

بررسی سیستم‌های کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره و تمام الکتریکی فوران گیرهای زیر دریایی

میثم خدایی^۱، احسان خدمتگزار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

ذخیره شده درون تجهیزات زیر دریایی^۱ را به خطوط هیدرولیکی جداگانه، شیرها و کاهنده‌ها منتقل می‌کند و همچنین تجهیزات بهره‌برداری زیر دریایی را در بر می‌گیرد. سیستم‌های کنترل تمام الکتریکی با توجه به اینکه هزینه‌های بالای تولید انرژی زیر دریایی را کاهش می‌دهند، جایگزینی مناسب برای سیستم‌های الکترو هیدرولیکی موجود می‌باشند.

در این مطالعه به بررسی سیستم‌های کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره و تمام الکتریکی پرداخته شد و مزایا و معایب آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱- سیستم‌های کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره

در سیستم‌های کنترل چند منظوره، ایستگاه کنترل اصلی^{۱۱} (MCS) با ریزپردازنده در بخش الکترونیک زیر دریایی^{۱۲} (SEM) ارتباط برقرار کرده و با یک لینک ارتباطی، دستورها را توسط یک کامپیوتر اجرا می‌کند. سیستم

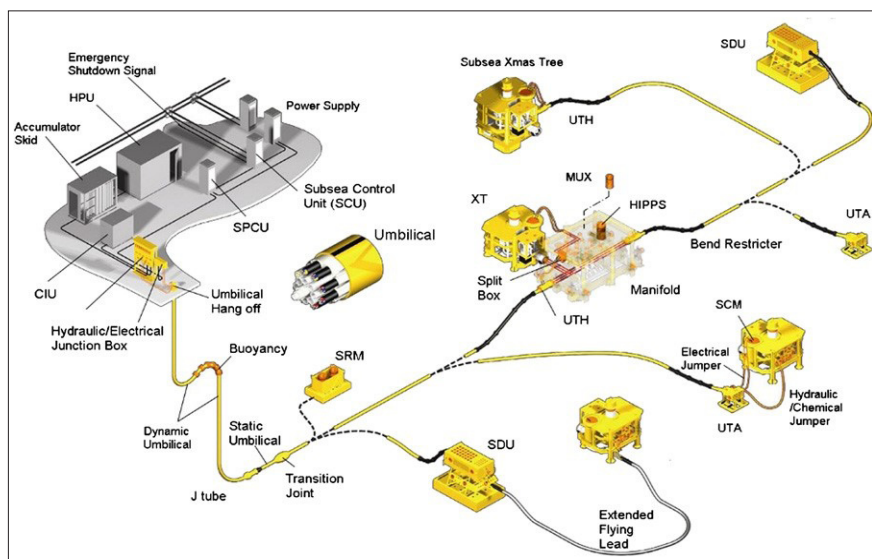
و غیره به مهندسان ناظر در بهبود وضعیت تولید و بهره‌برداری کمک می‌کند. سیستم کنترل فوران گیر زیر دریایی در شکل ۱- نشان داده شده است.

انواع سیستم‌های کنترل فوانگیر زیر دریایی عبارتند از: سیستم کنترل هیدرولیکی مستقیم^۴، سیستم کنترل هیدرولیکی پایلوت^۵، سیستم کنترل هیدرولیکی متوالی^۶، سیستم کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره^۷، سیستم کنترل تمام الکتریکی^۸.

از دهه ۱۹۶۰ تکامل فناوری سیستم‌های کنترل باعث شده است که این سیستم‌ها برای بهبود زمان پاسخ از نوع هیدرولیک مستقیم به پایلوت و متوالی ارائه شوند. امروزه، در بسیاری از فورانگیرهای زیر دریایی توسعه یافته، از سیستم‌های کنترل الکترو هیدرولیکی و تمام الکتریکی استفاده می‌شود. این سیستم‌ها از نوع کامپیوتری/ارتباطی زیر دریایی هستند که شامل درجه‌های کنترل هدایت هیدرولیکی می‌باشند. عملکرد شیرهای الکتریکی به این صورت است که فشار

عملکرد سیستم کنترل فوران گیر زیر دریایی در واحد حفاری سکوه‌های نفتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دانستن مزایا، معایب و ویژگی‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج بررسی هر یک از انواع سیستم‌های کنترل فوران گیر زیر دریایی به ویژه سیستم کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره و تمام الکتریکی با توجه اینکه در سیستم‌های زیر دریایی پیشرفته امروزی از این نوع سیستم‌های کنترل استفاده می‌شود، می‌تواند به بهره‌برداران در انتخاب و طراحی نوع سیستم کنترل کمک کند. در مجموعه فورانگیر هر یک از اجزای فورانگیر توسط حرکت پیستون به بالا و پایین، به صورت هیدرولیکی عمل می‌کند. بنابراین کنترل فورانگیر تابعی از هیدرولیک و هدایت سیال (روغن) می‌باشد. در عملیات‌های خشکی، سکوی جک آب و پلتفرم، کنترل فورانگیر به طور مستقیم و با استفاده از منبع هیدرولیکی واقع در محلی ایمن و دور از سرچاه نفت انجام می‌گیرد. کنترل مجموعه‌های بزرگ‌تر و پیچیده فورانگیر در عملیات زیر دریایی به صورت کنترل از راه دور در بستر دریا انجام می‌پذیرد. در این مطالعه با توجه به کاربرد هر یک از سیستم‌های کنترل الکترو هیدرولیکی چند منظوره و تمام الکتریکی در مناطقی با فواصل مختلف و همچنین پیچیدگی، انعطاف پذیری عملیاتی و اهمیت بهبود زمان پاسخ، به بررسی سیستم‌های کنترل مذکور پرداخته، مزایا و معایب و ویژگی‌های آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

سیستم‌های کنترل فوران گیر زیر دریایی اطلاعات بین سطح و بستر دریا را دریافت کرده و شیرها، کاهنده^۱ روی مجموعه شیرهای زیر دریایی^۲، چندراهه^۳ و خطوط لوله را کنترل می‌کند. همچنین با نشان دادن درجه حرارت، میزان فشار و میزان تولید ماسه



شکل ۱ | سیستم کنترل فوران گیر زیر دریایی

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (Meysam.khodaie@srbiau.ac.ir)

مرزی^{۲۲} در فاصله دور (معمولاً بیش از ۵ کیلومتر) و برای چاههایی با فشار و دمای بالا استفاده می‌شود. سیستم کنترل تمام الکتریکی در شکل-۳ نشان داده شده است. برای باز کردن شیر، اپراتور MCS را اجرا می‌کند، MCS یک پیام دستوری را به SEM می‌فرستد که SEM پیام را تفسیر و تقویت کننده^{۲۳}، پیلوت مناسب را فعال می‌کند و در نهایت اجازه می‌دهد که توان الکتریکی به فعال کننده شیر منتقل شود.

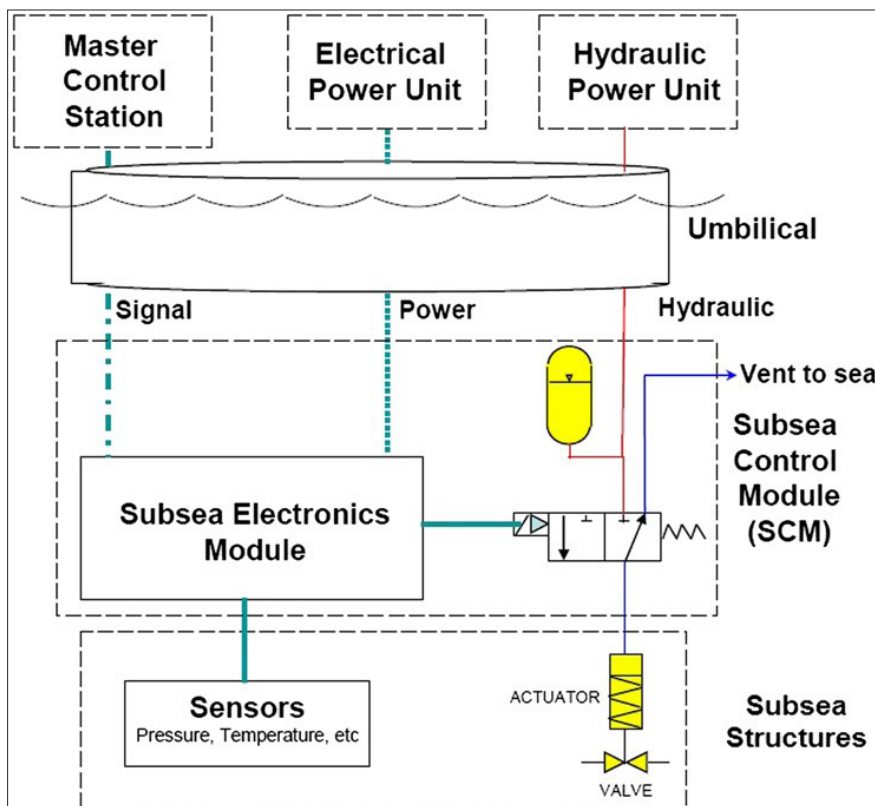
کنترل الکتروهیدرولیکی چندمنظوره این امکان را فراهم می‌کند که بسیاری از بخش‌های کنترل زیردریایی^{۱۳} (SCM) به خطوط انتقال هیدرولیکی متصل شوند. در نتیجه بسیاری از چاه‌ها را می‌توان از طریق یک سیستم کنترل مرکزی^{۱۴} ساده کنترل کرد. هزینه یک سیستم الکتروهیدرولیکی چندمنظوره با توجه به بخش الکترونیک زیردریایی، اضافه شدن کامپیوتر و نرم‌افزارهای کامپیوتری مورد نیاز، نسبت به سیستم‌های کنترل ذکر شده قبلی بیشتر است. با این حال این هزینه‌ها در مقابل سیستم کنترل مرکزی پیچیده و تکنولوژی‌های پیشرفته مناسب است. این سیستم معمولاً در مناطق با فاصله بیش از ۵ کیلومتر (۳/۱ مایل) استفاده می‌شود. سیستم کنترل الکتروهیدرولیکی چند منظوره در شکل-۲ نشان داده شده است.

برای باز کردن شیر، اپراتور MCS را متناسب با شیر تنظیم می‌کند، کد دستوری از MCS به SEM فرستاده می‌شود، SEM پیام‌ها را تفسیر و شیر پیلوت مناسب را فعال می‌کند. به این ترتیب سیال هیدرولیکی به درون فعال کننده^{۱۵} شیر جریان می‌یابد. در زمان‌هایی که عملیات دریایی انجام نمی‌شود در حافظه MCS ذخیره شده است، انتخاب می‌کند. مزایا، معایب و ویژگی‌های سیستم کنترل الکتروهیدرولیکی چندمنظوره در جدول-۱ بیان شده است.

۲- سیستم‌های کنترل تمام الکتریکی

برای داشتن سیستم کنترل تمام الکتریکی لازم است یک سیستم که بر اساس کنترل هیدرولیکی معمول کار می‌کند، به یک سیستم مبتنی بر تمام الکتریک تبدیل شود. حذف هیدرولیک به این معنی است که هر دستورالعمل سیستم کنترل، بدون اینکه زمانی برای شارژ انبار^{۲۰} صرف شود، به سرعت منتقل می‌شود. این سیستم کنترل به صورت معمول در میدان‌های پیچیده^{۲۱} و میدان‌های

ویژگی‌ها	معایب	مزایا
سیستم پاسخ دهی آتی	پیچیدگی زیاد در سیستم	مدت زمان پاسخ خوب نسبت به فاصله
نبود هیچگونه محدودیتی برای کنترل از راه دور	نیاز زیردریایی به اتصالات الکتریکی	سیستم کنترل مرکزی کوچک‌تر
حداکثر کاهش اندازه سیستم کنترل مرکزی	افزایش اجزای سطحی	کنترل تعداد زیادی شیر با یک خط ارتباطی ^{۱۶}
در دسترس بودن اطلاعات وضعیت زیردریایی	افزایش اجزای زیردریایی	ساخت افزونگی ^{۱۷} ساده
انعطاف‌پذیری عملیاتی بالا	پاک کنندگی ^{۱۸} سیال هیدرولیکی	نظارت بر پیشرفت عملیات و تشخیص ایده آل بودن برای پلتفرم یا مخازن پیچیده
		ارائه حجم بالای پاسخ از داده‌های ورودی
		عدم محدودیت در عملیات



شکل ۲ | سیستم کنترل الکترو-هیدرولیکی چند منظوره

الکتريکی فرستاده شده در کابل‌های زیردریایی، نسبت به سیگنال‌های پایلوت هیدروليکی، کوتاه‌تر است. سیگنال‌های دستوری الکتريکی، ابتدا شیرهای سلونوئید^{۲۰} زیردریایی را فعال می‌کنند، سپس این شیرها سیگنال‌های پایلوت هیدروليکی را به طور مستقیم برای فعال کردن شیرهای محفظه تأمین می‌کنند.

میزان درجه حرارت در تمام تجهیزات الکتريکی در زیردریایی باید در حالت پیوسته^{۲۱} و بدون استفاده از خنک کننده یا گرم کننده، قرارداد شود. تجهیزات الکتريکی زیردریایی باید برای استفاده در زیردریایی با توجه به ارتعاشات مکانیکی^{۲۲} و شوک‌های ناشی از حفاری، مناسب باشد.

۳-۱- واحد کنترل الکتريکی

واحد کنترل الکتريکی دارای یک بخش کنترل مرکزی^{۲۳} است که هر صفحه کنترل به طور مستقیم یا غیرمستقیم با محفظه‌ها در ارتباط می‌باشد. این واحد از منبع تأمین توان الکتريکی اضطراری تغذیه شده و باید در یک منطقه امن و خشک قرار گیرد. تمام عملکردهای واحد کنترل الکتريکی باید از طریق یک صفحه کنترل از راه دور که در روی سکوی^{۲۴} قرار دارد، کنترل شود. واحد کنترل الکتريکی باید عملکرد سیستم را در صورت قطع برق حفظ کرده و بعد از بازگشت برق، وضعیت قبلی را نشان دهد.

۳-۲- اتصالات^{۲۵} و کابل‌های الکتريکی سیستم مرکزی زیردریایی

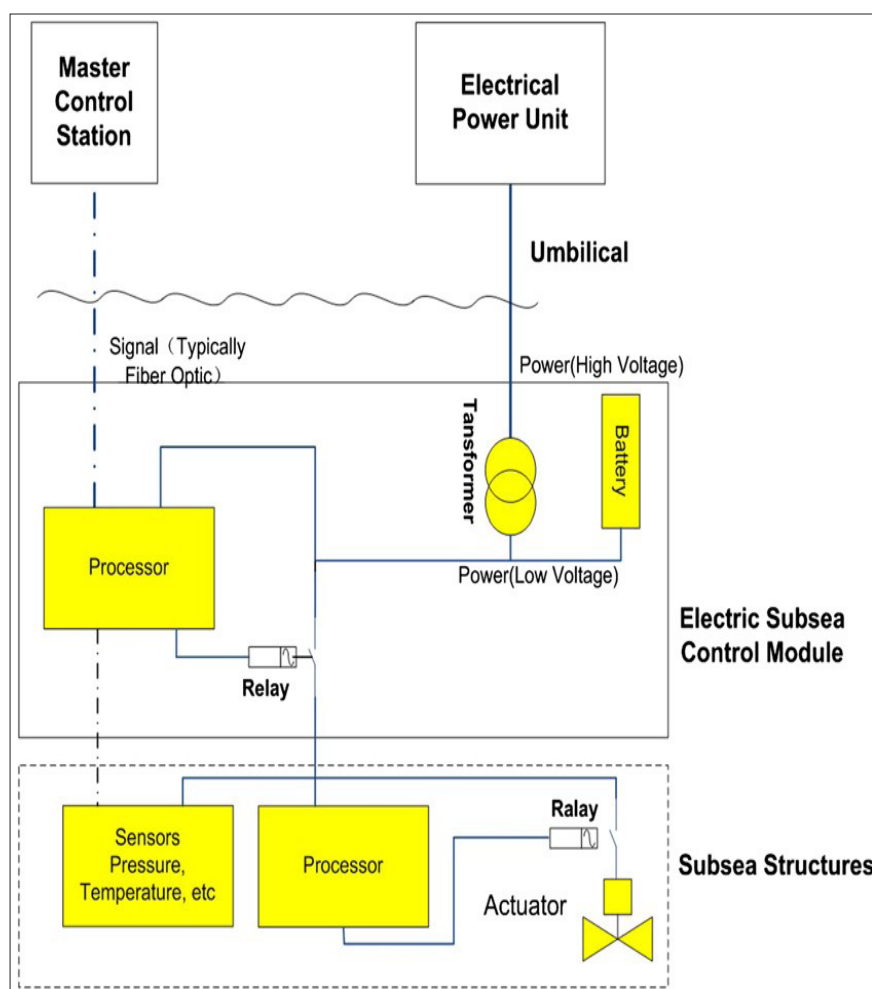
کابل الکتريکی مرکزی زیردریایی بر روی قرقره^{۲۶}، راه‌اندازی، بازیابی و جمع شده و تأمین برق، ارتباطات و کنترل محفظه‌های زیردریایی را فراهم می‌کند. راهنمای الکتريکی و عایق الکتريکی نباید به عنوان بخشی از تجهیزاتی که بار تحمل می‌کنند، مورد استفاده قرار گیرند. تمام کابل‌های مرکزی الکتريکی باید برای جلوگیری از نفوذ

چندمنظوره دارای قابلیت موازی برای دریافت و اجرای دستورات بوده و قادر به پردازش چندین سیگنال بر روی هر مجموعه راهنما^{۲۵} می‌باشند. این سیستم‌ها دارای سیم‌های راهنما^{۲۶} در کابل مرکزی زیردریایی برای عملکردهای مختلف هستند. در عملیات آب‌های عمیق، با افزایش فشار سرچ^{۲۷} داخلی، شیلنگ راهنمای سیال^{۲۸} منبسط شده، در نتیجه زمان انتقال سیگنال‌های هیدروليکی توسط سیستم‌های کنترل افزایش می‌یابد. سیستم‌های کنترل الکتروهیدروليکی چندمنظوره می‌تواند در آب‌های عمیق که زمان پاسخ سیگنال‌های هیدروليکی بسیار طولانی است، استفاده شود.

زمان پاسخ سیگنال‌های دستوری^{۲۹}

سیستم کنترل تمام الکتريکی نسبت به یک سیستم کنترل الکتروهیدروليکی، ساده‌تر بوده و هزینه سیستم کنترل مرکزی پایین‌تری دارد، بنابراین با توجه به این مزیت، در میدان‌های مرزی در فاصله دور از تجهیزات فرآوری^{۲۴} استفاده از این نوع سیستم اولویت دارد. علاوه بر این، با توجه به عدم نیاز به سیال هیدروليکی، این سیستم در جاهایی با فشار و دمای بالا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این سیستم دارای انعطاف‌پذیری عملیاتی بالایی می‌باشد.

۳- اجزای الکتريکی سیستم های کنترل الکتروهیدروليکی چندمنظوره و تمام الکتريکی سیستم‌های کنترل الکتروهیدروليکی



شکل ۳ | سیستم کنترل تمام الکتريکی

نتیجه‌گیری

۱- انتخاب نوع سیستم فوران‌گیر زیردریایی به فاصله از منطقه، هزینه، مدت‌زمان پاسخ، نوع سازه در عملیات دریایی، محدودیت‌ها، پیچیدگی و انعطاف‌پذیری عملیات بستگی دارد.
 ۲- با توجه به حذف هیدرولیک در سیستم‌های کنترل تمام‌الکتریکی، مدت‌زمان پاسخ در این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های الکتروهیدرولیکی کوتاه‌تر است.
 ۳- با توجه به ویژگی‌ها و مزیت‌های سیستم کنترل هیدرولیکی تمام‌الکتریکی، استفاده از این سیستم‌های کنترل در میدان‌های مرزی در فواصل دور از تجهیزات فرآوری و همچنین جاهایی با دما و فشار بالا اولویت دارد. ■

کنترل فورانگیر شود. انتقال داده‌ها نیز از طریق راهنماهای مستقل در سیستم مرکزی الکتریکی زیردریایی صورت می‌گیرد.

برخی از عملکردهای تجهیزات کمکی الکتریکی عبارتند از:

- ۱- اندازه‌گیری زاویه جداره دریایی^{۴۰}
- ۲- اندازه‌گیری تنش‌های جداره دریایی
- ۳- اندازه‌گیری زاویه مجموعه فورانگیر^{۴۱}
- ۴- اندازه‌گیری میزان جریان^{۴۲} دریا و دمای آب
- ۵- اندازه‌گیری فشار چاه در سرچاه نفت^{۴۳}
- ۶- انتقال تصاویر زیر آب
- ۷- کنترل عملکرد دوربین تلویزیون
- ۸- نشانگر^{۴۴} موقعیت شیرها و فورانگیر

آب، در صورت خرابی یا نشست^{۳۷} عایق شوند. کلیه اتصالات نیز باید به صورت فیزیکی عایق شوند که نفوذ آب دریا باعث ایجاد اتصال کوتاه نشود. برای انجام این کار، سیال دی الکتریک^{۳۸} مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳- تجهیزات کمکی الکتریکی

تجهیزات کمکی الکتریکی زیردریایی عملیات حفاری را پشتیبانی می‌کنند، اما برای عملکرد سیستم کنترل فورانگیر ضروری نیست. این تجهیزات که به صورت مستقیم با سیستم کنترل فورانگیر در ارتباط نیستند، باید به نحوی به سیستم متصل شوند که در صورت خرابی تجهیزات اصلی، مانع از توقف عملکرد سیستم

پانویس‌ها

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Choke | 23. Energize |
| 2. Subsea Tree | 24. Processing Facility |
| 3. Manifold | 25. Conductor Set |
| 4. Direct Hydraulic Control System | 26. Conductor Wires |
| 5. Piloted Hydraulic Control System | 27. Surge Pressure |
| 6. Sequenced Hydraulic Control System | 28. Fluid Conductor Hose |
| 7. Multiplexed Electrohydraulic Control System | 29. Command |
| 8. All-Electric Control System | 30. Solenoid |
| 9. Subsea Production Equipment | 31. Continuous |
| 10. Master Control Station (MCS) | 32. Mechanical Vibration |
| 11. Microprocessor | 33. Central Control |
| 12. Subsea Electronics Module (SEM) | 34. Rig Floor |
| 13. Subsea Control Module (SCM) | 35. Connectors |
| 14. Umbilical Control System | 36. Reel |
| 15. Actuator | 37. Leakage |
| 16. Communication Line | 38. Dielectric fluid |
| 17. Redundancy | 39. Auxiliary Equipment |
| 18. Cleanliness | 40. Riser |
| 19. Materials Compatibility | 41. BOP Stack |
| 20. Accumulator | 42. Current |
| 21. Complex Fields | 43. Wellhead |
| 22. Marginal Fields | 44. Indicator |

منابع

- | | |
|---|---|
| [1] Bai, Y. and Bai, Q., 2010, Subsea Structural Engineering Handbook, Elsevier. | Control Systems for Drilling Well Control Equipment and Control Systems for Diverter Equipment. |
| [2] API Recommended Practice 53, Third Edition, March 1997, Reaffirmed 2004, Blowout Prevention Equipment System for Drilling Well. | [5] ANSI/API Specification 16A, Third Edition, June 2004, Specification for Drill-through Equipment. |
| [3] API Standard 53, Fourth Edition, November 2012, Blowout Prevention Equipment System for Drilling Well. | [6] Aberdeen Drillings School and Well Control Training Centre, Well Control for the Rig-Site Drilling Team, Training Manual. |
| [4] API Specification 16D, Third Edition, 2015, Specification for | [7] Drilling Well Control Guide, Chevron Energy Technology Company, 2005. |