

가변속 양수 발전기의 원리와 특성에 대한 고찰

이승주*, 이택진**, 박은성***, 장군****
 (주)도화엔지니어링*, 한국수력원자력 주식회사**

Characteristics of Adjustable Speed System in Pumped Storage Power Plant

SEUNG-JU LEE*, TAECK-JIN LEE**, EUN-SEONG PARK***, KOON JANG****
 Dohwa Engineering Co.,LTD*, Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd**

Abstract - 양수발전소에서의 가변속시스템의 원리를 이해하고 정속시스템과 가변속시스템에 대해 비교하였으며, 정속시스템에서 가변속시스템으로 변경 시 기존설비의 개선 범위에 대해 검토하였다.

1. 서 론

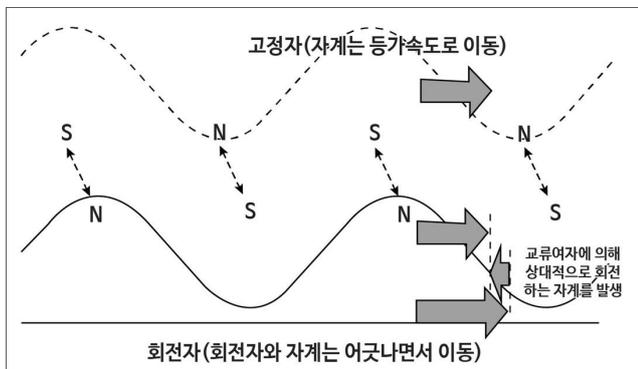
양수발전소는 발전과 펌프운전으로 계통의 주파수 제어에 중요한 역할을 하는 특성이 있으며, 주기적인 양수발전기는 회전 속도에 따라 일정한 회전으로 운전하는 정속시스템과 상황에 따라 회전속도를 가변할 수 있는 가변속시스템으로 분류할 수 있다. 국내 양수발전소는 총 7개소로 모두 정속시스템의 양수발전기가 도입되어 있으나, 최근 선진국(유럽, 일본 등)의 양수발전소는 계통연계 안정화의 주된 이유로 가변속시스템을 채택하고 있다. 따라서, 국내 양수발전소의 정속시스템을 가변속시스템으로 변경할 수 있는지 가변속시스템의 원리를 이해하고 정속시스템과 가변속시스템을 비교하였으며, 정속시스템에서 가변속시스템으로 변경 시 기존설비의 개선범위에 대해 검토하였다.

2. 본 론

2.1 가변속 양수이론

2.1.1 가변속시스템의 원리

발전기의 회전은 회전자와 고정자가 자석이 되어 N극과 S극이 서로 끌어당김으로써 발생된다. 정속시스템은 회전자에 직류가 흘러 회전자와 고정자 사이에 자계를 형성하여 서로 인력이 작용해 안정된 회전이 발생된다. 가변속시스템은 고정자측에 전력변환기를 설치하는 방법이 있으나, 일반적으로 기기용량이 크고 변속범위가 상대적으로 작은 경우에는 회전자 교류전류의 주파수를 변화시키는 방법을 사용한다.



<그림 1> 가변속시스템의 원리

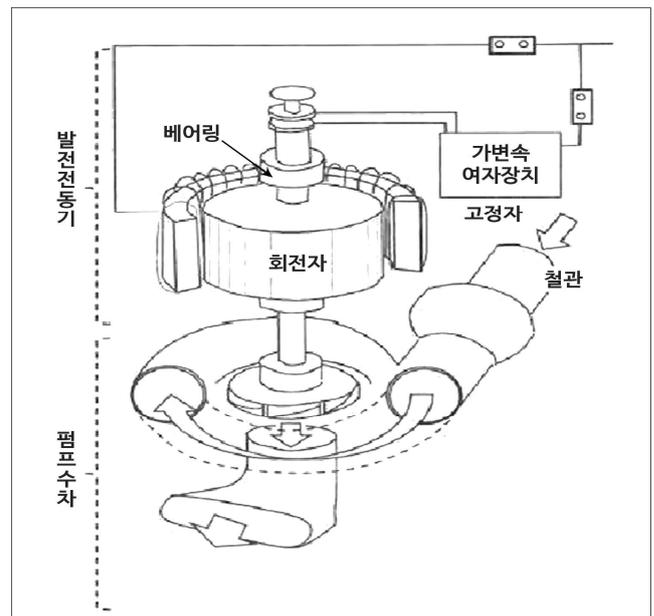
상대회전을 위해 가변속시스템의 회전자 구조는 원통형이며, 회전자에 교류가 흐르기 때문에 정속시스템 대비 여자에 필요로 하는 전압이 크게 달라진다. 따라서, 여자 주파수가 높아지면 높은 전압이 필요하게 되어 절연면의 요구수준과 회전자의 내구성의 요구수준이 높아지게 된다.

2.1.2 가변속 양수발전기

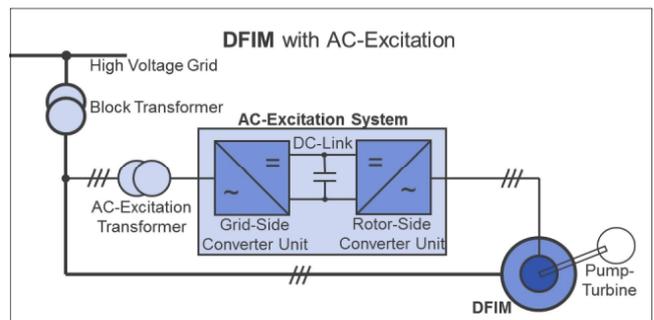
회전속도를 가변시킬 수 있는 가변속 양수발전기는 전력계통의 주파수 조정이 요구될 시 기여할 수 있으며, 이상사태 발생 시에도 운전이 가능하다. 특히, 여자회로에 발생하는 과전압, 과전류에도 견뎌야하기 때문에 지락, 단락 등 전압저하 시에도 변환기가 동작 가능하도록 설계되어 있으며 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 최적 회전속도 제어로 효율 향상
- 계통 내의 부하급변에 빠른 전력응답
- 여자제어에 의한 유효전력과 무효전력의 독립 제어
- 계통교란 발생 시 작은 전력동요

다음은 가변속 양수발전기의 개략적인 구조와 회전자 교류전류의 주파수를 변화시키는 DFIM(Doubly Fed Induction Motor)의 구조를 나타낸다.



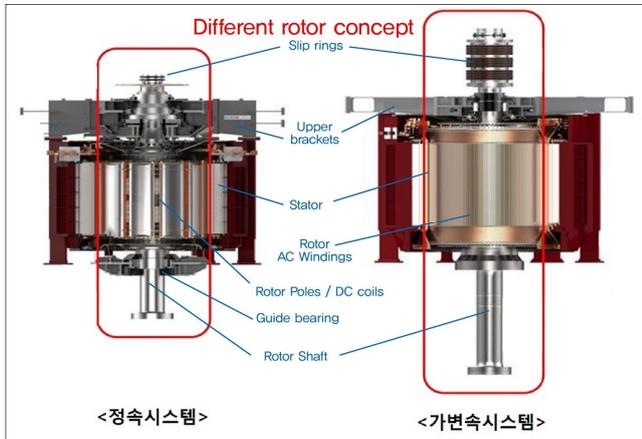
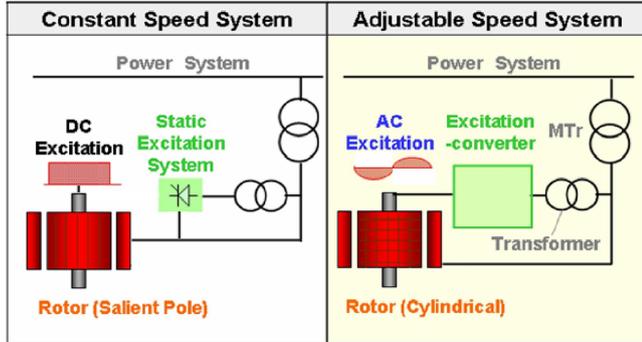
<그림 2> 가변속 양수발전기의 개략 구조



<그림 3> DFIM의 구조

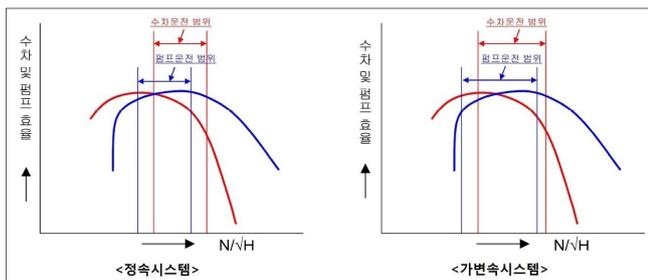
2.2 정속시스템과 가변속시스템의 비교

정속시스템과 가변속시스템의 발전-전동기 비교에 있어, 두 시스템의 큰 차이점은 여자기의 구성과 발전-전동기의 회전자 구조이다. 여자기는 DC에서 AC로 변경되고, 정속시스템의 발전-전동기 회전자는 돌극형 회전자이나, 가변속시스템의 발전-전동기 회전자는 원통형 회전자이며, 슬립링이 상대적으로 큰 것이 특징이다.

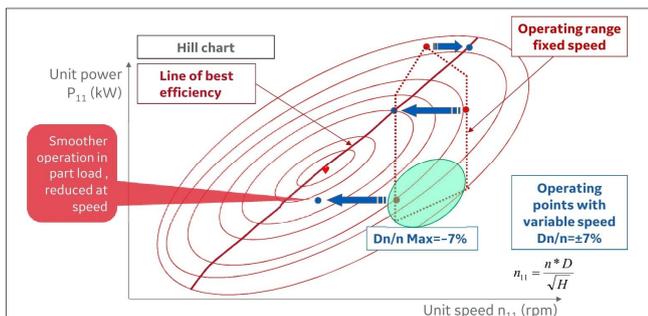


〈그림 4〉 정속시스템과 가변속시스템의 발전-전동기 비교

정속시스템은 발전 및 양수운전의 최고 효율점이 달라 중간에서 운전하는 반면, 가변속시스템은 회전속도를 가변시켜 발전 및 양수운전을 각각 최고 효율점에 가깝게 운전할 수 있다.

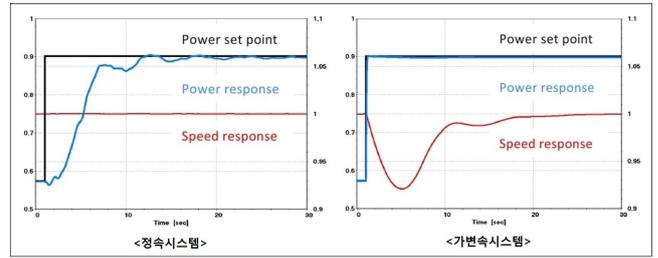


〈그림 5〉 펌프-터빈의 운전범위 비교



〈그림 6〉 펌프-터빈의 효율 비교

정속시스템은 수리학적 시간에 의존하여 전력응답이 늦어지는 반면, 가변속시스템은 배터리와 같은 반응으로 전력응답이 매우 빠르다.

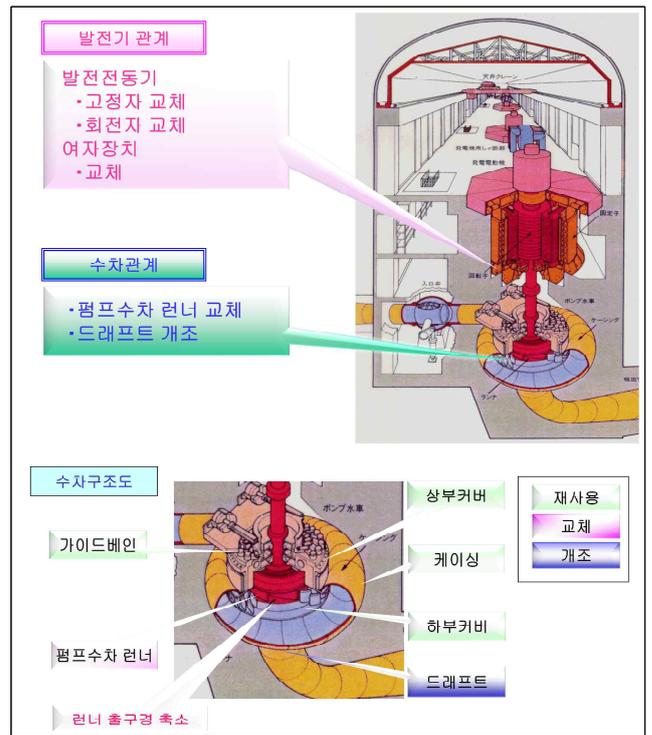


〈그림 7〉 발전-전동기의 전력응답 비교

2.3 가변속시스템으로 변경 시 기존설비의 개선범위

정속시스템에서 가변속시스템으로 변경 시 개선이 필요한 주요설비는 다음과 같다.

- 발전-전동기의 고정자와 회전자, 여자장치
 - 펌프-수차의 런너, 디스차지링, 상·하부 커버, 가이드베인
- 일반적으로 개선범위는 스파이럴 케이싱과 같은 매립설비가 있는 구조물의 변경은 지양하고, 효과적으로 운전이 가능한 운영범위를 기준으로 제작사의 제안사항(기술력)과 발전소의 공간 활용성 등에 따라 결정된다.



〈그림 8〉 가변속시스템으로 변경 시 기존설비의 개선범위

3. 결 론

가변속시스템은 정속시스템보다 펌프-터빈의 운전범위가 넓고, 최적의 효율로 운전이 가능하며, 전력응답이 빠름을 확인하였다. 정속시스템에서 가변속시스템으로 변경할 경우 기존설비의 교체 및 개조가 필요하며, 개선범위는 제작사의 제안사항과 발전소의 공간 등에 따라 결정된다.

[참 고 문 헌]

- [1] “가변속 발전기의 원리와 효과-변속이 가져오는 계통운용의 이점”, 월간전기, 2015년 6월호