



## بررسی انواع سیستم‌های کنترل فوران گیرهای زیر دریایی (Subsea BOP)

◀ محمد کاظم اولیایی\*

چکیده:

وجود ذخایر نفت و گاز در دریای خزر و عمق زیاد آن، نیاز به استفاده از سکوهای نیمه شناور را در مقایسه با دریاهای جنوب جهت حفاری و دسترسی به مخازن هیدروکربنی دو چندان می‌کند. در همین راستا سکوی حفاری نیمه شناور ایران البرز طراحی و مراحل پایانی ساخت آن جهت تحویل به شرکت حفاری شمال در حال انجام می‌باشد. لازم به ذکر است که فوران گیرها (BOP) در سکوی فوق بر خلاف سکوهای پایه دار (jack up) که روی سطح قرار می‌گیرند، در بستر دریا نصب شده و از روی سکو توسط سیستم‌های هیدرولیکی، قابل کنترل می‌باشند. در این مقاله تعدادی از سیستم‌های کنترل فوران گیرهای زیر دریایی معرفی می‌گردند.

کلمات کلیدی: سکوی نیمه شناور - آبهای عمیق - فوران گیرهای زیر دریایی - سیستم‌های کنترل.

مقدمه:

کنترل فوران گیرها از روی سکو می‌طلبند. در این سکو با توجه به شرایط، نوع سکو و عمق آب تعریف شده، از سیستم‌های کنترل هیدرولیکی استفاده شده است که ذیلاً در مورد آن توضیحاتی داده خواهد شد. علاوه بر سیستم‌های هیدرولیکی سیستم‌های کنترل دیگری وجود دارند که با توجه به شرایط و طراحی‌ها، در سکوهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند در این مقاله به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- ۱- سیستم‌های کنترل الکترو-هیدرولیکی (E/H)
- ۲- سیستم‌های Multiplex E/H
- ۳- سیستم‌های کنترل آکوستیک (Acoustic)

به طور کلی در حفاری چاه‌های نفت و گاز در دریاها بسته به عمق آب و نوع سکوی حفاری مورد استفاده به لحاظ موقعیت نصب فوران گیرها می‌توان از فوران گیرهای سطحی (surface BOP) نظیر فوران گیرهای مورد استفاده در سکوهای جک آب و یا فوران گیرهای زیر دریایی (Subsea BOP) نظیر BOPهای مورد استفاده در سکوهای نیمه شناور (semi submersible)، کشتیهای حفاری (drill ship)، مخازن شناور نفت (FPSO) استفاده کرد.

در سکوی حفاری نیمه شناور «ایران البرز» می‌بایستی از فوران گیرهای زیر دریایی جهت نصب در بستر دریا استفاده شود که به ناچار شرایط ویژه و سیستم‌های خاصی را برای

مرکزی (Control Hose Umbilical) و یا یک لوله صلب متصل شده به شاخه‌های رایزر به نام خط انتقال سیال هیدرولیک استفاده کرد. (شکل ۳)

عملکرد سریع فوران گیر در حفاری آبهای عمیق اهمیت ویژه ای دارد. مخصوصاً در سکوها با توانایی تثبیت موقعیت دینامیکی (Dynamic Positioning) که به دلیل ثابت نبودن موقعیت سکو احتمال جدا شدن از فوران گیر را در شرایط اضطراری دو چندان می‌کند.

زمان واکنش از دو قسمت تشکیل شده است:

۱- زمان رسیدن سیگنال فرمان به شیرهای نصب شده در محفظه کنترل زیر دریایی (signal time)

۲- مدت زمانی که طول می‌کشد تا سیال هیدرولیک عمل باز یا بسته کردن را انجام دهد (Hydraulic execution time)

براساس استاندارد NPD زمان مورد نیاز برای بسته شدن فوران گیر هنگامی که در بستر دریا قرار دارد نباید بیشتر از ۴۵ ثانیه باشد.

API RP 16E بخش 16E.3.1 بیان می‌کند که سیستم کنترل بکار رفته در فوران گیرهای زیر دریایی باید توانایی بستن هر کدام از Rams در کمتر از ۴۵ ثانیه و فوران گیر حلقوی (Annular BOP) را در کمتر از ۶۰ ثانیه داشته باشد. زمان باز یا بسته شدن شیرآلات به کار رفته در خطوط کاهنده و کشتن چاه (Choke/kill) باید از حداقل زمان بسته شدن Rams کمتر باشد. همچنین زمان مورد نیاز جهت جدا شدن LMRP (Lower Marine Riser Packages) از فوران گیرها باید کمتر از ۴۵ ثانیه باشد.



#### ۱- سیستم‌های کنترل هیدرولیکی:

فوران گیرهای زیر دریایی که در اعماق زیاد به کار می‌روند مانند فوران گیرهای مورد استفاده در سطح، به صورت هیدرولیکی کنترل می‌شوند. (شکل ۱) اجزای اولیه سیستم کنترل هیدرولیکی، شامل محفظه کنترل زیر دریایی (Modular Control Pod) می‌باشد که روی مجموعه فوران گیرها (BOP Stack) سوار می‌شود.

محفظه کنترل از تعدادی شیرهای هیدرولیکی تشکیل شده است که با فرمان گرفتن از روی سکو، جریان سیال هیدرولیک را به فوران گیرها، اتصالات هیدرولیکی مربوطه (Hydraulic Connector) و سایر شیرهای نصب شده روی فوران گیر و... هدایت می‌کند. (شکل ۲)

شیرهای کنترل مربوط به محفظه کنترل از نوع ۳/۲ و یا ۴/۳ می‌باشد و به صورت هیدرولیکی بازو بسته می‌شوند.

در آبهای کم عمق تر جهت اعمال فشار هیدرولیک برای به کار انداختن این شیرها باید از تعدادی لوله‌های قابل انعطاف (Pilot hose) استفاده شود که همه آنها در یک شیلنگ مرکزی به نام Flexible Hose Umbilical جمع شده‌اند.

#### ۲- سیستم‌های کنترل الکترو-هیدرولیکی (E/H):

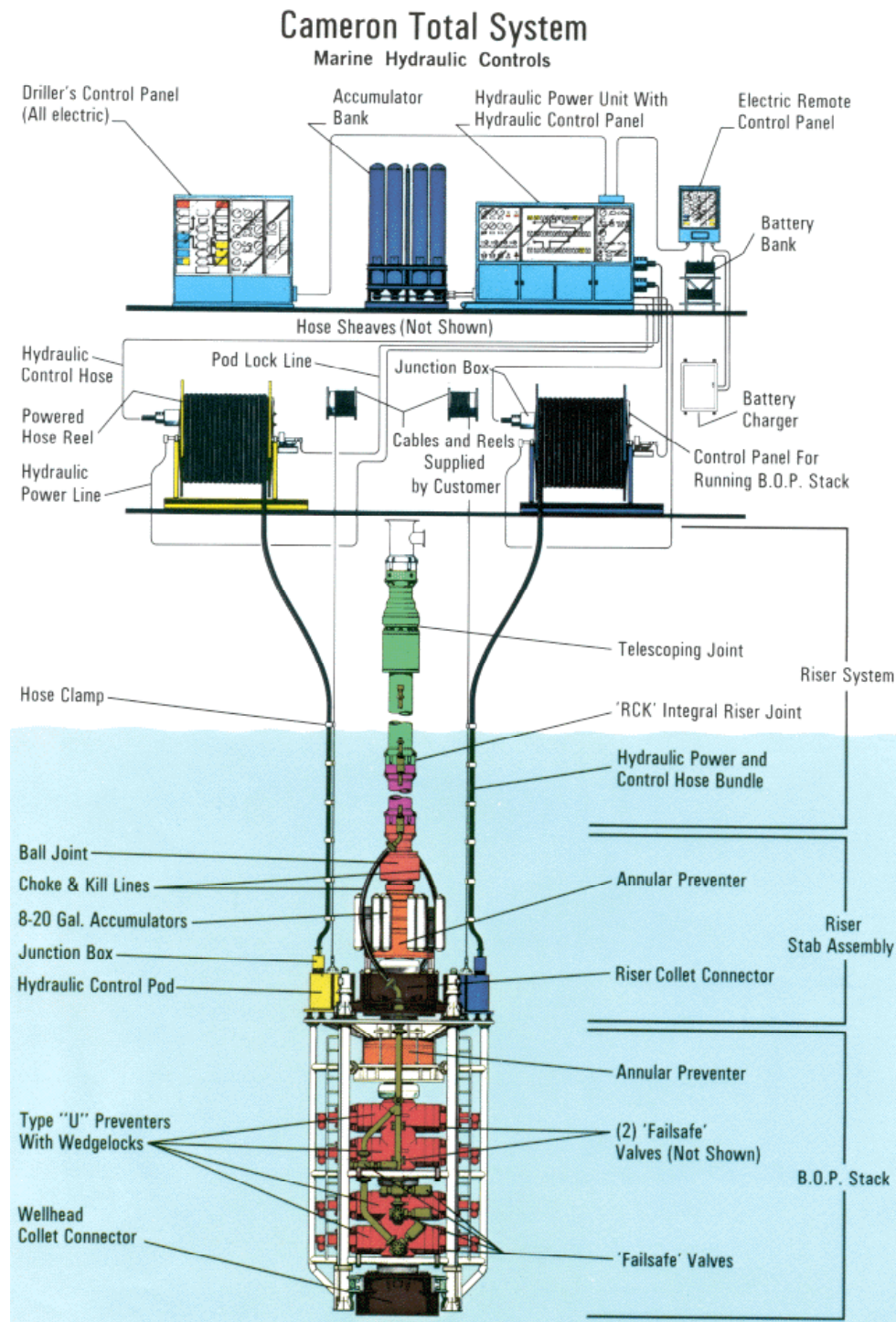
در آبهای عمیق از سیستم الکترو-هیدرولیک (E/H) استفاده می‌شود. در این سیستم برای به کار انداختن شیرهای فرمان نصب شده در محفظه کنترل زیر دریایی (Pod Valve) از سیگنالهای الکتریکی استفاده می‌شود که باعث کاهش زمان پاسخ می‌گردد.

در هر دو نوع سیستم هیدرولیکی و E/H، سیال هیدرولیک مورد نیاز جهت کنترل فوران گیرها و اجزا آن باید از منبعی که روی سکو قرار دارد تامین شود و سپس برای انتقال آن از شیلنگ



شکل ۲- محفظه کنترل زیر دریایی (Modular Control Pod)

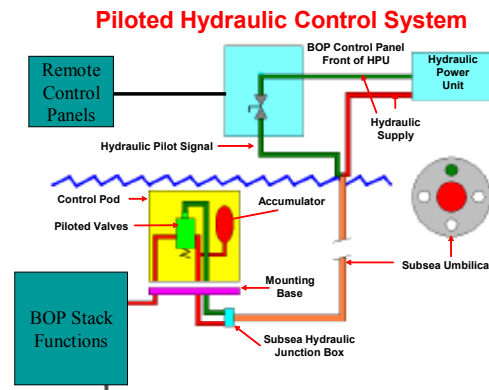
شکل ۳ - سیستم کنترل هیدرولیکی به همراه مجموعه فوران گیرهای زیر دریایی، LMRP و اتصالات مربوطه



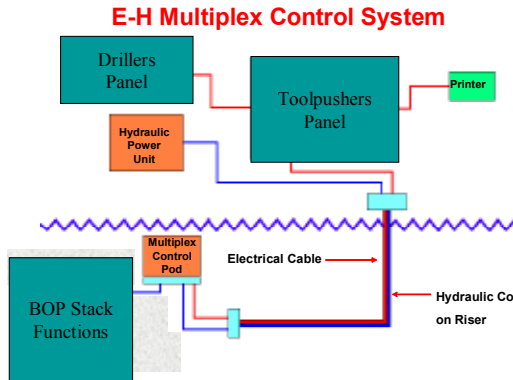
به نام سیستم‌های پاسخ سریع (Quick Response System) وجود دارند که دارای زمان ارسال سیگنال حدود ۴/۵ ثانیه در عمق ۳۰۰۰ ft می‌باشد. مهم‌ترین تفاوت بین سیستم کنترل هیدرولیکی و E/H در نوع انتقال سیگنال‌های فرمان می‌باشد. (شکل‌های ۴ و ۵) در سیستم E/H سیگنال‌های فرمان الکتریکی به شیرهای سلونوئید موجود در محفظه کنترل زیر دریایی منتقل می‌شود و باعث انتقال فرمان هیدرولیکی و هدایت آن برای به کار انداختن و عمل کردن شیرهای هیدرولیکی مربوطه می‌شود.

تفاوت بین سیستم کنترل هیدرولیکی و سیستم کنترل E/H: در راستای کاهش signal time و اهمیت آن در عملکرد اجزای مختلف فوران گیرها، سیستم‌های کنترل E/H توسعه داده شدند. اساساً این سیستم بسیار سریع‌تر از سیستم‌های هیدرولیکی مرسوم کار می‌کند، به طوری که زمان ارسال سیگنال فرمان در سیستم E/H در عمق ۳۰۰۰ ft کسری از ثانیه خواهد بود که در مقایسه با سیستم‌های هیدرولیکی با توجه به نوع سیستم و نوع لوله‌های هیدرولیک به کار رفته در آن که در حدود ۳۰ ثانیه و یا بیشتر می‌باشد بسیار کوتاه خواهد بود. لازم به ذکر است که نوعی از سیستم‌های کنترل هیدرولیکی

شکل ۴ - نمای کلی سیستم کنترل هیدرولیکی



شکل ۵ - نمای کلی سیستم کنترل E/H Multiplex



در سیستم‌های E/H اولیه، از جریان DC برای راه‌اندازی شیرهای سلونوئید استفاده می‌شد که از معایب آن می‌توان به بزرگ شدن و غیر قابل انعطاف شدن کابل کنترل به دلیل استفاده از رشته سیم‌های زیاد اشاره کرد.

از دیگر مشکلات قابل توجه این سیستم می‌توان به عدم پایداری سیستم اشاره کرد که در بسیاری از موارد آن را غیرقابل عملکرد می‌کرد. همچنین اتصالات به کار رفته در این سیستم باعث بوجود آمدن پاره‌ای دیگر از مشکلات نظیر ایجاد نوعی اتصال کوتاه در مدار فرمان آن می‌شد. به طور کلی مدارات فرمان سیستم‌های E/H اولیه هیچگونه محافظتی در برابر فرمانها و سیگنالهای ساختگی و مصنوعی به وجود نداشتند. به طور مثال زمانیکه فوران گیرها در کف دریا قرار داده می‌شد آب دریا باعث به وجود آمدن یک اتصال کوتاه در مدار شده و موجب باز شدن اتصالات هیدرولیکی می‌شد.

همه این مشکلات باعث شد تا سیستم‌های E/H اولیه از رده خارج و سیستم جدیدتری به نام سیستم کنترل Multiplex E/H که هم‌اکنون در سکوهای حفاری با تثبیت موقعیت دینامیکی (DP) استفاده می‌شود به کار گرفته شود.

همانطور که گفته شد Hydraulic Execution Time مدت زمانی است که طول می‌کشد تا سیال هیدرولیک یک عملگر هیدرولیکی (Hydraulic Actuator) را از یک موقعیت به موقعیت دیگر برساند. به عنوان مثال مدت زمانیکه طول می‌کشد تا rams از حالت باز، بسته شود. این زمان اساساً به پارامترهایی چون فشار سیال هیدرولیک، اندازه و سایز لوله‌های هیدرولیک، طول لوله و فاکتورهای مربوط به شیرها و اتصالات و همچنین گرانش سیال هیدرولیک بستگی دارد. لوله‌ها و شیرآلات بزرگتر از مهمترین پارامترهایی است که می‌تواند این زمان را بهبود بخشد. با انتخاب صحیح قسمت‌های مختلف هیدرولیکی می‌توان به زمان حدود ۱۵ ثانیه برای فوران گیر کوبشی (rams)  $\frac{3}{4}$  و حدود ۳۰ ثانیه برای فوران گیرهای حلقوی دسترسی پیدا کرد.

### ۳- سیستم کنترل Multiplex :

از تفاوت‌های سیستم E/H Multiplex با نوع قدیمی‌تر آن یعنی سیستم E/H DC circuit، در نحوه انتقال سیگنال‌ها از سطح به کف دریا و روی محفظه کنترل زیر دریایی می‌باشد. این سیستم مشابه انتقال امواج رادیویی، می‌تواند با به کار بردن یک فرستنده و گیرنده الکترونیکی در واحد کنترل مربوطه بر

روی سکو و محفظه کنترل زیر دریایی باعث انتقال سیگنال‌های فرمان و دیتا توسط یک کابل چند رشته‌ای کوچک شود. سیگنال‌های فرمان پس از رسیدن به محفظه کنترل، رمزگشایی شده و پس از انتقال به سطح و بررسی آن در کسری از ثانیه به مرحله اجرا در می‌آید. این سیستم علاوه بر انتقال سیگنال‌های فرمان و دیتا می‌تواند سیگنال‌های مربوط به دور نشان (Television) و فرمان الکتریکی لازم را جهت باز و بسته کردن شیرهای به کار رفته در محفظه کنترل انتقال دهد.

از مزایای مهم سیستم E/H Multiplex نسبت به نوع قدیمی‌تر آن می‌توان به کوچک‌تر بودن کابل‌های کنترل و حساسیت بیشتر نسبت به عدم تولید سیگنال‌های فرمان کاذب که در اثر اتصال کوتاه به وجود می‌آید و همچنین افزایش ضریب عملکرد متعلقات سیستم در هنگام استفاده از سیگنال‌های رمزی اشاره کرد.

نوعی از سیستم Multiplex که در آب‌های عمیق به کار می‌رود قابلیت کنترل فوران گیرها را توسط یک کابل ۱۶ رشته سیمی با قطر OD=۱.۴" دارد، در حالیکه در سیستم E/H معمولی باید جهت کنترل همان فوران گیر از یک کابل با قطر OD=۲.۵" که محتوی حدوداً ۱۰۰ رشته سیم می‌باشد استفاده کرد.

### ۴- سیستم‌های کنترل پشتیبان در شرایط اضطراری (Emergency Back Up System):

سیستم‌های کنترل آکوستیک (Acoustic Back Up Control System): امروزه در اغلب سکوهای حفاری که در آب‌های عمیق حفاری می‌کنند یک سیستم کنترل آکوستیک به عنوان سیستم پشتیبان به کار می‌رود. تا در هنگام کار افتادن سیستم کنترل اصلی و در شرایط اضطراری بتوان برای کنترل فوران گیر از آن استفاده کرد.

عملکرد این سیستم، مستقل از سیستم کنترل اصلی و معمولاً به شکلی است که بتواند سه یا چهار کار حساس و مهم را در خصوص مجموعه فوران گیرها مانند: بستن فوران گیرهای کوبشی (rams)، چفت شدن فوران گیرها (ram locks) و باز کردن اتصال دهنده LMRP انجام دهد.

انباره‌ها (accumulator) پی‌کی که برای این سیستم در نظر گرفته شده است می‌بایستی دارای ظرفیت کافی باشد به طوری که پس از بستن فوران گیرهای کوبشی و باز کردن اتصال دهنده

