소화펌프의 합리적인 제어방법에 관한 고찰 1

한국화재연구소, 유탑엔지니어링
소방기술사 여용주

1. 소화펌프의 자동운전에 대한 개요

소화펌프의 자동운전을 위한 방법은 여러 가지가 있으나 국내에서는 거의 대부분이 배관 내 압력을 감지하여 펌프로 기동신호를 전달하는 방식을 사용하고 있다. 즉, 배관 내 상시 일정압력을 유지하고 있다가 스프링클러헤드의 감열 또는 소화전의 방수 등으로 인하여 배관의 압력이 감소하게 되면 그것을 감지하여 펌프로 기동신호로 보내게 된다. 배관의 압력 감지는 압력스위치에 의해 감지하게 되는데 소화설비에서 매우 중요한 부속중의 하나다. 만약 압력스위치의 설정에 문제가 있을 경우에는 화재 시 펌프가 원활하게 작동하지 않을 수도 있으므로 매우 중요하게 다루어야 할 부분이다. 그러나 펌프의 기동과 정지에 대한 설정방법이 기술자에 따라 제각각이고, 기술서적마저 잘못된 정보를 제공하는 경우가 많아 현장에서 펌프의 제어가 제대로 되지 않는 경우가 많다. 만일 펌프설정이 잘못되었다면 화재 시 적절한 대응에 실패하게 될 것이다.

2. 주펌프의 기동은 무었을 의미하는가?

평상 시 시운전 또는 검사 등을 위해 주펌프를 운전하는 경우에는 펌프가 기동하는 경우는 없다. 만일 주펌프가 기동되었다면 실제 화재상황을 의미한다. 따라서 주펌프가 기동된 후 수동으로 정지하기 전까지는 지속적인 운전이 보장되어야 한다. 화재상황에서 펌프가 기동되지 못하면 소화설비가 제 기능을 발휘하지 못해, 화재는 건물전체로 확대되어 재산상의 손실은 물론 인명의 안전까지 보장받지 못하게 된다. 소화펌프는 이러한 특수한 상황에서 안정적인 운전을 보장받도록 높은 신뢰성이 요구되며, 일반 설비용 펌프와 구별되는 가장 큰 특징이다. 외국의 경우에는 시운전을 제외한 평상시에는 소화펌프에 과전류차단기를 연결하지 못하도록 규정하는 경우도 있다. 이는 화재 시 소화펌프가 정지되는 경우를 최소화하기 위한 조처로 볼 수 있으며, 펌프의 소손보다는 건물전체의 재산과 인명보호가 우선이라는 매우 합리적인 사고의 결과라고 볼 수 있다.

결론적으로, 평상 시 소화펌프가 기동되었다면 수동으로 정지를 하기 전에 또는 확실히 화재상황이 아니라는 분명한 근거에 의해서만 자동정지방식이 이루어져야 한다. 화재상황에서는 헤드가 감열되어 방수가 되거나 소화전을 통하여 방수가 이루어지기 때문에 배관 내에는

반드시 유수가 발생하게 된다. 만일 비화재 상황에서 오동작으로 펌프가 기동되었다면 배관 내 유수가 발생하지 않기 때문에 이를 정확하게 감지할 수 있다면 자동으로 펌프를 정지하도록 제어장치를 구성하여도 무방하다.

3. 펌프의 정지점 설정과 운전특성과의 관계

지금까지 펌프의 제어 방법 중 가장 많은 문제점으로 지적되었던 것은, 펌프의 정격양정으로 정지점을 설정함으로 인하여 짧은 시간 동안 펌프의 기동과 정지가 반복되는 현상이었다. 이러한 반복적인 기동과 정지는 MCC에 손상을 가져오게 되고 결국은 펌프가 운전되지 못하는 치명적인 사고로 이어질 수 있다. 만일 화재 시 이러한 사고가 발생하여 펌프의 운전이 중단되었다면 어떻게 될까?

펌프가 운전되자마자 정지하는 이유는 압력스위치에 설정된 펌프의 정지압력에 곧바로 도달되어 버리기 때문이다. 왜냐하면 정격유량과 같이 매우 많은 양의 물이 흐를 경우에는 펌프가 정격양정에서 운전되지만 소유량이 흐를 경우에는 유량이 적어 펌프의 토출압력이 정격양정보다 높아지기 때문이다. 이렇게 펌프의 정지점을 정격양정으로 설정하면 화재 시 적은 개수의 스프링클러헤드가 개방되었을 때 펌프의 지속적인 운전을 보장 받을 수 없다.

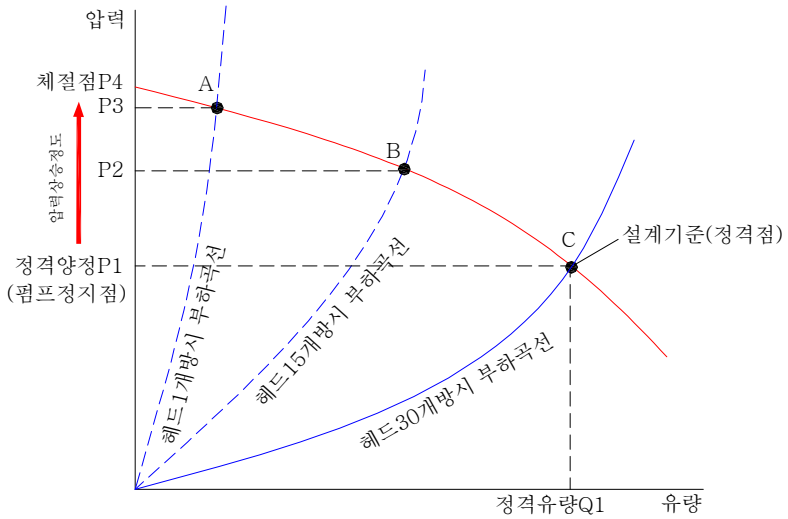

그림1 스프링클러설비의 배관저항곡선과 펌프의 운전점 비교

그림1은 스프링클러 기준개수가 30개를 정격용량으로 선정한 펌프의 운전특성에 대해 표현한 것이다. 관행적으로 설계기준점C를 기준으로 펌프의 정지압력을 P1으로 설정해왔다. 이 설계기준점은 정격유량Q1이 흐를 경우의 펌프 운전점이다. 즉, 기준개수의 헤드 30개가 모두 개방이 된 상태의 유량에 해당되는 양정이기 때문에, 헤드 1개만 감열되어 개방되었다고 가정한다면 그림1의 A점에서 운전될 것이고 이때에는 정격양정을 훨씬 초과하는 높은 압력 P3로 펌프가 운전되므로 곧 정지하게 되는 것이다. 따라서 기동된 펌프가 정지되지 않도록 설정하기 위한 펌프의 정지점은 최소유량이 흐를 때의 펌프 운전점P3보다 높은 압력으로

설정하여야 한다. 그림1에서 펌프의 정지점을 자동으로 정하기 위한 압력범위는 P3 ~ P4 사이가 해당된다. 만일 정지점이 펌프의 체절압력P4보다 높으면 펌프는 기동된 후 정지되지 않을 것이고, 최소 소요유량이 흐를 때의 압력 P3보다 낮을 경우에는 얼마 지나지 않아 펌프는 정지하게 될 것이다. 그런데 실제로 현장에서 측정해보면 P3과 P4의 압력차이가 거의 없는데다 압력스위치가 정밀하지 못하여 정확하게 조정하기가 매우 어려운 현실이다.

4. 소화펌프의 기동과 정지에 관한 법적기준

최근에 개정된 기준에 의하면 소화펌프가 운전된 후에는 자동으로 정지되지 않도록 요구하고 있다.

> 제5조(가압송수장치) ①전동기 또는 내연기관에 따른 펌프를 이용하는 가압송수장치는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.
> ~ 중략 -
> 16. **가압송수장치가 기동되는 경우에는 자동으로 정지되지 아니하도록 하여야 한다.**

자동으로 정지되지 않도록 하라는 것은 무조건 수동정지만의 의미가 아니라 유수 중에 펌프가 자동으로 정지되지 않도록 하라는 의미로 해석하여야 한다. 다시 말해서, 예상되는 최소부하(예: 헤드1개 개방)의 유수 중에도 펌프가 정지되지 않도록 설정하라는 의미이다. 물론 수동으로만 정지하도록 설정하는 하는 것이 가장 신뢰도가 높겠으나 건물의 관리가 지속적으로 이루어지기 어려운 국내의 현실을 감안하면 완전수동정지 방식의 채택은 다른 부작용을 낳을 수 있기 때문이다. 따라서 소화펌프의 압력설정은 화재 시에는 지속적으로 안정적인 운전 상태를 확보할 수 있도록 하고, 오동작과 같은 경우는 시스템에서 이를 감지하여 자동으로 정지할 수 있도록, 합리적인 자동정지 방법과 수동정지 방법을 함께 사용할 수 있도록 규정하는 것이 합리적인 방법이다.

5. 소화펌프의 자동 정지 기능을 포함한 설정 방법

소화펌프의 기동과 정지압력의 설정방법은 매우 간단하다. 우선은 펌프의 정격양정에 정지점을 설정해오던 관례를 벗어나야 한다. 그다음에는 배관 내 상시유지압력은 가능한 낮게 유지하여야 한다는 편견에서 벗어나야 한다. NFPA 20의 기준에는 배관 내 상시 유지압력을 소화펌프의 체절압력으로 유지하도록 규정하고 있다. 이는 현재까지 우리가 알고 있는 상식과 대치되는 개념인데, 흔히 배관 내 압력을 너무 높게 유지하는 것은 배관에 무리가 가기 때문에 가능한 낮게 유지함으로서 평상시 하자가 발생할 확률을 낮춘다고 생각하기 쉽다. 그런데 소화펌프가 운전되면 평상시 배관의 유지압력보다 높아지게 되는데, 이 때 오히려 높은 압력에 익숙해져 있지 않은 배관에 무리가 발생하여 누수 또는 파괴 등의 사고가 발생할 가능성이 더 높아진다. 실제로 그러한 일들이 많이 발생하고 있는 것으로 알려지고 있다. 즉, 배관의 상시 유지압력은 펌프가 운전될 시 예상되는 높은 압력에 평상시에도 길

들여져 있도록 유지하여야 화재 시 안정적인 소화펌프의 운전을 기대할 수 있으며, 더불어 헤드개방 시 배관 내의 압력감소가 매우 빨리 이루어져 신속하게 펌프로 기동신호를 보낼 수 있는 이점이 있다. 개정된 법 기준을 준용하기 위해서는 이러한 개념의 전환이 필요하다.

그림2 펌프의 압력설정을 위한 예제 건물

예를 들어 그림2와 같이 높이가 40 m인 건물에 스프링클러가 설치되어 있고, 스프링클러 펌프가 정격유량 1,600 l/min, 정격양정이 80 m이다. 펌프의 체절압력이 100 m라고 할 때 펌프의 기동과 정지점 설정을 해보자.

일반적인 방법으로는 다음과 같이 설정할 수 있다.

① 주펌프 기동 : 실양정40 + 헤드방수압10 +여유10 = 60 m(6 kg/m^2)
② 충압펌프 기동 : 주펌프기동60 +여유10 = 70 m(7 kg/m^2)
③ 충압펌프 정지 : 충압기동70 +여유20 = 90 m(9 kg/m^2)
④ 주펌프 정지 : 주펌프의 체절100 = 100(10 kg/m^2)

주펌프의 정지점은 펌프가 운전된 후 멈추지 않게 하기 위하여 체절압력으로 설정하였다. 그러나 앞서 이야기 한바와 같이 펌프의 체절압력과 최소부하(예: 헤드1개 개방) 시의 압력차가 거의 없기 때문에 펌프의 정지점을 체절압력으로 설정하여도 펌프가 정지하거나 또는 정지되지 않는 경우가 있으며, 게다가 현재의 소방용 압력스위치는 정밀도가 낮아 1 kg/cm^2보다 낮은 압력차를 설정하기가 매우 어렵고 한번 설정해둔 압력도 시간이 지나면서 변하기도 한다. 어떤 경우에는 운전 중 드라이버로 살짝만 충격을 주어도 설정압력이 변하기도 한다. 이는 압력을 설정하는 방법과는 별개로 개선되어야 할 중요한 사항이다.

주펌프의 정지점을 체절압력보다 높은 점으로 설정하였다면 주펌프가 기동된 후 정지되지 않는다. 만일 완전히 수동으로 정지하고자 한다면 이러한 방법으로 가능하다. 그러나 화재상황이 아닌 상황에서 오동작으로 기동되었다면 관리자가 정지하기 전까지 계속해서 운전되기 때문에 화재상황이 아닌 경우는 자동으로 정지가 가능하도록 구성할 필요가 있다. 이런 경우에는 충압펌프의 정지점을 주펌프의 정지점보다 높은 값으로 설정하면 해결할 수 있다. 정리하면 다음과 같다.

① 주펌프 정지 : 주펌프의 체절100 +여유5 = 105(10.5 kg/m^2)
② 충압펌프 정지 : 주펌프정지105 +여유5 = 110 m(11 kg/m^2)
③ 충압펌프 기동 : 충압정지110 - 여유20 = 90 m(9 kg/m^2)
④ 주펌프 기동 : 충압기동90 - 여유10 = 80 m(8 kg/m^2)

정리하면,

- 주펌프 : 8 ~ 10.5 kg/m^2
- 충압펌프 : 9 ~ 11 kg/m^2

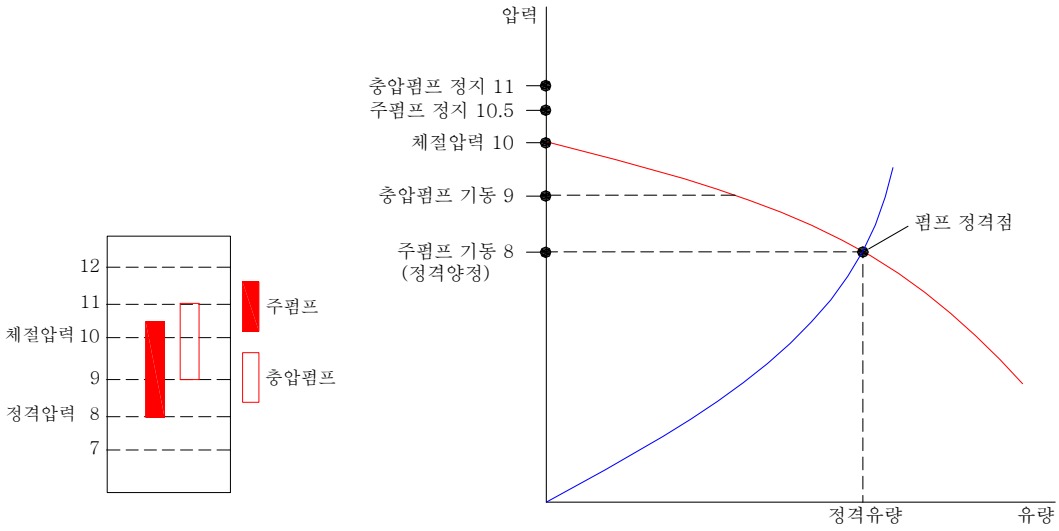

그림3 펌프의 압력 설정 결과

그림3은 설정된 압력을 시각적으로 나타낸 것이다. 그림과 같이 설정하였다면 시험 시 또는 화재 시 주펌프가 운전된 후 정지되지 않을 것이다. 왜냐하면 주펌프의 정지점이 체절압력보다 높게 설정되었기 때문이다. 그리고 시험이 끝나거나 화재진압 후 밸브를 잠궈 유수를 차단시켜도 주펌프와 충압펌프는 한동안 계속 운전 된다. 이때 충압펌프의 경우에는 웨스코 펌프의 특성상 압력상승이 가파른 형태의 운전특성을 가지고 있어 배관 압력을 주펌프의 체절압력 보다 높게 가압이 가능하다. 시간이 지나면 배관내의 압력은 주펌프의 정지압력에 도달되면서 주펌프는 정지하게 되고 잠시 후 충압펌프도 정지점에 도달하여 정지하게 될 것이다.

이렇게 펌프의 압력을 설정하게 되면 평상시 배관내의 유지압력이 주펌프의 운전압력과 거의 동일하게 유지될 수 있어 갑작스런 펌프 운전에도 안정적인 방수를 기대할 수 있고, 헤드 개방시 배관 내의 압력감소도 매우 빨라 즉각적인 펌프의 기동에도 많은 도움이 된다. 다만, 충압펌프의 정지점은 일반배관용 탄소강관인 KSD3507을 사용하였을 때는 최대설정압력을 12 kg/m^2이상 초과하지 않도록 설정하여야 한다.

예1) 건물 높이 : 65 m, 주펌프 : 정격양정 105 m, 체절양정 125 m, 충압펌프 : 정격양정 105 m, 체절양정 160 m인 경우 펌프의 기동과 정지점을 설정하여라.

① 주펌프 정지 : 주펌프의 체절125 + 여유5 = 130(13 kg/m^2)
② 충압펌프 정지 : 주펌프정지130 + 여유5 = 135 m(13.5 kg/m^2)
③ 충압펌프 기동 : 충압정지135 - 여유20 = 115 m(11.5 kg/m^2)

④ 주펌프 기동 : 충압기동115 - 여유10 = 105 m(10.5 kg/m^2)

정리하면,

- 주펌프 : 10.5 ~ 13 kg/m^2
- 충압펌프 : 11.5 ~ 13.5 kg/m^2

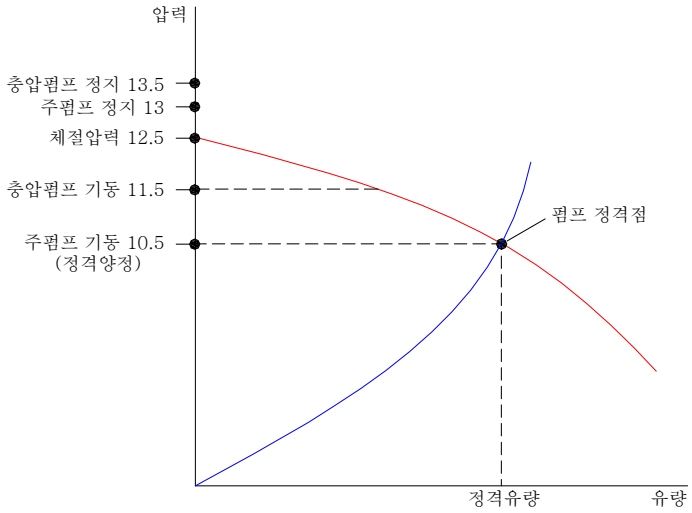

그림4 예제1의 압력설정 결과

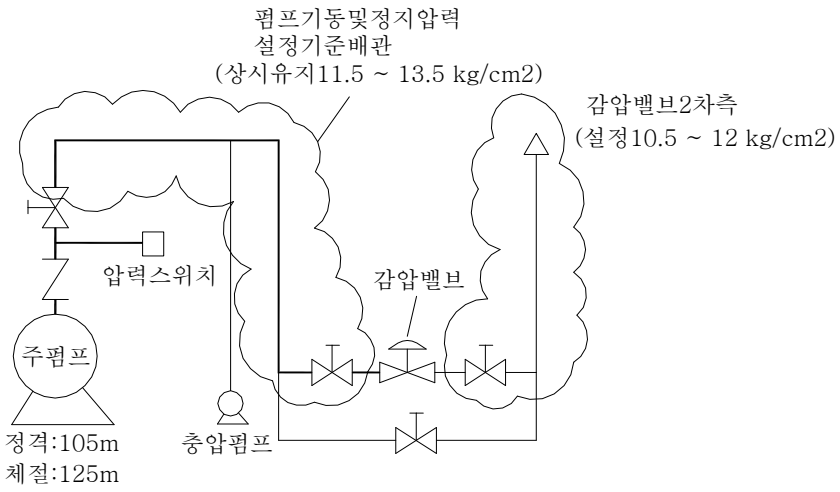

그림5 예제1의 시스템 구성과 압력설정 방법

※ 주의

주펌프의 체절양정이 120 m를 초과하는 경우에는 감압장치가 설치되어 있을 것이다. 따라서 그림5와 같이 배관내의 압력설정은 감압밸브 1차측을 기준으로 하고, 감압밸브 설정압력은 주펌프의 정격압력인 10.5 ~ 12 kg/m^2사이로 조정하여야 한다.

예2) 건물 높이 : 50 m, 주펌프 : 정격양정 90 m, 체절양정 120 m, 충압펌프 : 정격양정 90 m, 체절양정 150 m인 경우 펌프의 기동과 정지점을 설정하여라.

① 주펌프 정지 : 주펌프의 체절120 + 여유0 = 120(12 kg/m^2)
② 충압펌프 정지 : 주펌프정지120 + 여유0 = 120 m(12 kg/m^2)
③ 충압펌프 기동 : 충압정지120 - 여유20 = 100 m(10 kg/m^2)
④ 주펌프 기동 : 충압기동100 - 여유10 = 90 m(9 kg/m^2)

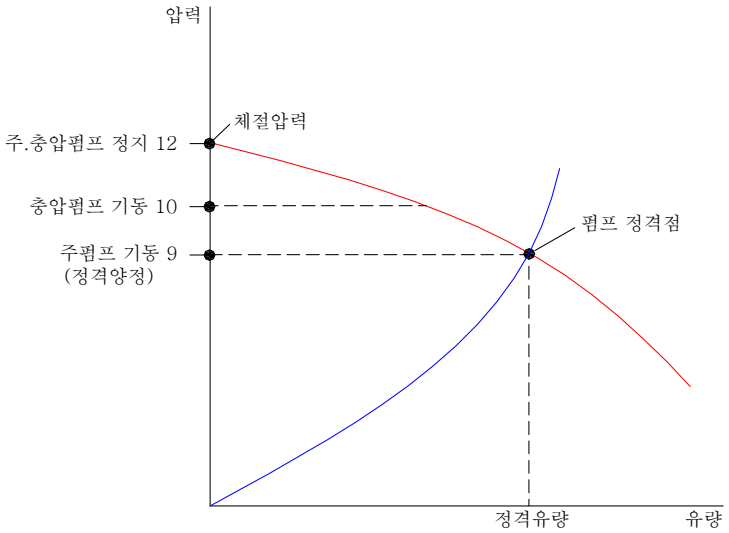

그림6 예제2의 압력설정 결과

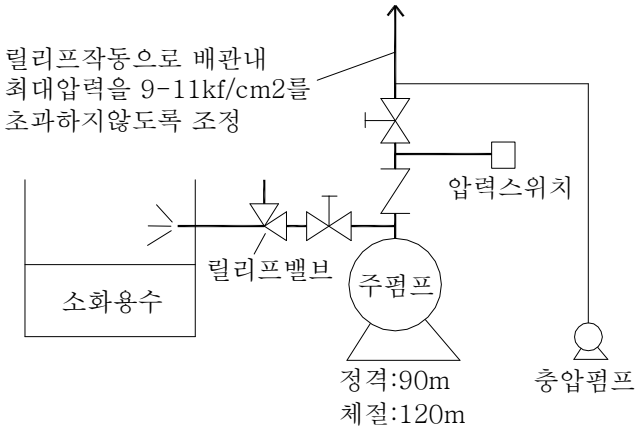

그림7 예제2의 시스템 구성과 압력설정 방법

※ 주의

주펌프의 체절압력이 12 kg/m^2를 초과하지 않아 감압밸브를 설치하지 않았을 것이다. 따라서 이 경우는 평상시 배관내의 유지압력을 12 kg/m^2이상 높게 설정할 수 없으므로, 주펌프와 충압펌프의 정지점은 두 경우 12 kg/m^2로 동일하게 설정할 수밖에 없으나, 가장 합리적

인 방법은 그림7과 같이 용량이 큰 릴리프밸브를 설치하여 펌프 운전 시 릴리프밸브 2차측의 압력을 9 ~ 11 kg/m^2을 초과하지 않도록 수조로 재순환시키는 배관을 구성하여 펌프의 기동 및 정지압력설정을 설정하는 것이 좋다. 예를 들어 릴리프밸브의 작동으로 2차측 압력을 10 kg/m^2으로 조절하였다면 펌프의 압력설정은 다음과 같이 변경할 수 있다.

① 주펌프 정지 : 릴리프 2차측100 + 여유10 = 110(11 kg/m^2)
② 충압펌프 정지 : 주펌프정지110 + 여유5 = 115 m(11.5 kg/m^2)
③ 충압펌프 기동 : 충압정지115 - 여유20 = 95 m(9.5 kg/m^2)
④ 주펌프 기동 : 충압기동95 - 여유10 = 85 m(8.5 kg/m^2)

정리하면,

- 주펌프 : 8.5 ~ 11 kg/m^2
- 충압펌프 : 9.5 ~ 11.5 kg/m^2

6. 수동 정지 방법을 채택할 경우 설정 방법

수동정지방법을 채택할 경우에는 앞서 이야기한 자동정지방법의 설정에서 충압펌프의 정지압력을 주펌프의 체절압력으로 설정하고 충압펌프의 기동압력을 변경하면 가능하다. 그림2의 건물을 수동정지방법으로 설정하면 다음과 같다.

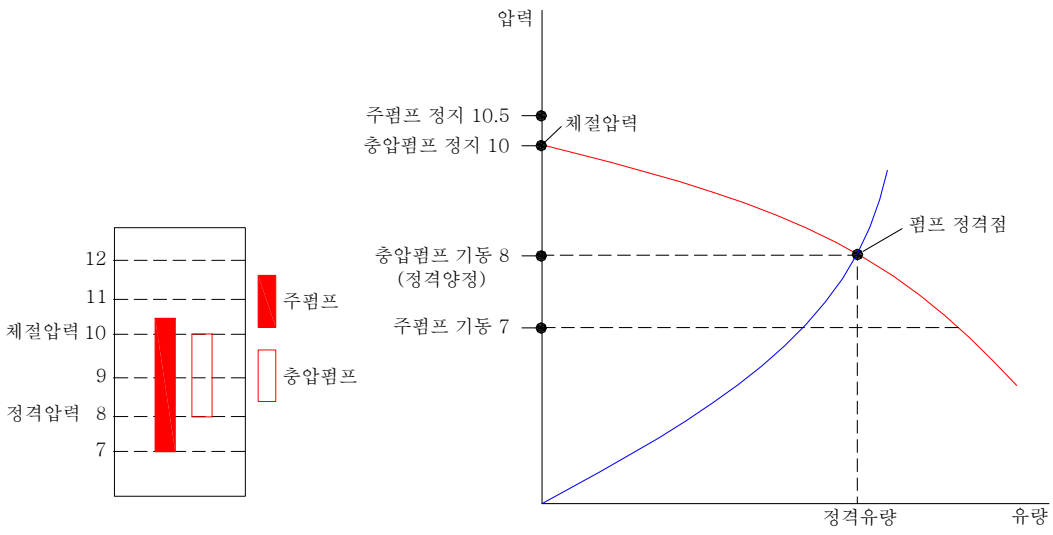

그림8 수동정지 방식에서의 펌프 압력 설정 결과

① 주펌프 정지 : 주펌프체절100 + 여유5 = 105(10.5 kg/m^2)

② 충압펌프 정지 : 주펌프체절100 = 100 m(10 kg/m^2)
③ 충압펌프 기동 : 충압정지100 - 여유20 = 80 m(8 kg/m^2)
④ 주펌프 기동 : 충압기동80 - 여유10 = 70 m(7 kg/m^2)

정리하면,

- 주펌프 : 7 ~ 10.5 kg/m^2(10K용 압력스위치는 10 kg/m^2이상 설정이 불가능)
- 충압펌프 : 8 ~ 10 kg/m^2

이렇게 설정할 경우 주펌프가 기동된 후에 수동으로 정지시키지 않는 이상 주펌프는 계속 운전된다. 수동정지방법의 개념은 주펌프의 체절운전점보다 높은 값을 정지점으로 설정하는 개념으로 이해하면 된다. 다른 방법으로는 펌프의 정지점을 아예 없애버리고 MCC 또는 제어반에서만 정지가 가능하도록 회로를 구성할 수도 있다.

- 다음에 계속 -