المحاضرة الثالثة عشرة: طرق توزيع الآبار في قاع البحار

الفصل الرابع

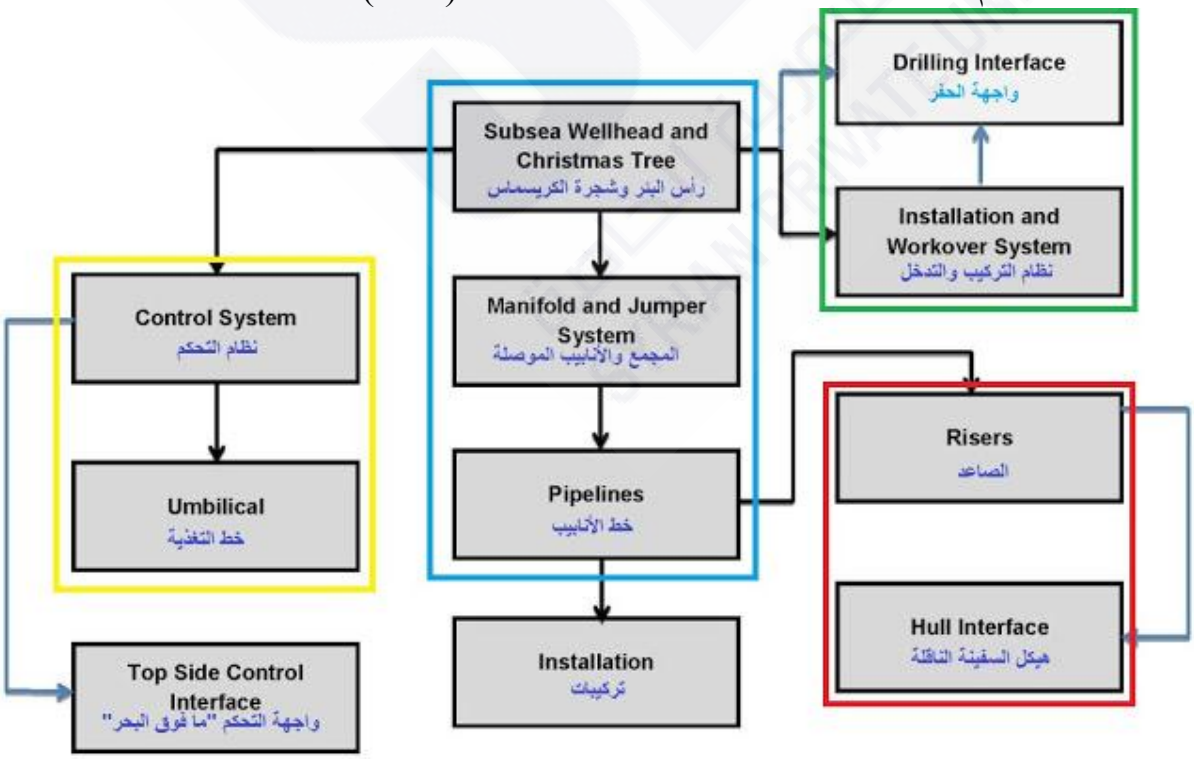
4-3.إنتاج النفط والأعمال المتممة: *Subsea production system*

يتطلب إنتاج النفط في المناطق البحرية استخدام تقنيات ومعدات كثيرة ومتنوعة، الهدف الأول منها استخراج النفط من حوضه وضخه في منظومة النقل والسائل الذي يخرج من البئر يتألف عادة من نفط وغاز وماء، ولا بد من فصل هذه العناصر بعضها عن بعض والتعامل معها بالأسلوب المناسب، وبالتالي فإن منصة الإنتاج تتضمن معدات كثيرة جداً وعدداً كبيراً من العاملين عليها،الشكل (4-9)يوضح مخطط منظومة إنتاج نفط تحت البحر.

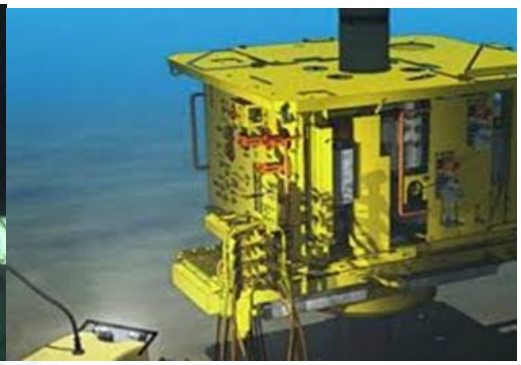
4-3-1.مكونات نظم انتاج النفط تحت البحر subsea

يتكون نظام الإنتاج من المياه البحرية العميقة من:

1. بئر ورأس البئر : subsea well & subsea well head الشكل(4-10)
2. شجرة الميلاد Christmas tree : الشكل(4-11)
3. تركيبات ربط : tie in/ jumpers الشكل(4-12)
4. خط انابيب – خط انتاج: pipeline/flow line الشكل(4-13)
5. مجمع انتاج : subsea production manifold الشكل (4-14)
6. ناقل تحكم تحت الماء: subsea umbilical الشكل (4-15)



الشكل(4-9)

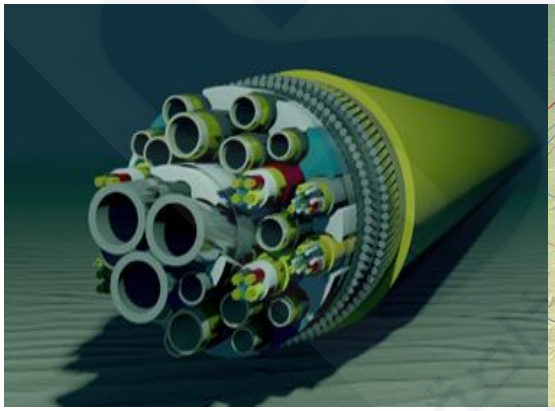


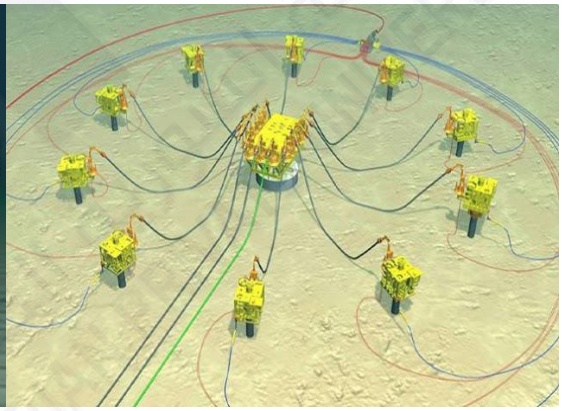
الشكل(4-11) شجرة الميلاد

الشكل(4-10) البئر

الشكل(4-13) انابيب الانتاج

الشكل(4-12) تركيبات وربط





الشكل(4-14) مجمع انتاج

الشكل(4-15) ناقل تحت الماء

4-3-2.نظام الإنتاج وتوزيع الابار في البحر:

هناك أربع أنواع لتوزيع الآبار:

1. **البئر المنفرد satellite well :**

وفي هذا النوع يكون البئر منفردا ويتم توصيله بخط أنابيب خاص به يقوم بنقل الإنتاج إلى "المجمع". يتم اللجوء لهذا التصميم في حالات بُعد الآبار عن بعضها البعض، ويكون أكثر في التكلفة لوجود خط أنابيب و خطوط تحكم ونقل الطاقة الكهربية والهيدروليكية خاصة بكل بئر على حدة.الشكل(4-16)

مميزات البئر المنفرد:

-سهولة تخطيط وتنفيذ البئر

-قلة العوائق في أعمال الحفر والتركيب مقارنة بالآبار المجمعة وعدم وجود خطر أجسام ساقطة أو حوادث

-إمكانية اختيار موقع البئر بطريقة تحقق الاستفادة القصوى من الخزان

-الهياكل والتركيبات بسيطة وغير معقدة

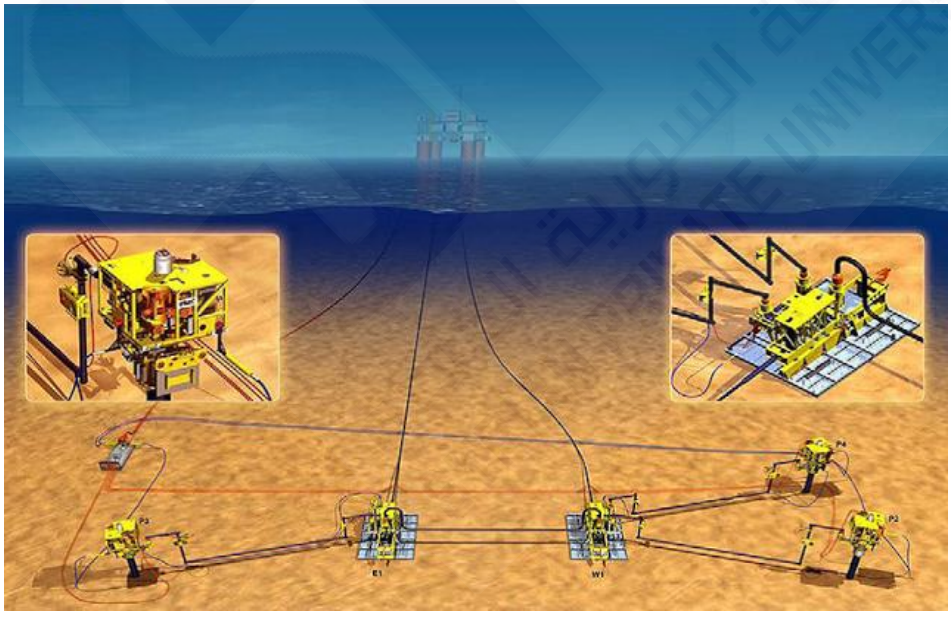
العيوب:

-تعدد خطوط الانابيب وتركيبات الربط مما يؤدى لزيادة التكلفة

-تعدد خطوط التغذية (هيدروليك - كهرباء - كيماويات)

-تعدد الهياكل الإنشائية تحت البحر وزيادة مخاطر الحوادث مع أنشطة الصيد

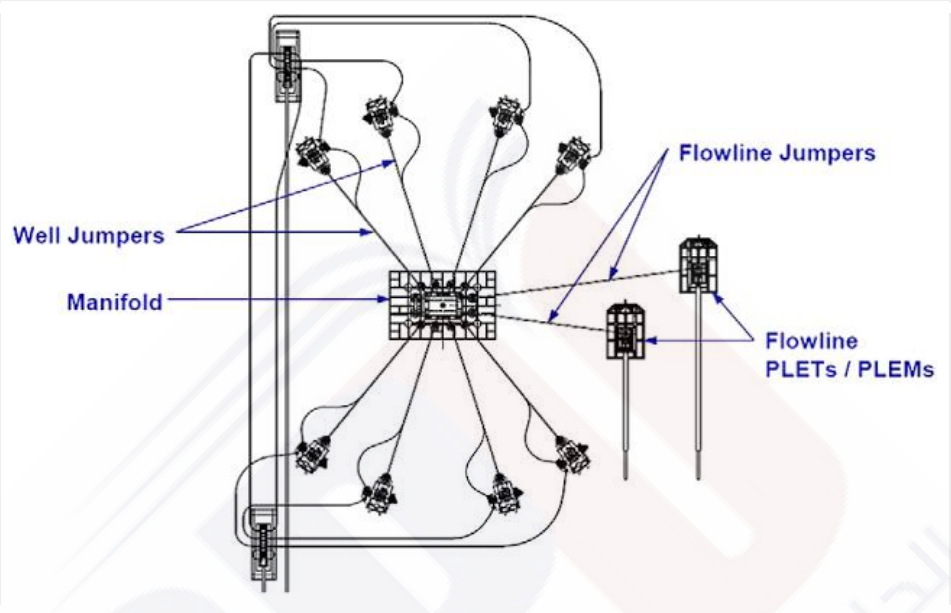
-حفر البئر يتطلب تحريك الحفار في أماكن مختلفة ومتباعدة بعكس الآبار المجمعة



الشكل(4-16 على يسار الصورة بئر منفرد متصل بخط انابيب خاص به

2. **الآبار المجمعة أو (العنقودية) clustered well**

في حالة قرب الآبار نسبيا من بعضها، ولضغط التكلفة، يتم تجميع الآبار حول "المجمع" وتوصيلها جميعا بوصلتي تركيب، وبذلك يمكن استخدام خط انابيب واحد لنقل الإنتاج من المجمع بدلا من استخدام خط أنابيب خاص لكل بئر، بالمثل يمكن الاقتصاد في نظام التوزيع بخط تحكم وطاقة كهربائية وهيدروليكية واحد.الشكل(4-17)



الشكل (4-17)عدة آبار متصلة بمجمع انتاج ويخرج من المجمع خطى أنابيب

المميزات:

-يوفر استقلالية في تنمية وتركيب كل بئر على حدة

-عدم الحاجة لتحريك الحفار بين الآبار المختلفة أثناء الحفر ، بعكس الآبار المنفردة

-يتم اللجوء لها في المياه العميقة لتوفير النفقات في خطوط الأنابيب والتغذية

العيوب:

-تعدد الوصلات والتركيبات في مساحة ضيقة نسبيا

-تعدد الإنشاءات البحرية وزيادة مخاطر الحوادث مع أنشطة الصيد

-الحاجة لتنفيذ تقنية الحفر المائل للوصول للخزانات في باطن الأرض

3. آبار القوالب Template wells

في هذا النوع يتم حفر أكثر من بئر من خلال "قالب" واحد مصمم لاحتواء الآبار كلها، ويمكن من خلال حفر من بئرين فأكثر الشكل(4-18)

و**مميزات** هذا النوع أنه يمكن أن يقوم بدور المجمع عن طريق أنابيب مجهزة لنقل الانتاج من الآبار المتجاورة داخل القالب الواحد، وكذلك انخفاض التكلفة ووقت التركيب للحقل كاملا

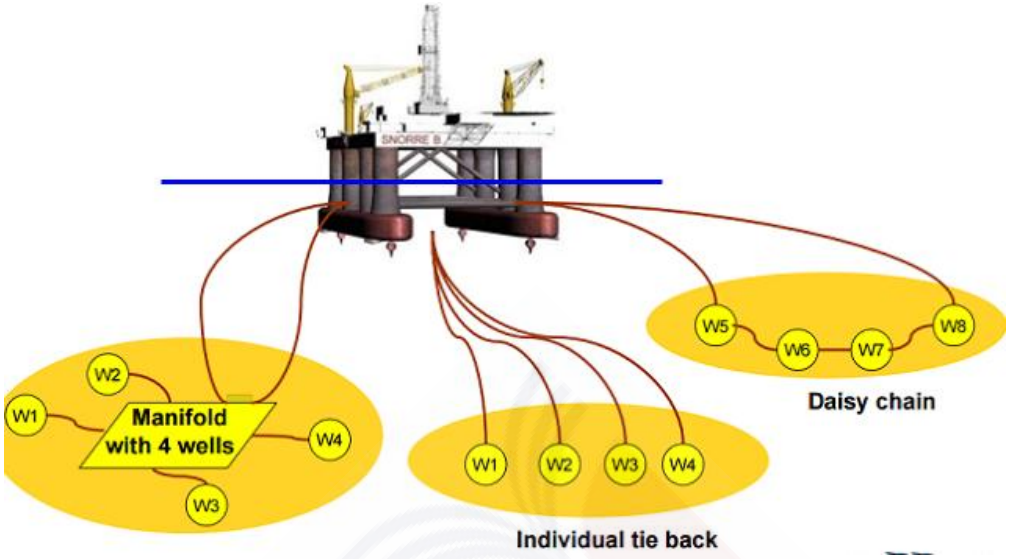
عيوبه صعوبة الوصول للآبار عن طريق المركبات المتحكم بها عن بعد وذلك لضيق المساحات بالإضافة إلى محاذير السلامة الخاصة بالإنتاج من أكثر من بئر في نفس المكان.

عدم وجود مرونة كافية في تحديد مواقع حفر الآبار.

الشكل(4-18)هيكل "قالب" بداخله عدة أشجارة ميلاد

4. سلسلة ديزى Daisy chain :

الاسم ديزى منسوب إلى نوع من الزهور يتم تجميع أطرافها سويا لتشكيل إكليل من الزهور، في هذا النوع يتم توصيل الآبار بتسلسل ببعضها البعض حتى يتم استخدام خط أنابيب واحد وبالتالي توفير الإنفاق، يمكن اللجوء لهذا التصميم في حالة توصيل بئرين، أما إن زاد العدد عن هذا فالأفضل اللجوء لمجمعات الإنتاج، من مميزات هذا النوع التوفير في الإنفاق لإمكانية التشارك في خطوط الأنابيب والتحكم، والمرونة في تحديد اماكن الحفر وكذلك انعدام خطر الإنتاج من أكثر من بئر في نفس البقعة. الشكل (4-19)

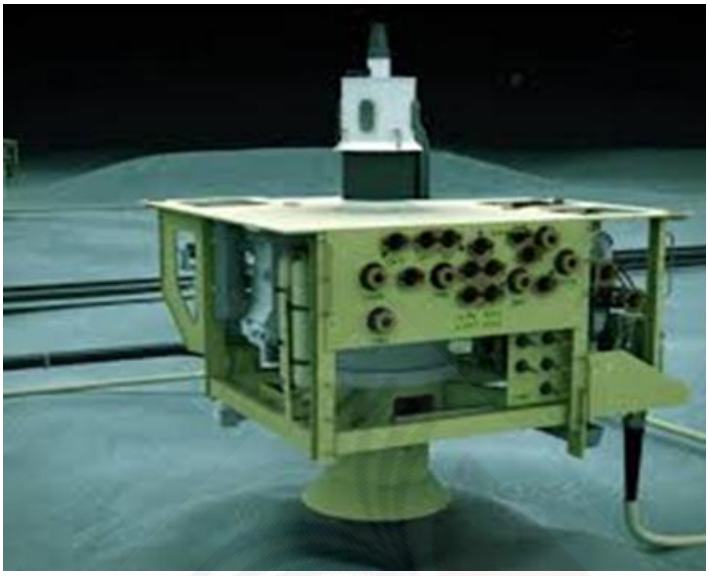


الشكل(4-19)صورة توضيحية لتوصيل الآبار بطريقة سلسلة ديزى

4-4.شجرة الميلاد Subsea Xmas Tree

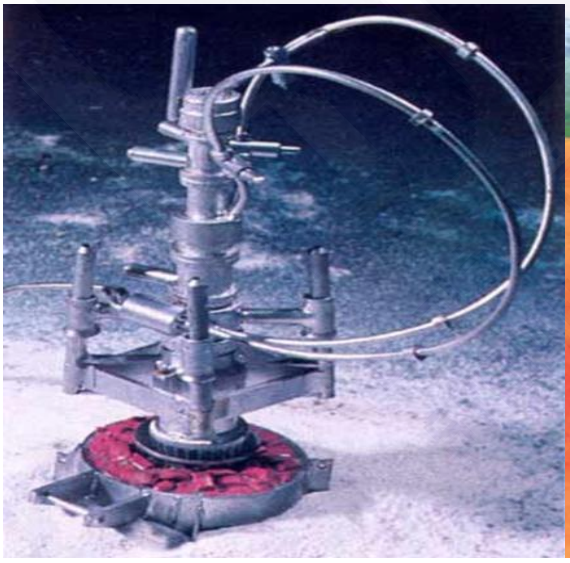
4-4-1.تعريف شجرة الميلاد :هي هيكل يتم تركيبه في قاع البحر على رأس البئر أوعلى سطح الماء فوق المنصة يتكون من عدد من الصمامات والحساسات، تستخدم في التحكم ومراقبة الإنتاج "بترول أو غاز"، وكذلك للتحكم في السوائل التي يتم ضخها في البئر" مثل مضادات الصدأ والمذيبات" وتوفير نقاط حقن أو تدخل في البئر.

الشكل(4-20)



الشكل (4–20) شجرة الميلاد البحرية

ويمكن أن تكون مغمورة تبقى معرضة لتأثير مياه البحر الشكل (4–21)، وتحتاج إلى غواصين ومعدات غوص خاصة لصيانتها. أو جافة الشكل(4–22) فيكون لها وقاء على هيئة غرفة مقببة محكمة الإغلاق ومهواة تحت ضغط جوي طبيعي تعزل شجرة الميلاد عن الماء وتحميها، ويمكن لعمال الصيانة الدخول إليها وإصلاحها باستعمال غواصة صغيرة من دون الحاجة إلى ارتداء ألبسة الغوص أو حمل أجهزة تنفس تحت الماء.



الشكل (4–21) شجرة الميلاد المغمورة

الشكل (4–22) شجرة الميلاد الجافة

وظائفها:

- توجيه الإنتاج من البئر إلى خط الأنابيب

- التحكم في كميات الإنتاج المستخرجة
- مراقبة العوامل داخل البئر " الضغط ،الحرارة ،معدل انتاج الرمال ،معدل إنتاج البترول والغاز "
- الوقف الآمن للإنتاج عن طريق مجموعة الصمامات التي يتم التحكم بها عن بعد
- حقن البئر وخط الأنابيب بسوائل الحماية مثل موانع الصدأ وموانع تكون الهيدريت

4-4-2.أنواع شجرة الميلاد :

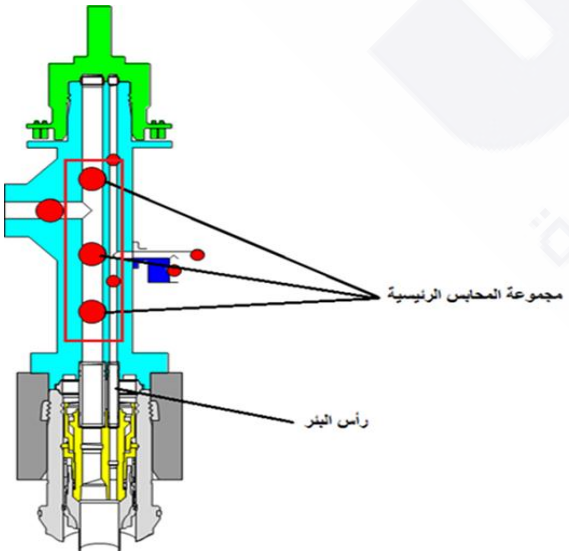
هناك نوعين من شجرة الميلاد، رأسية وأفقية.

1.شجرة الميلاد العمودية Vertical Xmas Tree VXT

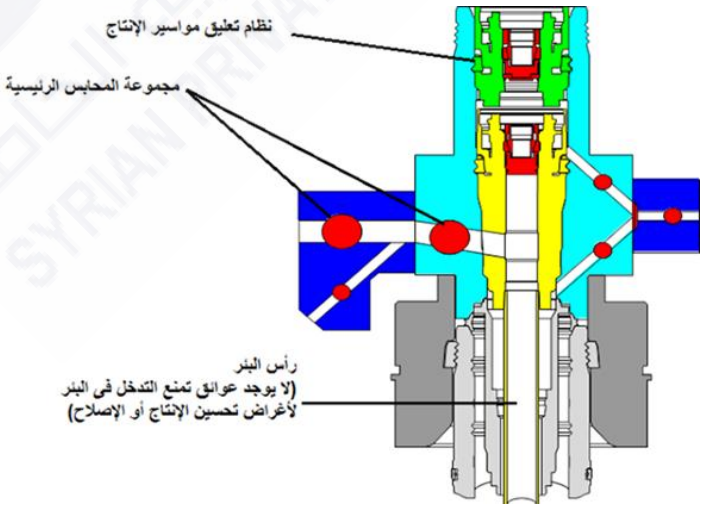
وفيها مجموعة الصمامات الرئيسية تكون فوق رأس البئر، ويتم الانتهاء من البئر قبل تركيب الشجرة الشكل(4-23)

مميزات الشجرة الرأسية:

- يمكن استرداد شجرة الميلاد بسهولة من قاع البحر
- أقل في التكلفة
- يمكن تركيبها بعد الانتهاء من حفر البئر وتجهيزه
- عيوب الشجرة الرأسية
- أثقل في الوزن
- لا يمكن التدخل في البئر إلا بعد استرداد الشجرة لوجود الصمامات الرئيسية فوق رأس البئر



الشكل(4-23) شجرة الميلاد العمودية



الشكل(4-24) شجرة الميلاد الافقية

2.شجرة الميلاد الأفقية Horizontal Xmas Tree HXT

مجموعة الصمامات الرئيسية تكون على جانب البئر، ويوفر هذا القدرة على التدخل في البئر لأعمال الصيانة وتحسين الإنتاج.

- **مميزات الشجرة الأفقية:**

- يمكن تركيبها قبل الانتهاء من حفر البئر وتجهيزه.

- مناسبة للآبار التي تحتاج إلى أعمال إصلاح وتدخل متكرر ، حيث مجموعة الصمامات الرئيسي على الجانب مما يوفر منفذ إلى رأس البئر دون الحاجة لاستعادة الشجرة.

- مناسبة لتوفير عدد أكبر من منافذ الانتاج داخل البئر

عيوب الشجرة الأفقية:

- أكثر تكلفة.

- يجب تركيبها قبل الانتهاء من حفر البئر، حيث يتم تركيب نظام تعليق مواسير الانتاج tubing hanger في الشجرة بدلا من رأس البئر

- لا يمكن استرداد الشجرة إلا بعد استرداد نظام الاستخراج completion

- بسبب تعليق نظام مواسير الانتاج في الشجرة ، هناك احتمالية تسرب سوائل الحفر والإسمنت المستخدم في البئر إلى نظام محابس الغاز.

4-4-3. اعتبارات تصميم شجرة الميلاد:

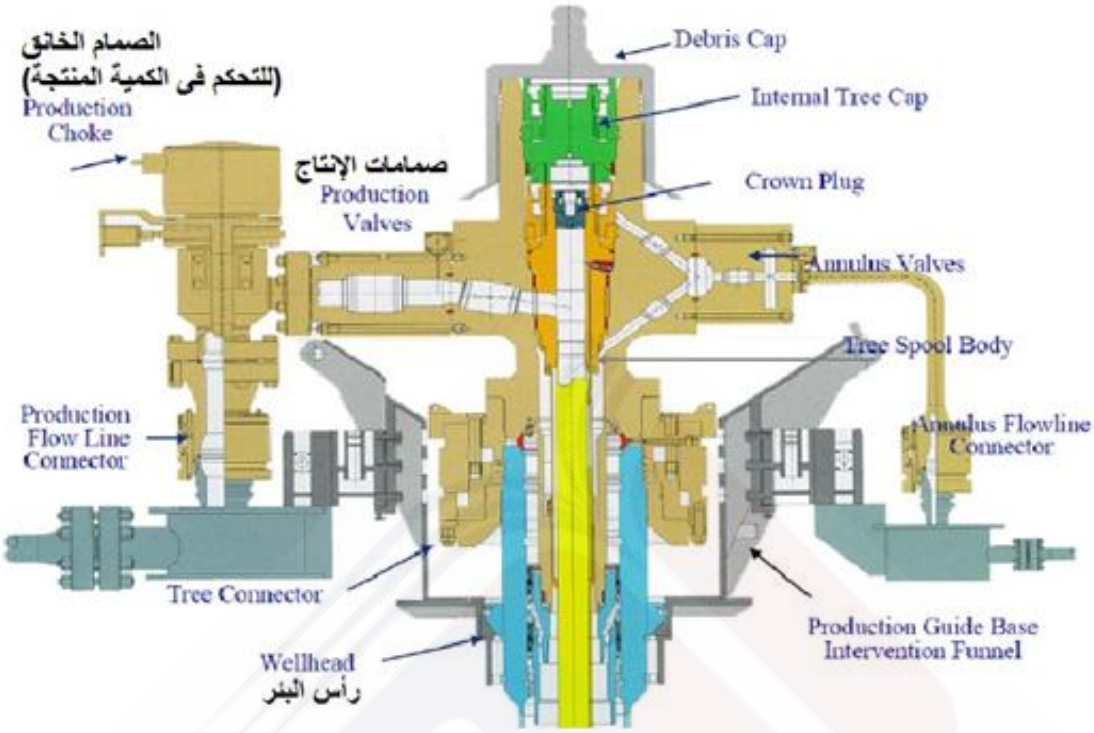
شجرة الميلاد الخاصة بالمياه العميقة تعمل في بيئة وعوامل صعبة وبالتالي يجب أن يراعي التصميم هذا العوامل ويتغلب على معوقاتها. وأيضا أن يوفر التصميم الوظائف المطلوبة من شجرة الميلاد **من أهم العوامل التي يجب مراعاتها :**

- ضغط البئر(ضغط البئر حال الإغلاق يتراوح ما بين 5000 إلى 15000 psi).
- الأعماق العالية للمياه.
- وسائل المساعدة في التركيب .installation guides
- ضغط الماء (الضغط الهيدروستاتيكي) وتأثيره على موانع التسرب .seals
- نقاط وصمامات الحقن، التي توفر منافذ لحقن الكيماويات للبئر أو لنظام الإنتاج.
- التحكم في معدل الإنتاج عن طريق "الخنق"

- توفير أجهزة استشعار "للضغط ، درجة الحرارة ، معدل الإنتاج ، وجود رمال في الانتاج).
- ملائمة الموائع (الإنتاج من بترول وغاز ومياه والكيماويات التي يتم حقنها) للمواد المستخدمة في صناعة شجرة الميلاد.
- طرق التوصيل بين الشجرة وخط الأنابيب
- طرق التدخل ، وهل ستتم عبر غواص أو عبر المركبات التي تعمل عن بعد ROV
- طرق التحكم في الشجرة (هيدروليك و كهرباء)
- طلبات الحماية من (الأجسام الساقطة ، شباك ومراكب الصيد ، الصدأ والتآكل)الشكل(4-25)

الشكل (4-25) هيكل حماية

ويوضح الشكل(4-26) نظام تعليق مواسير الإنتاج tubing hanger

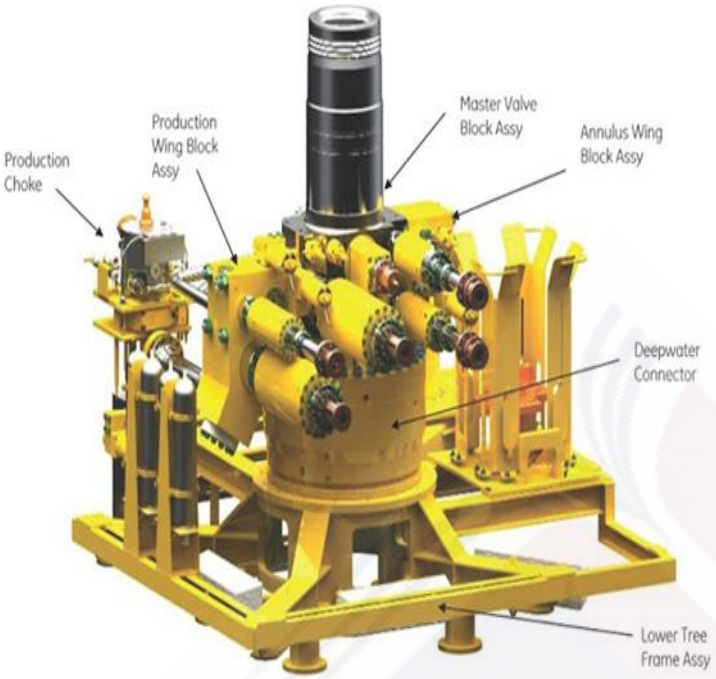


الشكل(4-26)

4-4.مكونات شجرة الميلاد :

- موضع توصيل شجرة الميلاد برأس البئر
- جسم الشجرة مزود بمسارات مرور الإنتاج (أنابيب داخلية)
- مجموعة صمامات ومحركات الصمامات (يتم التحكم بها هيدروليكيا ويمكن التحكم بها عن طريق مركبات التحكم عن بعد) الشكل (4-27)
- الصمام الخانق للتحكم في كمية الانتاج choke valve الشكل(4-28)

الشكل(4-28) الصمام الخانق



الشكل(4-29) مجموعة الصمامات

الشكل (4-30) Subsea Control Module (SCM) وحدة ونظم التحكم.

الشكل(4-30) وحدة التحكم تحت الماء

4-5. الأطوال الحرة (عديمة الارتكاز) في خطوط الأنابيب

Pipeline Free Span

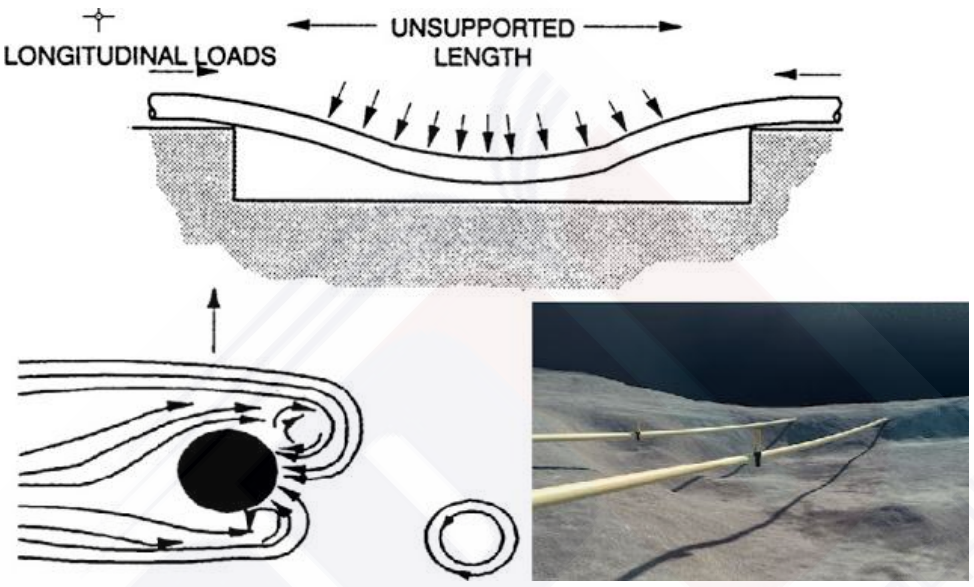
ظاهرة الأطوال الحرة (عديمة الارتكاز) هي ظاهرة تحدث فى خطوط الأنابيب سواء أكانت تلك الخطوط على اليابسة أو فى قاع البحر، وتحدث تلك الظاهرة نتيجة للتضاريس الأرضية غير المستوية فتؤدي إلى وجود أجزاء من خط الأنابيب فى الوضع الحر – غير مدعمة – . وقد يحدث هذا أيضا نتيجة لحركة تيارات المياه التي تسبب انجرافا للتربة تحت خط الأنابيب. ويمكن أيضا أن يحدث نتيجة لتقاطع خطوط الأنابيب في القاع ومرور أحد الخطوط على الآخر ،لاحظ الشكل(4-31) ويمكن أن تؤدى ظاهرة الأطوال الحرة (عديمة الارتكاز) إلى عدة مشاكل

4-5-1. مشكلات مباشرة:

1.الخضوع – yield – في خط الأنابيب الذي يؤدى للانحناء.

2. الاهتزاز الناتج عن الدوامات – vortex induced vibration – والذي يؤدي بدوره إلى زيادة الإجهاد على خط الأنابيب.

3. زيادة مخاطر الحوادث مع أنشطة الصيد بالجر– Trawling– وذلك بسبب وجود فجوات تحت خط الأنابيب تسهل من تشابك معدات الصيد مع خط الأنابيب.



الشكل(4-31)

4-5-2.مشكلات غير مباشرة:

يؤدي الخضوع – yield – فى خط الأنابيب إلى وجود انحناءات فى منطقة الأطوال الحرة (عديمة الإرتكاز)، وبالتالي يسهل هذا من تراكم المياه ومن ثم يؤثر على زيادة نسبة التآكل الداخلي في هذا الجزء من الخط. ويؤدى هذا التآكل بدوره إلى انخفاض المتانة فى خط الأنابيب وحدوث المزيد من الانحناء وصولا إلى حدوث الكسر فى الخط. و يؤدى أيضا إلى عدم انتظام خط الانابيب مما يؤثر بدوره على طبيعة السريان للهيدروكربون داخل خط الأنابيب.

يؤدي الانحناء إلى تدمير الطلاء الخارجي لخط الأنابيب، هذا الطلاء يعمل على حماية السطح الخارجي من التآكل بسبب ماء البحر.

يتم دراسة العوامل السابقة وتحديد المسافة المسموح بها من الأطوال الحرة (عديمة الارتكاز)، وإن زاد التباعد عن الحد المسموح به يتم تطبيق إجراءات تصحيحية للحفاظ على مسافات التباعد داخل النطاق المسموح به هندسيا. ومن البداية، فعند إجراء الدراسات الأولية والمسح الجيوفيزيائي لقاع البحر يتم تحديد مسار خط الأنابيب فى المناطق الأكثر استواء وتجانسا كنوع من الوقاية بدلا من الاحتياج لإجراء عمليات تصحيح مكلفة. وبالتأكيد يخضع تحديد مسار خط الأنابيب للعديد من العوامل الأخرى وعلى مهندس التصميم الوصول لحل وسط من ناحية اختيار المسار.

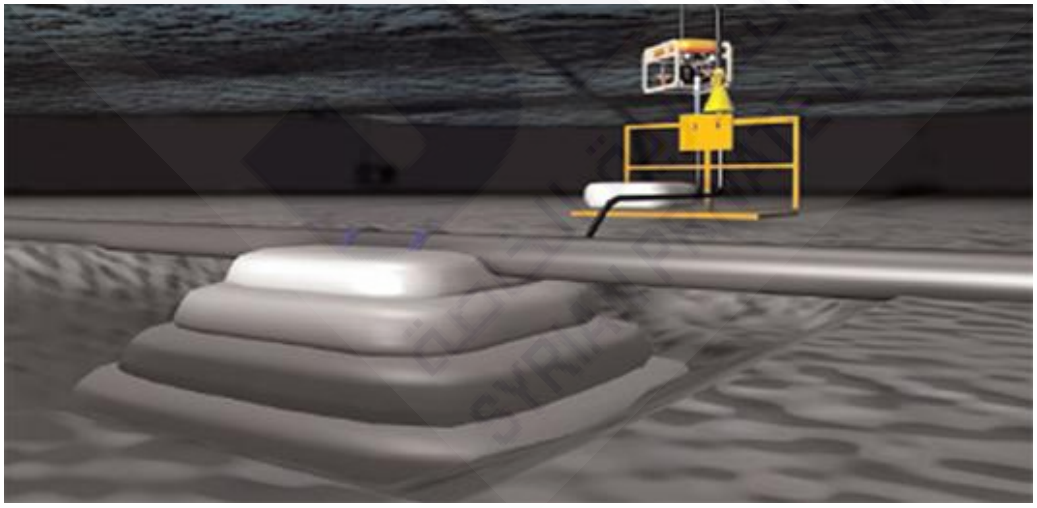
الإجراءات الوقائية:

1. إجراء تفتيشات هندسية دورية لتحديد مواقع الأطوال الحرة عديمة الارتكاز وأطوالها.

2. ردم الفراغات أو خط الأنابيب كاملا بالحجارة – rock damping– لتوفير تدعيم لخط الانابيب وتقليل الأطوال الحرة وكذلك تقليل الاهتزازات.الشكل(4-32)

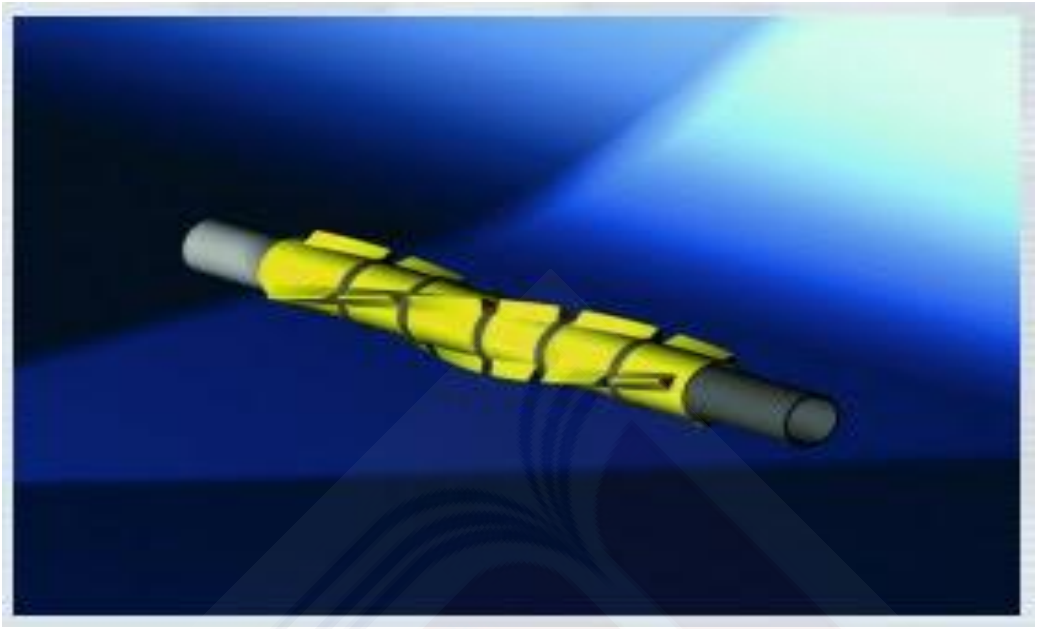
الشكل(4-32)

تدعيم خط الأنابيب وتقليل مسافات الاطوال الحرة عن طريق حقائب الجبس، وهي حقائب توضع تحت خط الأنابيب ثم يتم ضخها بالجبس حتى تمتلئ تماما وتوفرا دعما لخط الأنابيب.الشكل(4-35)



.الشكل(4-35)

4. 4. تزويد منطقة الأطوال الحرة بمضاد للدوامات للتغلب على الاهتزاز الناتج عن الدوامات VIV الشكل (4-36)

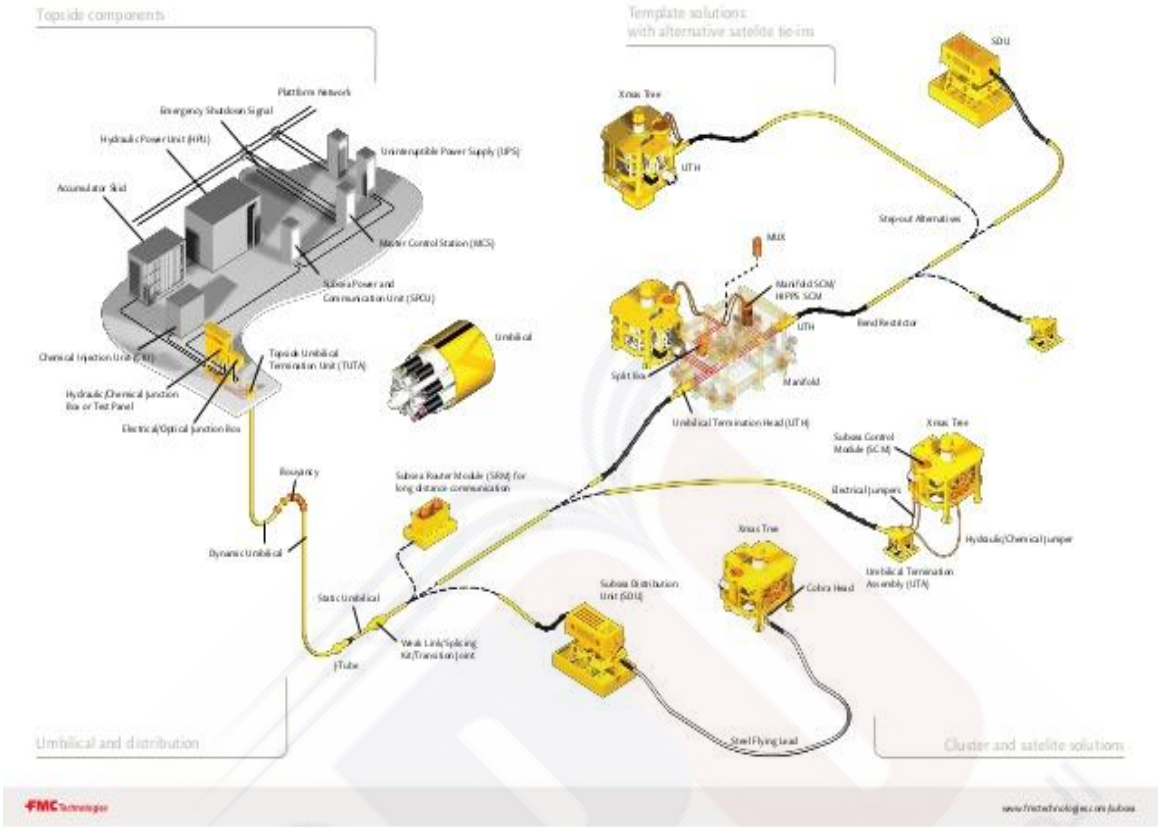


الشكل(4-36)

4-6.. نظام التوزيع في الحقول البحرية :(SDS (Subsea distribution system

يعتبر نظام توزيع المياه العميقة هو النظام المسؤول عن التحكم في الآبار وكذلك توزيع الخدمات للآبار وغيرها من المنشآت البحرية تحت الماء لاحظ الشكل(4-37) يعد مسؤولاً عن أربعة مهام أساسية:

1. توزيع الطاقة الهيدروليكية
2. توزيع كيماويات الحقن في الآبار وخطوط الإنتاج
3. توزيع الطاقة الكهربائية
4. توزيع نظام الاتصال ونظام التحكم بالآبار



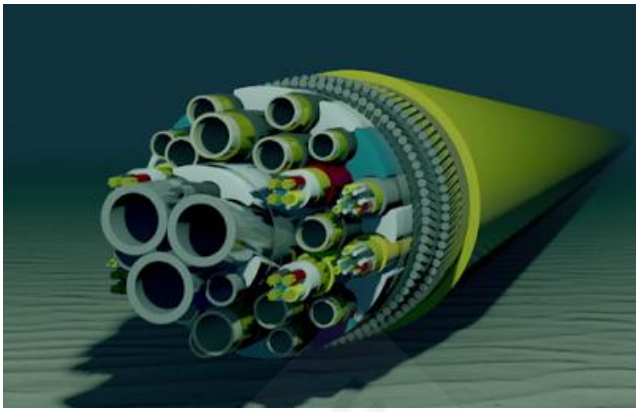
الشكل(4-37)

4-6-1.المكونات الأساسية لنظام التوزيع:

1.وحدة "بداية" خط التحكم :TUTA (topside umbilical termination assembly) الشكل(4-38)

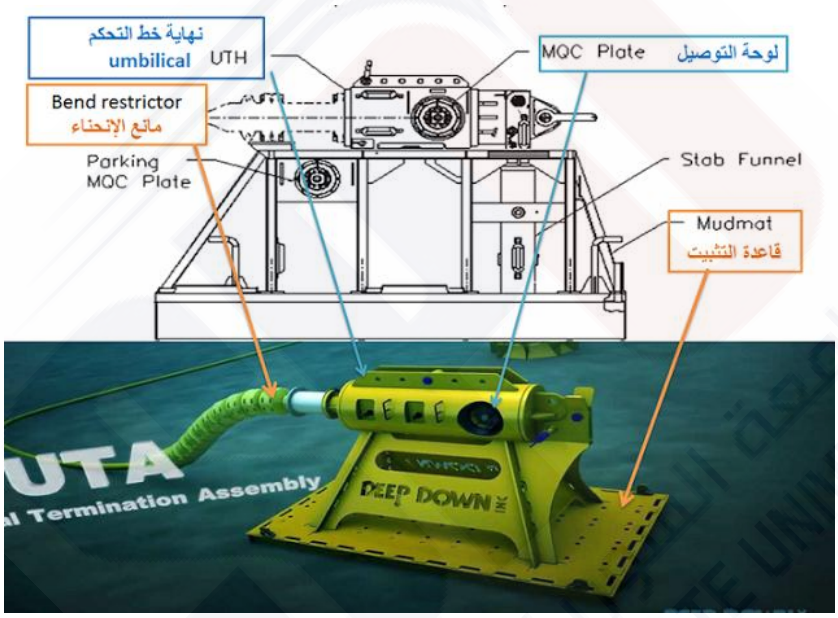
الشكل(4-38)

2. خط التحكم: Umbilical الشكل(4-39)



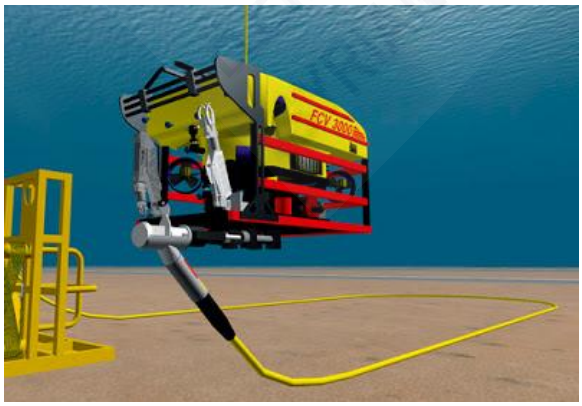
الشكل(4-39)

3_وحدة نهاية خط التحكمUTA umbilical termination Assembly الشكل(4-40)



الشكل(4-40)

4.خطوط التوصيل:Flying leads الشكل(4-41)



الشكل(4-41)

5.وحدة التوزيع البحرية:Subsea distribution assembly الشكل(4-42)

الشكل(4-42)

6.وحدة توزيع الهيدروليك :Hydraulic distribution module (HDM)

7_وحدة توزيع الكهرباء:Electrical distribution unit (EDU)

8.وحدة تخزين الضغط:Subsea accumulator module (SAM) الشكل(4-43)

الشكل(4- 43

4-6-2.عمل نظام التوزيع :

يمكن تمثيل نظام التوزيع بصورة مبسطة كأنظمة توزيع الكهرباء أو المياه في المنزل ،يبدأ الأمر بمصدر تغذية رئيسي ثم خطوط ناقلة للتغذية (أسلاك في حالة الكهرباء وأنابيب في حالة المياه) ويتخلل ذلك نقاط عزل وتوصيل

وينتهى الأمر بمخارج التغذية النهائية مثل نقاط التوصيل الكهربائي أو نقاط التغذية بالماء.

لو انتقلنا لنظام المياه العميقة وبنفس التشبيه ، يبدأ نظام التوزيع بمصادر تغذية كهربية وهيدروليكية وكيماويات للحقن، مصادر التغذية تكون مجهزة بخزانات مناسبة ومضخات في حالة الهيدروليك و كيماويات الحقن. أما في حالة التغذية الكهربائية تكون وحدات تغذية كهربية بفرق جهد مناسب، يتم تجميع كل هذا عن طريق **(وحدة بداية خط التحكم TUTA)** ومنها إلى **(خط التحكم Umbilical)**الذى يقوم بنقل التغذية عبر كابلات وأنابيب خاصة مجمعة داخل خط واحد.

بعد ذلك ينتهى **(خط التحكم Umbilical)** عند **(وحدة نهاية خط التحكم UTA)** والتي تعمل على فصل الخط إلى عدة مخارج منفصلة، ويأتي بعد ذلك دور **(خطوط التوصيلFlying leads)** وتقوم بتوصيل التغذية من وحدة نهاية خط التحكم إلى وحدة التوزيع البحرية.

(وحدة التوزيع البحرية SDA): هي بشكل مبسط مثل المشترك الكهربائي في المنزل ، له مدخل واحدة وعدة مخرجات ، بالمثل وحدة التوزيع البحرية عبارة عن مدخل واحد للتغذية سواء الهيدروليكية أو الكهربية أو الكيماوية ويتفرع هذا المدخل إلى عدة مخرجات ليمكن لكل واحد منها من تغذية بئر منفرد. فبدلا من مد خطوط تحكم لكل بئر على حدة يتم مد خط تحكم واحد إلى وحدة التوزيع البحرية ومنها تتفرع الخطوط إلى الآبار المختلفة لتغذيتها.

(وحدة التوزيع البحرية SDA) تتكون من وحدة توزيع هيدروليك **(HDM)**، واسمها يوضح عملها فهي تقوم بتوزيع الهيدروليك وكذلك كيماويات الحقن إلى عدة مخارج. ووحدة التوزيع الكهربي **(EDU)** وتقوم بتوزيع الطاقة الكهربية وإشارات التحكم من مدخل واحد إلى عدة مخارج.

43.نظام الهيدروليك

نظام وظيفته توفير القوة اللازمة لتشغيل الصمامات المتحكم بها عن بعد الموجودة على البئر شجرة الميلاد أو غير ذلك من المنشآت مثل مجمع الغاز أو أنظمة الحماية من الضغط (HIPPS)

ومن أهم العوامل التي يجب الانتباه إليها عند تصميم نظام هيدروليك:

1.حجم الخزان المطلوب لتوفير كمية كافية من الهيدروليك لملئ خطوط التوزيع وتشغيل الصمامات.

2.الوقت المستغرق في شحن أو "ضغط" نظام التوزيع. عن طريق ملئ (خطوط التحكم umbilical) و(خطوط التوصيل Flying leads) بسائل الهيدروليك بالكمية والضغط المناسبين.

3.الوقت المستغرق لاستعادة الضغط عقب تشغيل الصمامات ، فبعد أي عملية تشغيل للصمامات على شجرة الميلاد أو غيرها يحدث فقد لكمية من سائل الهيدروليك ، ويجب تعويضه عن طريق مضخات التعويض بالكمية والضغط المناسبين.

4.إمكانية إحداث استقرار للصمامات المفتوحة وعدم إغلاقها نتيجة فتح صمامات أخرى ، وذلك عن طريق إيجاد و**(حدات تخزين الضغط SAM)**وهو ما سيتم شرحه لاحقا

5.الكمية المسموح بها من التسريب والتي يستطيع نظام التوزيع تعويضها دون التعرض لحالة إغلاق للصمامات بطريقة مفاجأة أو غير متوقعة