

# استفاده از فوران گیرهای سطحی به همراه سیستم ESG در سکوهای نیمه شناور حفاری

محمد کاظم اولیایی- کارشناس نصب و کنترل تجهیزات زیر دریایی و سرچاهی- شرکت حفاری شمال

## چکیده

امروزه با توجه به کشف میادین نفتی در آبهای فوق عمیق (تا ۱۰۰۰۰ فوت) استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته تر در استحصال نفت و گاز چه به لحاظ تکنیکهای عملیاتی و رعایت نکات ایمنی و چه به لحاظ کاهش هزینه های تمام شده را شایسته توجه فراوان می کند. تا کنون سکوهای حفاری دریایی نسل چهارم و پنجم با نرخ روزانه بالا جهت حفاری در اعماق زیاد بکار گرفته می شد که در این حالت از فوران گیرهای زیر دریایی استفاده می شد. ولی اخیرا طرح بکار بردن فوران گیرهای سطحی به همراه سیستم [1] ESG به عنوان گزینه ای دیگر در حفاری آبهای عمیق مطرح شده است که می تواند دارای مزایای بسیاری تحت شرایط خاص و معینی باشد.

این سیستم که به مراتب کوچکتر از سیستم فوران گیرهای زیردریایی می باشد، استفاده از سکوهای قدیمی نسل دوم و سوم را حتی در حفاری آبهای عمیق مقدور می سازد که خود باعث کاهش چشمگیر هزینه های حفاری خواهد شد.

**کلمات کلیدی: سکوی نیمه شناور- آبهای عمیق- فوران گیرهای سطحی- رایزرهای با فشار کاری بالا- کنترل فوران**

## مقدمه

در سالهای اخیر صنعت حفاری به سمت حفاری چاه های نفت و گاز در آب های عمیق روی آورده است. این گونه چاه ها ممکن است در شرایط ویژه ترمودینامیکی (دما پایین و فشار بالا) و دارای مرز بسیار ناچیزی بین فشار مخزن و فشار شکست (Fracturing Pressure) باشند، که این شرایط مخصوصا در بخش کنترل چاه باعث بوجود آمدن پاره ای مشکلات در عملیات حفاری می شود.

در گذشته در حفاری اینگونه چاهها از فوران گیرهای زیر دریایی (Subsea BOP) که در کف دریا نصب می شدند به همراه رایزرهای با فشار کاری پایین (Low Pressure Riser) که تا سطح آب ادامه داشتند استفاده می شد. این سیستم از لحاظ کنترل چاه دارای محدودیتهای زیاد

بود. به طور مثال زمان بسته شدن فوران گیرها به حدی است که باعث ورود قسمتی از سیال درون سازند به داخل رایزرها می شود. همچنین طولانی بودن خطوط کاهنده (Choke) و کشتن چاه (Kill) که باعث افت فشار اصطکاکی قابل توجهی می شود و عملیات کنترل چاه را به خطر می اندازد. همچنین اجزا مختلف فوران گیرها به دلیل وجود شرایط ترمودینامیکی خاص در معرض خرابیهای مکرر و عملکردهای ناصحیح قرار می گیرند که باعث افزایش زمان هرز رفته و غیر مولد (NPT)[2] می شود.

بنا بر این جهت غلبه کردن بر مشکلات سیستمهای قبل و کاهش دادن هزینه های مربوطه ، با توسعه صنعت استفاده از فوران گیرهای سطحی (Surface BOP) مانند سکوهای جک آپ ، به همراه استفاده از رایزرهای با فشار کاری بالا (High pressure Riser) رواج پیدا کرد.

البته استفاده از فوران گیرهای سطحی بر روی سکوهای نیمه شناور نیز خود دچار محدودیت هایی بود که از آن جمله می توان به عدم وجود یک مسدود کننده ثانویه سر چاه جهت مسدود کردن در شرایط اضطراری شکسته شدن رایزرها نام برد. با بررسی و ارزیابی ریسک Shut off device(QRA)[3] روی مسیر گل برگشتی (Mud line) جهت کاهش اثر گذاری روی محیط در شرایط شکسته شدن رایزر ضروری می باشد. روی فوران گیرهای سطحی، مشخص شد که نیاز به یک وسیله مسدود کننده (

در این مقاله پیرامون توسعه ESG (Environmental Safe Guard) و به موازات آن طراحی رایزرها متناسب با آن صحبت خواهد شد.

### فوران گیرهای سطحی (Surface BOP)

استفاده از فوران گیرهای سطحی در سکوهای نیمه شناور دارای مزایای زیادی نسبت به استفاده از فوران گیرهای زیر دریایی است که به شرح ذیل می باشد:

**۱- کاهش هزینه ها:** حفاری در اعماق حدود ۲۰۰۰ متر و استفاده از فوران گیرهای زیر دریایی نیازمند استفاده از سکوهای نیمه شناور نسل پنجم با نرخ روزانه ۲۰۰۰۰۰ دلار می باشد در حالیکه در همین عمق با استفاده از فوران گیرهای سطحی می توان از سکوهای نیمه شناور نسل سوم با نرخ روزانه ۸۰۰۰۰ دلار استفاده کرد( ارقام مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی می باشد). همچنین استفاده از این سکوها منجر به کاهش هزینه های بالای جابه جایی سکو می شود.

**۲- بهینه شدن عملیات حفاری:** استفاده از BOP های سطحی باعث کاهش زمان صرف شده جهت راندن و برداشتن BOP به همراه رایزرها در اعماق زیاد می شود.

**۳- کاهش زمان غیر مولد و غیر فعال سکو(NPT):** فوران گیرهای سطحی دارای

سیستم کنترل ساده تری نسبت به نوع زیر دریایی می باشد و احتمال خرابی آنها به مراتب کمتر می باشد و در صورت نیاز به تعمیرات، زمان بسیار کمتری مورد نیاز می باشد چرا که در صورت استفاده از فوران گیر نوع زیر دریایی، مدت زمان بسیاری صرف بالا کشیدن آن تا سطح می شود.

**۴- کنترل فوران:** در صورت استفاده از فوران گیرهای سطحی، به دلیل کاهش یافتن خطوط Kill و Choke، فرایند کنترل فوران بسیار ساده تر خواهد بود. براساس تحقیقات انجام گرفته در مورد ارزیابی میزان ریسک موجود (QRA)، ملاحظه شد که عوامل زیرمی تواند باعث بوجود آمدن فوران چاه ها شود: (۱) حفاری در مخازن پرفشار؛ (۲) شکسته شدن رایزرها به دلیل خارج شدن لنگرها از حالت نرمال؛ (۳) تصادف بین کشتی ها با سکوی حفاری.

همچنین احتمال وقوع فوران بستگی به شرایط زیر دارد: (شکل-۱)

۱- حفاری با استفاده از فوران گیرهای زیر دریایی

۲- حفاری با استفاده از فوران گیرهای سطحی

۳- حفاری با استفاده از فوران گیرهای سطحی به همراه استفاده از ESG در بستر دریا.

احتمال وقوع فوران چاه در هنگام استفاده از فوران گیرهای زیر دریایی در مقایسه با فوران گیرهای سطحی یکسان می باشد. ولی از دیدگاه محیط زیست، استفاده از فوران گیرهای سطحی آثارجانبی نامطلوبی دارد که به دلیل شکسته شدن رایزرها می باشد.

بر اساس اطلاعات بدست آمده در ارزیابی ریسک مشخص شد که دو عامل مهم جهت کاهش دادن خطر آلودگی محیط در زمان شکسته شدن رایزرها (در صورت استفاده از فوران گیرهای سطحی) ضروری است:

۱- نیاز به یک فونداسیون مستحکم جهت کاهش خطر شکسته شدن رایزرها در بالای مسیر گل برگشتی (Mud line).

۲- وسیله ای جهت بستن چاه در بستر دریا (Shut-off device). در ضمن استفاده از این وسیله به باز گشتن به محل چاه پس از جدا شدن در شرایط اضطراری کمک می کند (Re-entry).

---

[1] - Environmental Safe Guard

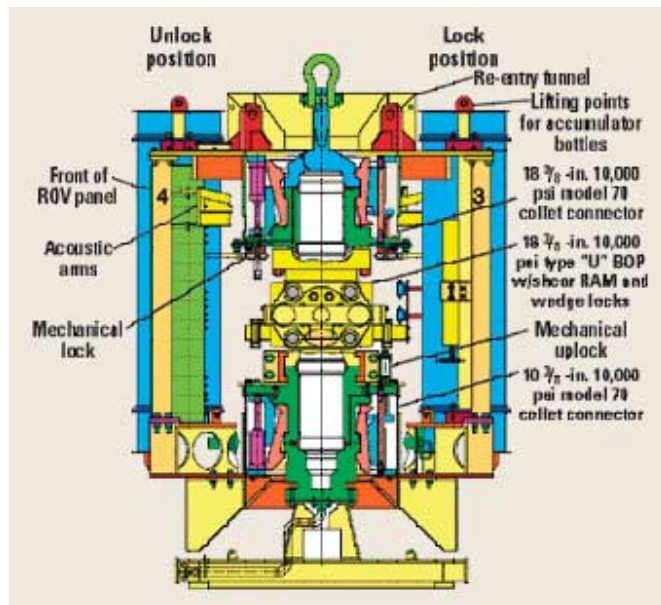
[2]- Non Productive Time

[3] - Quantitative Risk Assessment

Consequences	Catastrophic			X	YZ			
	Major			K	Z	Y		
	Severe				XVZ			
	Minor				XZ	Y		
		Vary remote $10^{-6} - 10^{-4}$	Rare to $10^{-4} - 10^{-6}$	Low prob. $10^{-4} - 10^{-3}$	Possible $10^{-3} - 10^{-2}$	Probable $10^{-2} - 10^{-1}$	Frequent $10^{-1} - 10^0$	
		frequency per year						

Key: X = Subsea stack;  
Y = Surface stack;  
Z = Surface stack with ESG

شکل-۱: بررسی پی آمد و احتمال شکسته شدن رایزرها در طول سال در صورت استفاده از فوران گیرهای سطحی به تنهایی ، زیر دریایی و فوران گیرهای سطحی به همراه ESG طراحی و توسعه ESG : بر اساس ارزیابی ریسک و با در نظر گرفتن نتایج استفاده از فوران گیر های سطحی، ESG طراحی و توسعه داده شد.



شکل-۲: نمای کلی سیستم ESG

ESG از پایین به بالا از قسمت های زیر تشکیل شده است (شکل-۲):  
۱- وسیله متصل کننده هیدرولیکی (Collect Connector) با اندازه 18 3/4" و فشار کاری

PSI ۱۰۰۰۰

۲- فوران گیر برشی (Shear Ram) مدل U و اندازه " 3/4 18

۳- وسیله متصل کننده هیدرولیکی (Collect Connector) با اندازه " 3/4 18 و فشار کاری

PSI ۱۰۰۰۰

دلیل انتخاب و استفاده از تجهیزات فوق با اندازه " 3/4 18 شامل موارد زیر می باشد:

- وجود بارهای خمشی زیاد اعمال شده بر روی رایزرها ناشی از انحراف سکو/
- در دسترس بودن تجهیزات مربوطه (عدم دسترسی به تجهیزات مربوط به 13  
/(5/8"
- محدود بودن زمان بین طراحی تا انجام عملیات/
- استفاده مجدد از تجهیزات بکار رفته/

هدف از قرار دادن این فونداسیون ، تقویت قسمت زیرین مسیر گل برگشتی در بستر دریا می باشد با این دیدگاه که در صورت شکستگی رایزرها ، این اتفاق فقط در قسمت بالای ESG رخ دهد تا بتوان دوباره به محل چاه بازگشت (Re-entry).

سیستم کنترل فوران گیرهای سطحی نسبت به نوع زیر دریایی ساده تر و به صورت الکتروهیدرولیکی صوتی می باشد. همچنین یک پانل کنترل [1] ROV نیز برای آن به عنوان سیستم پشتیبان (Back up) در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که از ESG به عنوان یک فوران گیر جهت کنترل فوران استفاده نمی شود. طراحی آن فقط به منظور مسدود کردن چاه و وسیله ای جهت جدا شدن رایزرها از بستر دریا و چاه در شرایط اضطراری می باشد. در چنین شرایطی و با استفاده از ESG امکان برگشتن مجدد به محل چاه نیز امکان پذیر می باشد.

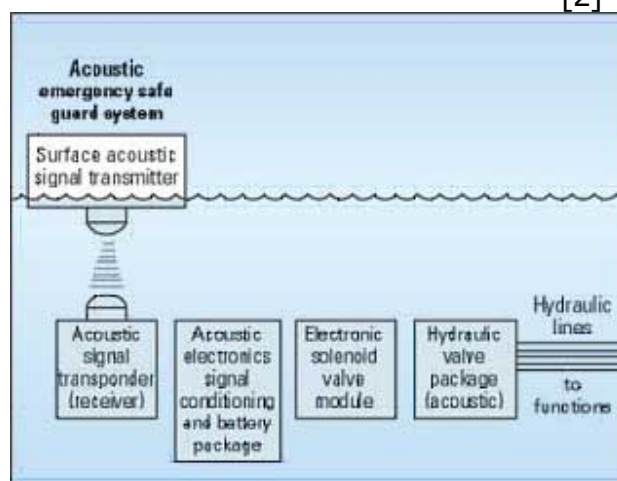
سیستم کنترل صوتی ESG از دو قسمت سطحی و زیر دریایی تشکیل شده است (شکل-3):

بخش نصب شده در سطح، از یک فرستنده و گیرنده و یک پانل کنترل لمسی که بر روی سکو نصب شده تشکیل شده است. علاوه بر این جهت کنترل ESG از راه دور، واحدی قابل حمل بر روی عرشه وجود دارد که به یک ترانسدیوسر(فرستنده و گیرنده) غوطه ور متصل می باشد.

در بخش زیر دریایی سیستم کنترل، دو فرستنده و گیرنده زیر دریایی در دو طرف ESG نصب شده است همچنین یک واحد کنترل زیر دریایی (SCU)[2] جهت کنترل شیرهای عمل کننده صوتی مربوطه در نظر گرفته شده است.

[1] -Remotely Operated Vehicle

[2] - Subsea Control Unit



شکل-3: سیستم کنترل ESG به روش آکوستیکی

جهت بکار بردن سیستم ESG علاوه بر ساخت آن دو نکته مهم دیگر باید در نظر گرفته شود:

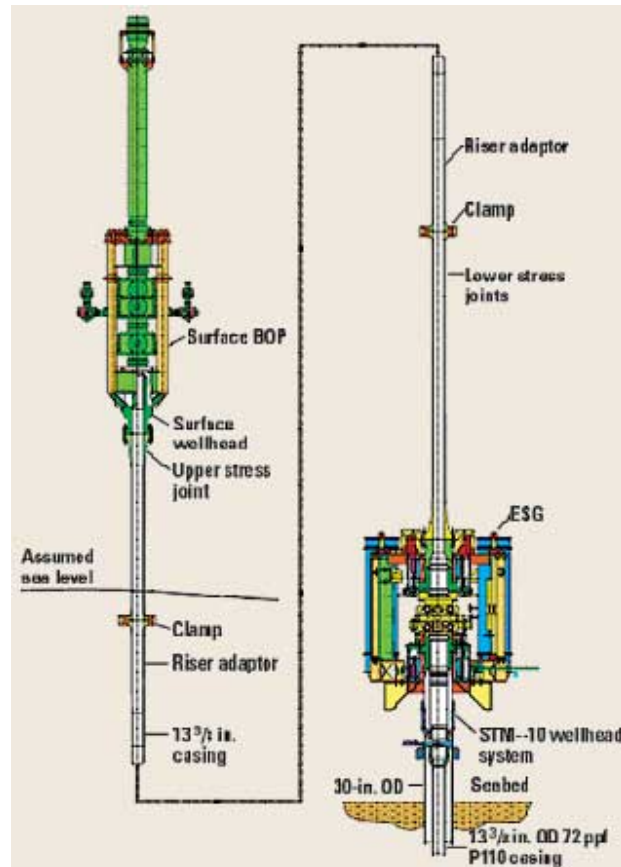
- ۱- بهینه کردن و اصلاح سکوی مورد نظر به طوری که توانایی راندن ESG را داشته باشد.
- ۲- ربات زیردریایی (ROV) باید قادر به راه اندازی پانل مخصوص ROV و انجام کلیه عملیات آن باشد.

### طراحی شاخه رایزرها

هم اکنون به منظور استفاده از فوران گیرهای سطحی در سکوهای نیمه شناور از رایزرها با طراحی ویژه به منظور افزایش مقاومت در مقابل بارهای خستگی استفاده می شود. در همین راستا، نحوه بکار بردن و قرار دادن ESG به عنوان فونداسیون و همچنین نیاز به داشتن پوششهای مخصوص شناوری بر روی رایزرها جهت اعمال کشش مناسب در سطح می بایستی معین شود.

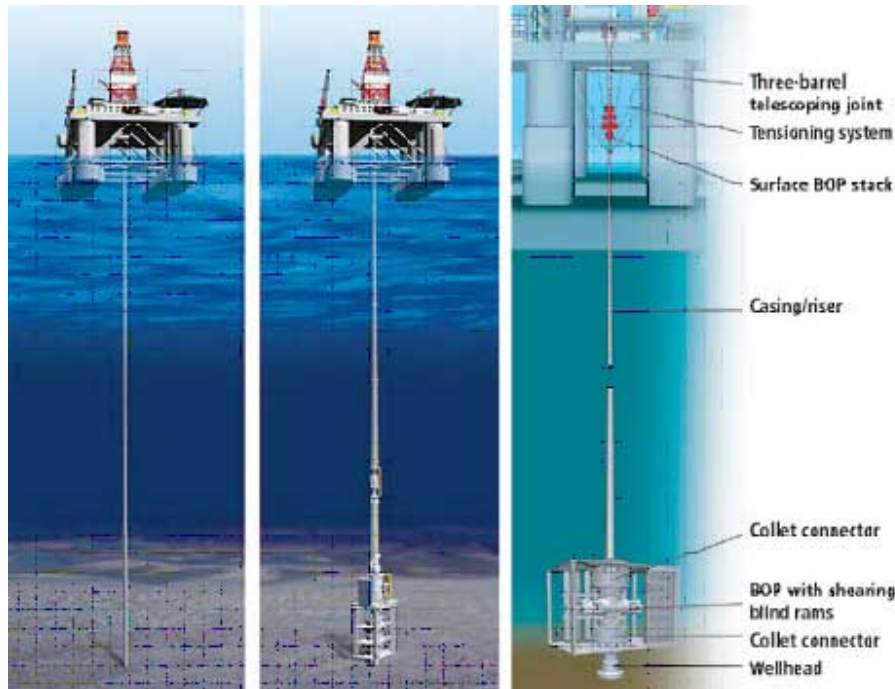
بر اساس مطالعات انجام گرفته و بدست آمدن اطلاعات اقیانوس شناسی شامل شدت جریان، اندازه موج و...؛ محاسبات طراحی رایزر، بزرگی نیروهای وارده مشخص و بر اساس آن لزوم وجود تجهیزات و قسمتهایی به نام مفاصل تحمل تنش (Stress Joint) و تبدیل (Adapter Spool) در طراحی شاخه رایزرها معین شد.

ترکیب بکاربردن ESG ، رایزرها و فوران گیرها در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل-4: ترتیب و نحوه اتصال اجزا مختلف بکاررفته در شاخه رایزرها

همچنین در شکل ۵ انواع مختلف سیستمهای فوران گیر نشان داده شده است.



**شکل-5: حفاری آبهای عمیق و بکار بردن سیستمهای فوران گیر مختلف : حفاری با استفاده از فوران گیر سطحی(شکل سمت چپ)، حفاری با استفاده از فوران گیر زیر دریایی(شکل وسط)، حفاری با استفاده از فوران گیر سطحی به همراه سیستم ESG (شکل سمت راست).**  
**نتیجه گیری**

بکار بردن تکنولوژی فوران گیرهای سطحی به همراه سیستم ESG در حفاری آبهای عمیق تاثیر بسزایی در کاهش هزینه های مربوط به حفاری چاههای نفت و گاز دارد. به طور خلاصه عوامل زیر در حفاری آبهای فوق عمیق را می توان به عنوان دلایل کاهش هزینه های حفاری چاههای نفت و گاز در صورت استفاده از فوران گیرهای سطحی به همراه سیستم ESG نسبت به استفاده از فوران گیرهای زیر دریایی در نظر گرفت:

استفاده از رایزرهای با فشار کاری بالا و با قطر کمتر و امکان استفاده از سکوهای نسل دوم و سوم/

کاهش هزینه های نقل و انتقال و جابه جایی سکوی حفاری/

ارزان تر بودن نرخ روزانه سکوهای نسل دوم و سوم در مقایسه با سکوهای پیشرفته تر نسل چهارم و پنجم/

کاهش مصرف سوخت/

کاهش حجم گل حفاری بکاررفته/

کاهش هزینه های مربوط به مته حفاری به دلیل کوچکتر شدن قطر چاه/



کاهش هزینه های مربوط به لوله های جداری به دلیل کاهش تعداد آنها/

**منابع:**

**1- [www.worldoil.com](http://www.worldoil.com)**

**2- [www.offshore-mag.com](http://www.offshore-mag.com)**