대 상한선을 넘으면 off 상태를 유지한다. 이처럼 P 제어를 활용하면 측정값을 설정값에 정밀하게 근접시킬 수

있으므로 on/off 스위치 방식만 활용할 때보다 현팅이 크게 줄어든다. 그러나 P 제어에서는 ㉣ 측정값이 일정하게 유지되는 안정 상태가 되어도 설정값에 대하여 일정한 오차가 설정값의 위 또는 아래에 필연적으로 발생하는데, 이를 ‘잔류편차’라 한다. 보일러의 온도 조절 장치에 P 제어가 활용될 때, ㉤ 비례대를 넓게 설정할수록 가열을 위한 on과 off의 반복 동작이 시작되는 온도가 낮아지므로 현재 온도가 설정값에 근접하는 시간이 길어지고 잔류편차가 커지지만 현팅은 거의 발생하지 않는다. 반면에 비례대를 좁게 설정할수록 현재 온도가 설정값에 근접하는 시간은 짧아지고 잔류편차가 작아지지만 현팅이 발생하기 쉽다.

I 제어를 P 제어와 같이 활용하면 잔류편차를 없앨 수 있어 측정값이 설정값에 거의 근접하게 된다. PI 제어의 적분 동작은 측정값과 설정값 사이의 편차의 적분값에 비례하는 조작량을 출력하는 것으로, 적분 동작의 강도를 나타내는 적분 시간을 통해 동작의 세기를 조절한다. 적분 시간을 짧게 하면 제어 대상의 상태 변화를 수정하는 동작이 강해져 잔류편차를 짧은 시간에 없앨 수 있지만 현팅이 발생하는 원인이 될 수 있다. 반대로 적분 시간을 길게 하면 수정 동작이 약해져 현팅은 발생하지 않지만, 잔류편차를 없애는 데 긴 시간이 걸린다.

그런데 P 제어나 PI 제어만 활용할 경우에는 외부 충격이나 진동 등이 발생하여 제어 대상의 상태가 급격히 변화할 때 측정값이 설정값으로 돌아가는 데 긴 시간이 걸린다. 이때 D 제어를 활용하면 빠르게 설정값으로 돌아갈 수 있다. 외부 충격이나 진동 등이 발생하면 측정값과 설정값 사이에 편차가 커지는데, PD 제어나 PID 제어의 미분 동작은 측정값과 설정값 사이의 편차가 변화하는 속도에 비례하여 조작량을 출력하는 것이다. 미분 동작의 세기는 미분 시간을 통해 조절하는데, 미분 시간을 짧게 하면 제어 대상의 상태 변화를 수정하는 동작이 약해져 측정값이 설정값까지 도달하는 시간은 길어지지만 오버슈트는 발생하지 않는다. 반면, 미분 시간을 길게 하면 수정 동작이 강해져 측정값이 설정값에 도달하는 시간은 짧아지지만 오버슈트가 발생하기 쉽다.

32. 위글의 내용과 일치하는 것은?

- ① 미분 동작은 측정값과 설정값 사이의 편차가 일정할 때 수행된다.
- ② 현팅 현상이 지속되면 측정값과 설정값이 일치하는 상태가 안정적으로 유지된다.
- ③ PI 제어에서 조작량은 측정값과 설정값의 편차가 변화하는 속도에 비례하여 출력된다.
- ④ on/off 스위치 방식이 활용된 온도 조절 장치로 물을 데울 때, 조작량은 데울 물의 양이다.
- ⑤ P 제어는 단독으로 활용되기도 하지만, I 제어와 함께 활용되기도 하고 D 제어와 함께 활용되기도 한다.

33. ㉠ ~ ㉤에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 측정값이 설정값보다 낮은 경우이다.
- ② ㉡: 조작량이 100%와 0%인 상태가 반복되는 상태이다.
- ③ ㉢: 100%에서 50% 사이의 조작량이 출력되는 때이다.
- ④ ㉣: 스위치가 on 상태로 지속되는 때이다.
- ⑤ ㉤: 비례 주기가 시작되는 온도가 낮아지는 경우이다.

34. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

< 보 기 >

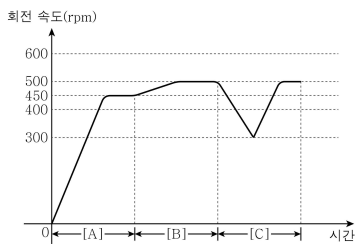
최근 강한 수증기 압력으로 진한 커피를 추출하는 커피 기계가 많이 쓰인다. 이 기계에는 물을 끓이는 가열기의 온도를 조절하는 장치, 분출되는 수증기의 압력을 조절해 주는 증기압 조절 장치, 수조의 물이 일정하게 유지되도록 물을 보충해 주는 수위 조절 장치가 등이 장착되어 있다.

- ① 온도 조절 장치에 on/off 스위치 방식만 활용될 때, 가열기의 작동 초기에 on 상태를 계속 유지하면 오버슈트가 발생할 수 있을 것이다.
- ② 온도 조절 장치에 PID 제어 방식이 활용될 때, 온도가 설정값 위로 갑자기 상승해도 미분 동작에 의해 빠르게 설정값으로 돌아갈 수 있을 것이다.
- ③ 증기압 조절 장치에 P 제어 방식이 활용될 때, 비례대를 좁게 하면 잔류편차를 없앨 수 있을 것이다.
- ④ 증기압 조절 장치에 on/off 스위치 방식만 활용될 때, 현재의 증기압이 설정값 위로 급하게 상승하는 경우에 스위치를 off로 바꾸어도 증기압이 설정값 아래로 곧바로 낮아지지는 않을 것이다.
- ⑤ 수위 조절 장치에 P 제어 방식이 활용될 때, on/off 스위치 방식만 활용될 때보다 헌팅을 줄일 수 있을 것이다.

35. 윗글을 바탕으로 <보기>를 탐구한 내용으로 적절한 것은?

< 보 기 >

다음의 그래프는 'PID 제어 방식'의 효과를 확인하기 위한 실험에서 모터 회전 속도를 측정한 결과이다. [A]에서는 P 제어, [B]에서는 PI 제어, [C]에서는 PID 제어를 활용하였다. (단, 설정값은 500 rpm*, 비례대는 400 ~ 600 rpm, 잔류편차는 50 rpm이다.)



* rpm : 1분당 회전 속도를 표시하는 단위.

- ① [A]에서 비례대가 430 ~ 570 rpm으로 수정되면 잔류편차는 50 rpm보다 크겠구나.
- ② [B]에서 헌팅이 발생했을 때, 현재보다 적분 시간을 짧게 수정하면 헌팅의 발생을 막을 수 있겠구나.
- ③ [B]에서 현재보다 적분 시간을 길게 하면 450 rpm에서 500 rpm에 도달하는 시간이 현재보다 더 짧아지겠구나.
- ④ [C]에서 현재보다 미분 시간을 짧게 하면 300 rpm에서 500 rpm에 도달하는 시간이 현재보다 더 길어지겠구나.
- ⑤ [C]에서 미분 동작으로 오버슈트가 발생했을 때, 현재보다 미분 시간을 길게 수정하면 오버슈트를 막을 수 있겠구나.