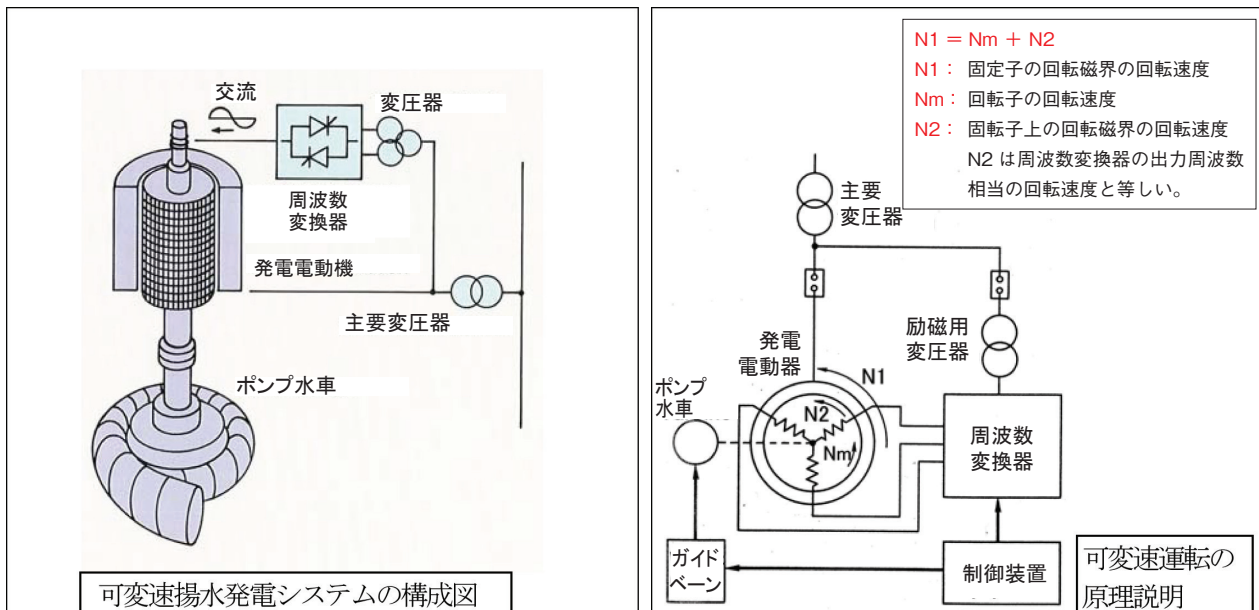


## 可変速揚水発電システム

- ◆ 揚水発電所は大容量、長時間電力エネルギーを貯蔵でき、電力系統の需要平準化に寄与し、電力系統全体の効率的な運用に役立っている。  
しかし、従来揚水機器は一定の回転速度で運転されており、揚水運転時の入力（電力）調整が出来なかった。
- ◆ 揚水機器の回転速度を変えられる可変速揚水発電システムを用いることで、次のような運用メリットが得られる。
  - 1) 夜間や軽負荷時の揚水運転中に電力調整が可能になるため、従来周波数調整用に運転していた火力機が停止でき、電力系統の経済運用、CO<sub>2</sub>削減に寄与する。
  - 2) 風力や太陽光発電など再生可能エネルギーの発電出力変動を吸収し、電力系統の安定度を高めることが可能になる。  
⇒ 再生可能エネルギー導入を促進しやすくなる。
  - 3) ピーク負荷時の発電運転では、水車を最適な回転速度で運転することにより特に部分負荷での効率が向上する。
  - 4) 電力や電圧の調整が瞬時に行え、電力系統が変動した時の安定化に寄与する。

### 概要 or 原理



- 1) 発電電動機の回転子は円筒型で、三相の巻線が施されている。
- 2) この、回転子に周波数変換器から低周波の三相交流電流を流すことで、回転子上に回転磁界が発生し、その回転速度 ( $N2$ ) は変換器が出力する電流の周波数に比例する。
- 3) 回転子が回転する速度  $Nm$  に回転磁界の回転速度  $N2$  が加算されて、静止側である固定子の回転磁界  $N1$  と同期を保ち、 $N1=Nm+N2$  の関係になる。即ち、回転子の速度が変化した分、回転子上に発生する回転磁界が同期速度との差分を補い、発電機の固定子から出力される電力は一定の周波数を保つことが可能になる。
- 4) 回転速度の変化幅はおおよそ、 $\pm 5 \sim 8\%$ 程度で揚水運転時の入力を  $60\% \sim 100\%$ 程度に調節出来る。

## 省エネ効果 &amp; 特記事項

- ◆ 夜間などの軽負荷時にシステムの周波数調整用に焼き増し運転されていた火力発電機を停止することが可能となり、石油類、石炭など化石燃料の消費を削減できる。  
説明：系統周波数を調整するためには、発電出力または消費電力を調整して発電出力＝消費電力とする必要がある。夜間など電力需要が少ない時間帯は火力、水力機の多くが停止し、発電出力の調整代が少なくなる。このため、従来は出力調整能力を有する火力機の1台あたりの出力を絞って複数台運転し、需要変動に対する調整力を確保するエネルギー効率の悪い運用をせざるを得なかったが、可変速揚水発電システムの導入により、夜間の需要変動に対する調整力を揚水機で確保することが出来るため、上記火力発電所の運転台数を削減し、化石燃料の消費を削減できる。
- ◆ 発電運転時には、回転速度を変えることで低出力で運転でき、出力調整幅を広くできる。  
説明：揚水機は、電力調整力として考えられることが多く、最低出力で運転していて、万一他の電源が系統から脱落した際に、出力を上げて必要な電力量を確保し、系統の安定を図る機能をになっている。可変速揚水発電システムは、通常の揚水機に比べて低出力での運転が可能であり、最低出力から最大（定格）の幅（電力調整幅）が大きくとれるため、必要な電力調整力に対して立ち上がる揚水機の台数を少なくでき、次に揚水する場合に必要な動力が減り、化石燃料消費の削減、CO<sub>2</sub>発生量の削減効果が期待できる。
- ◆ 上記の化石燃料消費削減により、CO<sub>2</sub>発生量を削減でき、経済効果を得られる。
- ◆ CO<sub>2</sub>削減の目的で風力や太陽光などの再生可能エネルギーの導入が進められているが、自然エネルギーを用いるため出力が天候などに左右されて安定せず、再生可能エネルギーの比率増大に伴い系統の周波数調整が困難になる。  
特に夜間の風力発電量が多い地域では、この変動する発電出力を可変速揚水発電システムで吸収し、系統安定化に寄与すると期待できる。
- ◆ 発電運転時には水車の最適速度運転により、部分負荷運転時の効率を3%程度向上できる。
- ◆ 変換器の出力電流位相をベクトル制御により瞬時に変化させることが出来、発電電動機の有効電力、無効電力を瞬時に変化させることが出来る（発電時、揚水運転時とも）。この結果、電力系統の電力動揺を抑制したり、電圧変動時には静止型無効電力補償装置（SVC）並みの高速制御で無効電力を増減させて電圧変動を抑制することが出来る。
- ◆ 可変速揚水発電システムの応用で系統周波数を安定化させるためのフライホイール発電システムも実用化している。独立系統である沖縄電力では、製鉄所のアーク炉の運転停止に伴う電力変動で周波数が変動していたため、フライホイール発電機を設置し、電力変動を回転子およびフライホイールの回転エネルギーとして貯蔵、放出することで系統周波数を安定化させている。

## 導入実績または予定

国内	東京電力 矢木沢発電所 85MVA 1990年（世界初の運転開始）
	東京電力 塩原発電所 360MVA 1995年
	電源開発 奥清津第二発電所 345MVA 1996年
	電源開発 やんばる海水揚水 31.5MVA 1999年
	沖縄電力 中城湾変電所 26.5MVA フライホイール発電機 1996年（応用商品）
	東京電力 葛野川発電所 4号機 475MVA 2014年6月 商用運転開始
	北海道電力 京極発電所 1号機 230MVA 2014年10月 商用運転開始
	北海道電力 京極発電所 2号機 230MVA 2015年10月 商用運転開始

コンタクト先	東芝エネルギーシステムズ株式会社 水力プラント技術部 URL： <a href="https://www.toshiba-energy.com/renewable-energy/product/index_j.htm">https://www.toshiba-energy.com/renewable-energy/product/index_j.htm</a>
--------	---