

## الفصل السادس

قياس المستوى باستخدام  
الاشعاعات غير المؤينة

## ٦ - ١ اجهزة قياس المستوى باستخدام الاشعاعات غير المؤينة :

يمكن استخدام الاشعاعات غير المؤينة كمقاييس نووية لقياس الارتفاع والتحكم بالعمليات الانتاجية. وتمتاز هذه الطريقة بأنها لاتعرض العاملين والجمهور الى الاشعاع المؤين والتأثير البيولوجي للإشعاع . لكنها لايمكن ان تستخدم لقياس الارتفاع للخزانات السمكة او التي تحوي على الابخرة او المواد ذات الكثافة القليلة لعدم قدرة هذه المواد على عكس الموجات غير المؤينة بشكل جيد نحو جهاز الاستقبال.

اهم هذه الموجات هي الموجات فوق الصوتية والموجات القصيرة مثل موجات الرادار .

## ٦ - ٢ مقاييس المستوى بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic Level Gauges

يعود استخدام الموجات فوق الصوتية إلى بداية القرن الماضي عندما استخدمت الموجات لقياس اعماق البحار ، وكذلك أستخدمت خلال الحرب العالمية الثانية من قبل البحرية البريطانية في توجيه السفن الحربية في البحار. الموجات الفوق الصوتية هي الموجات التي يزيد ترددها عن ٢٠ كيلوهرتز ولا تستطيع الأذن البشرية سماع هذه الموجات ويمكن سماعها من قبل بعض الحيوانات (مثل الكلاب والخيول وبعض الطيور )، وتنتقل في الأوساط بنفس سرعة الصوت وتتغير هذه السرعة بتغير الوسط ودرجة الحرارة، وقد وجد أن سرعة الموجات الصوتية أو فوق الصوتية تزداد بمقدار ٠.٠٦١ م /ثا كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة سيليزية واحدة :-

$$+ 0.61 \text{ }_0 = V_t \text{ } V \Delta T$$

حيث:  $V$  سرعة الصوت عند أي درجة حرارية .

$$V_0 \text{ سرعة الصوت في صفر درجة سيليزية } = 330.5 \text{ م/ثا.}$$

$\Delta T$  التغير في درجات الحرارة.

فسرعة الصوت في درجة حرارة الغرفة تساوي ٣٤٠ م/ثا تقريبا في الهواء وفي الماء ١٤٩٦ م/ثا، وعندما تزداد درجة حرارة الهواء إلى ١٠٠ درجة سيليزية تصبح سرعة الموجات الصوتية ٣٨٦ م/ثا. استخدمت الموجات فوق الصوتية في تطبيقات علمية كثيرة منها قياس ارتفاع المواد داخل الخزانات ذلك من خلال ارسال واستقبال الموجات المنعكسة .يعمل متحسس الموجات فوق الصوتية في قياس الارتفاع على أساس تناقص اهتزاز الموجات فوق الصوتية أو على امتصاص أو بث الموجات فوق الصوتية.

ويمكن قياس المسافة من خلال قياس زمن إرسال واستلام الموجة المنتقلة من الوسط الكثيف. ويقاس مستوى شدة الصوت بوحدة تسمى الديسي بيل.

يمكن توليد الموجات فوق الصوتية من خلال استخدام الاهتزازات المرنة لبلورات مولدات الطاقة التي تتجاوب مع اهتزاز المجال الكهربائي المتناوب بتردد أكبر من ٢٠٠٠ هرتز وهي في حالة رنين. تعمل هذه البلورات على مبدأ التغماز (البيزو) (Piezoelectric) وهو تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. ومن أقدم بلورات مولدات الطاقة تلك التي تتكون من شريحة رقيقة من الذهب مغلقة بشريحة من الألمنيوم ومثبتة بواسطة نابض حلزوني. أما البلورات المستخدمة حالياً فهي عبارة عن بلورات سيراميكية أو من البوليمرات والتي تهتز بتردها الطبيعي. هذا النوع من البوليمرات يمتاز بصلابته ويمكنه الصمود تحت الضغوط العالية. فالموجات فوق الصوتية تنتشر بشكل حزم ضيقة يمكن توجيهها في اتجاهات معينة وتزداد طاقه وشدة الموجة في تلك الحزمة . وبشكل عام فكلما كان قطر هذه البلورات كبيراً كان القياس لارتفاعات اعماق وبتردد أقل. والسبب في ذلك لأنه بعد انبعاث الموجات فوق الصوتية فان البلورة تحتاج إلى زمن لكي يخمد الاهتزاز. ان تردد الاهتزاز يتناسب عكسياً مع قطر بلورات محولات الطاقة، فكلما كان قطر البلورة صغيراً كان التردد المتولد كبيراً.

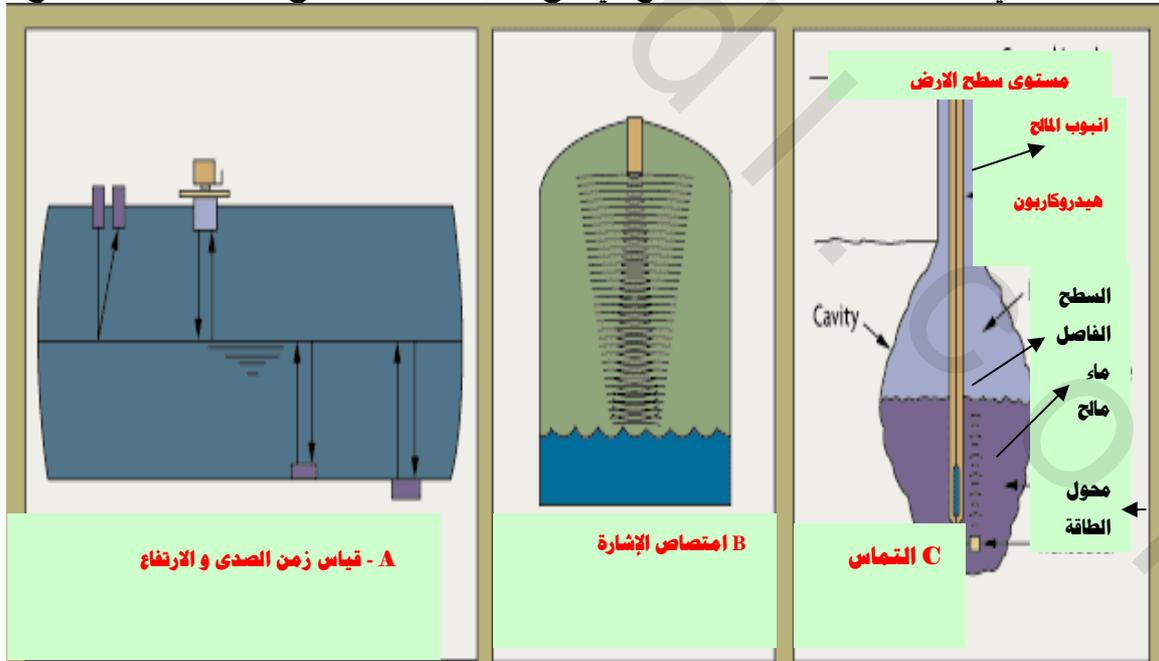
منظومة قياس المستوى بواسطة الموجات فوق الصوتية تتكون من مرسل ومستقبل منفصلين عن بعضهما (شكل 1-6 A). ومع ذلك فان بعض المنظومات تحتوي على بلورات تفتح وتغلق في فترات منتظمة لكي ترسل الموجات وتستلم الموجات المنعكسة (الصدى). وعندما توضع المنظومة أعلى الخزان فان المتحسس يمكنه قياس عمق بخار السائل فيه ومنها يمكن قياس ارتفاع المادة داخل الخزان. ومن معرفة المقطع العرضي وشكل الخزان يمكن قياس حجم السائل داخل الخزان . وإذا كان المطلوب قياس ارتفاع عمود السائل بشكل مباشر فان البلورة توضع في قاع الخزان وهذا يعرض البلورة الى المائع داخل الخزان و يحدد من صيانة المنظومة لذلك يمكن وضع المنظومة في الأسفل وخارج جدران الخزان ولكن هذه الطريقة تؤدي الى اضعاف الموجة فوق الصوتية الساقطة أو المستلمة نتيجة للامتصاص والتشتت من قبل جدران الخزان. جميع هذه الحالات موضحة في (شكل B1-6). السوائل الساكنة والأجسام الصلبة داخل الخزان تتكون من دقائق صلبة كبيرة وتكون عاكس جيد للموجات فوق الصوتية لذلك فان قياس الارتفاع لهذه المواد بواسطة الموجات فوق الصوتية يكون دقيقاً . ولكن الأبخرة والدقائق الصغيرة المنفصلة فانها عاكس غير جيد للموجات فوق الصوتية، ان قدرة الموجات فوق الصوتية تتخفف بمقدار (١-٣) ديسي بيل لكل متر تقطعه الموجة، لذلك من المهم وعند قياس أعماق كبيرة أن تولد البلورات موجات ذات شدة

عالية وطاقة مركزة بشكل جيد. يفضل أن يكون سطح المادة المراد قياس عمقها مستويًا وعمودياً على اتجاه الموجة فوق الصوتية. في تطبيقات ارتفاع السوائل فإن درجة انحراف الموجات فوق الصوتية لا تتجاوز ٢ درجة عن العمود. لقياس السطح الفاصل بين سائلين مختلفين في الكثافة مثل الهيدروكربونات والماء المالح في بئر تخزين السوائل المالحة، فإن بلورات محول الطاقة توضع في قاع البئر وترسل الموجات فوق الصوتية خلال الطبقة المالحة الثقيلة إلى السطح الفاصل، والزمن اللازم لعودة الصدى إلى البلورة يعطي مؤشراً إلى موقع الحد الفاصل. شكل (C ٤ - ١).

معظم المنظومات الحديثة للموجات فوق الصوتية تحتوي على مقياس لدرجة الحرارة ومرشحات لتحليل النتائج والتعبير الذاتي لكل المتغيرات. يوضح الشكل (2-6) منظومة ثابتة لغرض التعبير الأوتوماتيكي إلى مقياس الارتفاع، تستخدم مجموعة من المنظومات لغرض التعبير والتي تجعل قياس الأعماق دقيقاً، وتصل الدقة إلى حوالي ٥ ملم عند قياس مسافة ٣٠ م وحدات القياس التي تستخدمها المختبرات يمكنها أن تعبر نفسها أوتوماتيكياً أو تحول المستوى للخزانات غير المنتظمة، الدائرية، أو الاسطوانية إلى حجم حقيقي .

### شكل ٦ - ١ مقياس الارتفاع باستخدام الموجات فوق الصوتية

A - قياس زمن الصدى ومدة قياس الارتفاع B - امتصاص الإشارات وانعكاسها خلال انتقالها في الوسط C - البلورة توضع في قاع الخزان لتحديد السطح الفاصل بين موائع



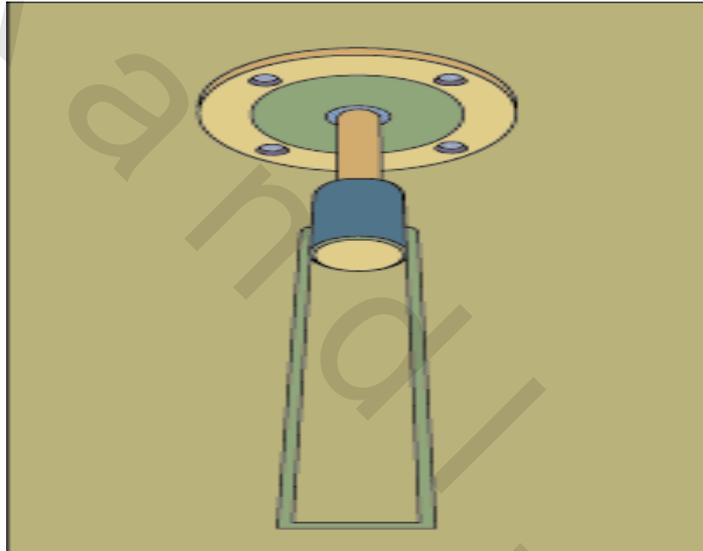
## ٦ - ٣ مفاتيح (مقاييس) المستوى Level Switches

لغرض قياس المستوى عند ارتفاع معين نستخدم نوعين من مفاتيح القياس.

### المقياس الأول: مقياس الخمود (Dampened Design)

بلورات محولات الطاقة تجعل وجه المتحسس يهتز بالتردد الرنيني، حيث أن هذا الاهتزاز يخمد عندما يغمر الجهاز في السائل ، هذه المفاتيح (المقاييس) يمكن أن تثبت خارج أو داخل الخزان، فوق أو تحت مستوى السائل بشكل عمودي أو أفقي ، تستخدم هذه المقاييس في حالة السوائل النظيفة فقط لأن السوائل غير النظيفة تؤدي إلى تكون طبقة عازلة فوق المتحسس والتي تخمد الاهتزاز. أما المواد الصلبة فان مقاييس خمود الاهتزاز لا يكون مناسباً للقياسات الدقيقة.

### شكل (٦-٢) منظومة التعيير في المقاييس فوق الصوتية



### المقياس الثاني: مقياس (مفتاح) الامتصاص:-

يتكون هذا المقياس من بلورتين أحدهما للإرسال والآخرى للاستقبال وتملأ الفجوة بينهما بسائل. تنتقل الموجات فوق الصوتية بين البلورتين فإذا كانت الفجوة مملوءة بالبخار فان نبضة الموجات فوق الصوتية لا تصل إلى المستقبل. يمكن أن تثبت البلورات على جانبي الخزان. وعندما تكون مواع العمليات كثيفة مثل الملاط (sludge) فيفضل أن تكون الفجوة بين البلورتين واسعة للتأكد من أن السوائل الملتصقة على السطح يمكن أن تمر كلياً من هذه الفجوة. عندما ينخفض المستوى فان وجود أو غياب السطح الفاصل بين السوائل النظيفة يمكن قياسها

بوضع متحسس للإمتصاص بزواوية ١٠° أسفل الأفق. وبهذه الطريقة ولأن المتحسس مغمور في السائل الثقيل أو الخفيف فان النبضات فوق الصوتية سوف تصل إلى المستقبل..

#### ٦ - ٤ استخدام الرادار في قياس المستوى.

تعتمد تقانة قياس المستوى على قابلية المواد إلى امتصاص او عكس الإشعاع ،ففي حالة القياس المستمر للمستوى فان الأنواع الشائعة الاستخدام من المقياس تستخدم الموجات فوق صوتية والإشعاع المؤين . وتستخدم الان بشكل واسع موجات الرادار لقياس الارتفاع في كثير من التطبيقات الصناعية.من اهم مزايا قياس المستوى باستخدام الموجات هو عدم وجود الاجزاء المتحركة للقياس داخل الوعاء .

#### ٦ - ٥ الموجات الرادارية:

يرجع استخدام موجات الرادار لقياس الأبعاد إلى عام ١٩٢٥ حيث قام الباحثين الأمريكيين بقياس ارتفاع الطبقة المتأينة في جو الأرض. وفي عام ١٩٣٥ استخدم روبرت واط من انكلترا موجات الرادار للكشف عن الطائرات . يعتمد أساس عمل الرادار على ظاهرة الاهتزاز الكهربائي والحصول على صدى كهرومغناطيسي. لذا فهو جهاز ارسال واستقبال في نفس الوقت. كلمة رادار مختصرة لعبارة ( Radio Detection and Ranging ) وتعني الكشف وتعين المدى بالاسلكي .يكون بث الرادار موجها بدقة ويتم ذلك من خلال تركيز الطاقة بحزم ضيقة باستخدام صحن سطحه بشكل مقطع مكافئ يثبت فيه هوائي نهايته تقع في بؤرة القطع المكافئ ، يتم من خلاله ارسال وتسلم النبضات .ولكي يكون عمل الرادار سريعا فإن مدة الارسال أو التسلم يجب ان تكون قصيرة وذلك يقتضي وجود مؤقت يحدد مدة البث والاستقبال ويعطي المؤقت إيعازه إلى مفتاح الكتروني فيعملان بالتزامن ويقوم المفتاح الالكترونى بفتح دائرة الارسال وغلق دائرة الاستقبال والعكس بالعكس.

كل من موجات الرادار والموجات المايكروية متشابهة وتتحرك بسرعة الضوء ولكنها تختلف في التردد فالموجات المايكروية لها تردد يتراوح بين ١-٣٠٠ كيكاهرتز وقدرتها تتراوح بين ٠.١ - ٥ ملي واط /سم<sup>٢</sup> اما الرادار فان قدرته اقل وبحدود ٠.٠١ ملي واط/سم<sup>٢</sup> . أن متحسسات الرادار تتكون من مستقبل مرسل وهوائي ومعالج دقيق. يثبت المرسل في أعلى الخزان ويحتوي على بلورة محولة للطاقة (Transducer) تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية (فرق الجهد بين طرفيها) إلى موجات كهرومغناطيسية (اهتزاز). يبعث محول الطاقة موجات كهرومغناطيسية تتجه نحو أسفل الخزان وترتد عندما تصطدم بسطح المائع داخل الخزان وتعود إلى الهوائي والذي يكون بشكل قطع مكافئ أو بشكل بوق (horn) شكل (3-6). تتجمع الموجات المرتدة وتذهب إلى المستقبل وبواسطة المعالج الدقيق يحسب زمن انتقال الموجة ذهابا

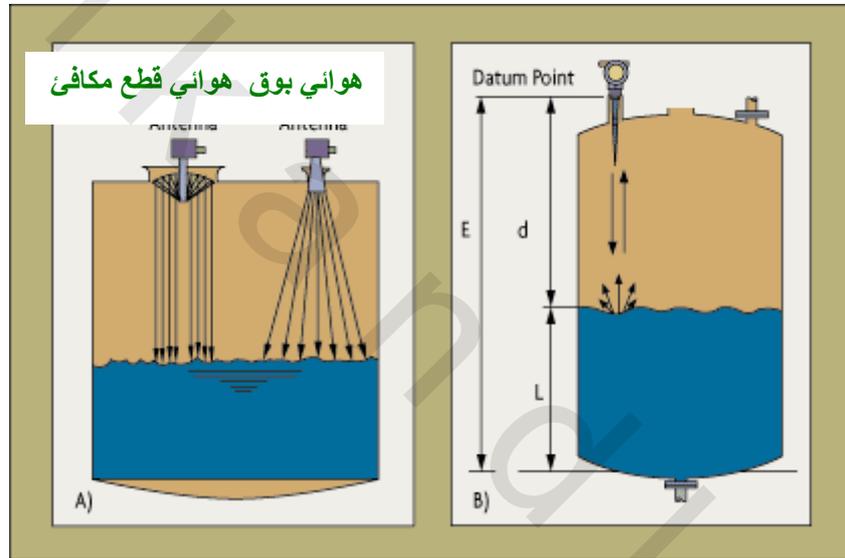
وايأبا ومنه يحسب ارتفاع المائع، أن زمن الانتقال هو الزمن بين إرسال موجة الرادار واستقبال الموجات المنعكسة نحو السطح والتي تسجل بواسطة عداد الرادار. يحسب عمق المائع (d) من زمن الانتقال (t) وسرعه الضوء C حيث:

$$d = t / 2C$$

يحسب مستوى السائل (L) من الفرق بين ارتفاع الخزان E وعمق المائع d.

$$L = E - d$$

**شكل (3-6) مقياس الارتفاع باستخدام موجات الرادار A - هوائي قطع مكافئ وهوائي آخر بشكل بوق B - قياس عمق المائع نتيجة لانعكاس موجات الرادار**



وبمعرفة سرعه الإشارة (C) وثابت العزل الكهربائي (d) للبخار، (القدرة النسبية لمقدرة البخار اللازم لعكس الموجات الكهرومغناطيسية) فان سرعه موجات الرادار المرسله (v) يمكن كتابتها بالشكل التالي .

$$v = C/(d)^{0.5}$$

الهوائي المستخدم في أجهزة القياس الارتفاع هو الهوائي ذي القطع المكافئ أو هوائي البوق. عندما يرسل مقياس المستوى الإشارة المايكروية فإنها تنتشر من خلال الهوائي وكلما ازداد قطر الهوائي فان زاوية الانفراج تكون قليلة وشدة الإشارة تكون كبيرة. ويؤي كبر مساحة الهوائي إلى زيادة تركيز الإشعاع وتقليل الضوضاء في الموجة المرسله والمستقبلة .

يوضح الشكل 4-6 & 5-6 الهوائي المعزول والموضوع خارج الخزان وهذا العزل كهربائي وحراري . فإذا وجه الهوائي نحو الخزان فإنه يتعرض إلى البخار المنبعث من الخزان ولكن الفائدة من هذا الاتجاه هو الحصول على إشارة كبيرة . أن مقياس الارتفاع باستخدام الرادار على نوعين:

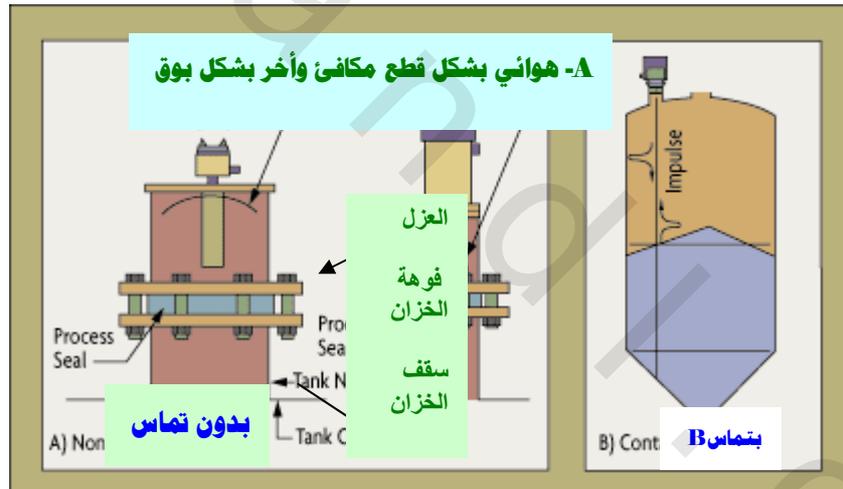
#### ١ - الرادار الملامس .

في هذا النوع تبتث الموجات الميكروية من البلورات وتقاس المسافة باستخدام زمن العبور .

#### ٢ - الرادار غير الملامس

يستخدم هذا النوع الموجات بشكل نبضات رادارية أو أن الموجات تكون مضمنة تردديا و مستمرة (frequency modulated continuous wave) . يرسل المتحسس موجة مستمرة مضمنة تردديا بشكل خطي والفرق في التردد المتولد عن اختلاف الزمن بين الموجات المرسله والمستلمة يمكن منها ان نجد المسافة.

#### شكل ٦ - ٤ الهوائي معزول وموضوع فوق الخزان A- مقطع هوائي بشكل قطع مكافئ وأخر بشكل بوق B- الهوائي المعزول والموضوع خارج الخزان



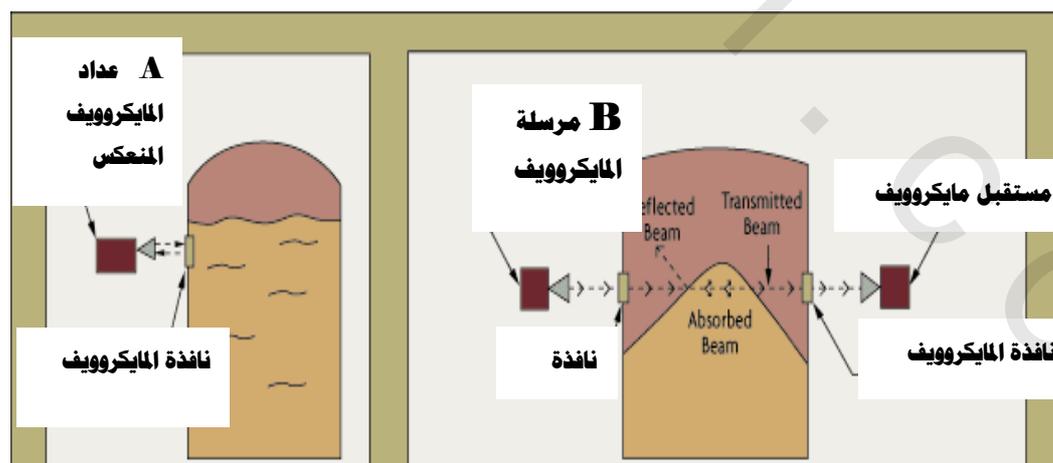
موجة الرادار يمكن أن تخترق مواد البلاستيك و ألياف الزجاج لذلك فإن الرادار غير الملامس لقياس المستوى يمكن أن يعزل عن أبخرة العمليات الصناعية بالإحكام والإغلاق. الإغلاق قد يكون فوق الهوائي ذي القطع المكافئ أو يمكن عزل المتحسس تماما (شكل ٦ - ٤ A). يمكن استخدام متحسس الرادار عندما تكون المواد داخل الخزان قابلة للاشتعال أو أن درجة حرارة المكونات متغيرة . تستخدم المقاييس الحديثة هوائي صغير وتعمل بتردد مقدار ٢٤ كيكاهرتز وحزمة ضيقة من الموجات فوق الصوتية . صغر الهوائي تجعل المنظومة صغيرة وخفيفة والحزمة الضيقة تقلل من الموجات المنعكسة عن الأجهزة الموجودة داخل الخزان مثل المبادلات الحرارية والأنابيب

الداخلية وان وجود المنظومة أعلى الخزان يعرضها إلى مخاطر التعرض إلى مكونات سوائل الخزان أو تلوثها بالمواد الكيماوية عند صيانة الأجهزة داخل الخزان . المقياس الحديثة مصممة للعمل في بيئة صناعية ملوثة لذلك فان استخدام الكترونييات أشباه الموصلات وعدم استخدام منظومة ميكانيكية يؤدي إلى قلة الصيانة وزيادة العمر التشغيلي لمقياس الرادار . ترسل بلورات المنظومة نبضه نحو الأسفل بواسطة سلك إلى السطح الفاصل بين السائل والبخار فإذا حصل تغير مفاجئ في ثابت العزل الكهربائي فان الإشارة سوف تنعكس جزئيا ثم يقاس زمن الانتقال (شكل ٦- ٤ B). هذه الطريقة تستخدم لقياس ارتفاع السوائل والمواد الصلبة ذات الحبيبات الصغيرة إلى أكثر من حجم ٢٠ ملم . وتقسم هذه المقياس إلى نوعين:

### ١ - مقياس انعكاس الموجة

في هذه المقاييس تنتعكس موجة الرادار عن سطح المائع و يقاس التغير في ارتفاع الإشارة المنعكسة (شكل ٦- ٥ A). يعيد الهواء والبخار قسما قليلا من الإشارة بسبب قلة ثابت العزل بينما المواد ذات ثابت العزل الكبير مثل الماء فان الإشارة المنعكسة تكون كبيرة، أن المقاييس الحساسة يمكن أن تفرق بين السطوح الفاصلة للسائل - سائل، أو السائل - صلب. المواد ذات ثابت العزل القليل مثل حبيبات البلاستيك ثابت العزل (١.١) يمكن قياسها إذا كان قطر الجسيم اقل من (٠.٢٥ سم) .

شكل (٦ - ٥) مقياس راداري A- مقياس انعكاس موجة الرادار من خلال نافذة على سطح الوعاء  
B- مقياس انعكاس ونبوذ موجة الرادار من خلال نافذتين على سطحي الوعاء



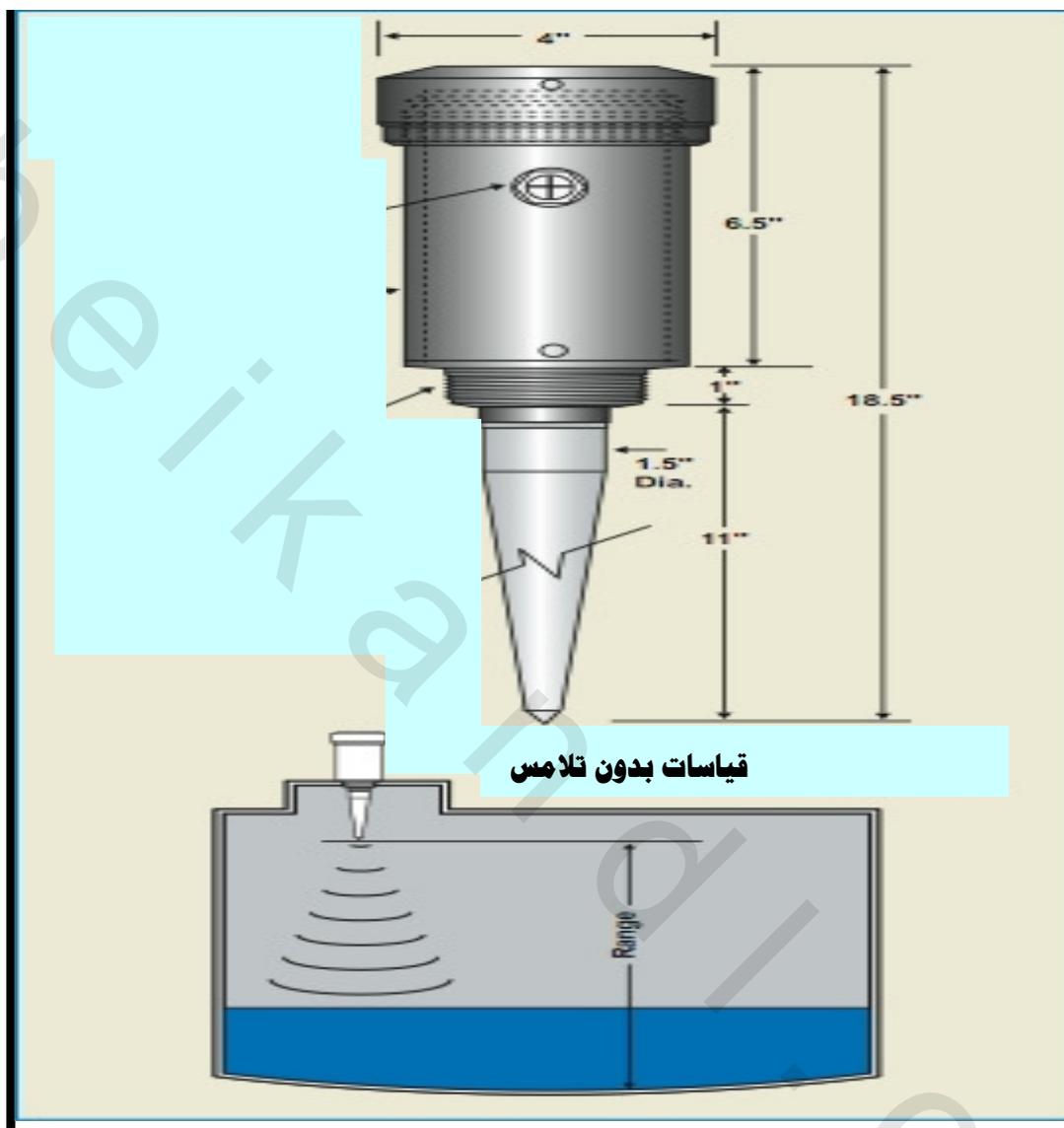
### ٢- مقياس مجزئ الحزمة (Beam-breaker Switch)

وفي هذا النوع ترسل حزمة من الموجات المايكروية من المرسل إلى المستقبل واللذان يقعان على جهتين مختلفتين من الخزان وعندما تتوقف الحزمة فان الإشارة تضعف ويمكن قياس المسافة. كلا الطريقتين أعلاه تستخدم بشكل ملائم في جميع التطبيقات التي لا تحتاج اختراق الخزان. هذه الطريقة الاتلافية يمكنها إرسال موجات كهرومغناطيسية خلال الخزانات البلاستيكية، السيراميكية، أو الألياف الزجاجية.

### **محددات هذه الطريقة:**

- ١ - خواص الانعكاس في المواد داخل الخزانات تؤثر بشكل كبير على شدة موجة الرادار المنعكسة. فإذا كانت المادة سائلة فان خواص الانعكاس جيدة ويمكن قياس ارتفاع السائل بدقة بينما لايمكن ذلك إذا كانت المواد صلبة،
- ٢ - يمكن لموجات الرادار قياس ارتفاع السائل الواقع تحت طبقة خفيفة من الهباء ولكن إذا كانت ذرات الهباء كبيرة فلا يمكن قياس ارتفاع السائل بسهولة ويقاس في هذه الحالة ارتفاع دقائق الهباء وليس السائل.
- ٣ - ترسبات الهباء والأوساخ على الهوائي والأنابيب الداخلية يولد انعكاسات متكررة في جدار الخزان جميعهما تساهم في التداخل في دقة عملية قياس المستوى بواسطة موجات الرادار. خلال هذه السنوات تم أنتاج مقاييس متطورة (شكل ٦-٦)

(شکل ۶-۶) مقیاس راداری خفیف وصغیر



قیاسات بدون تلامس