



## تخزين الطاقة الكهربائية المولدة من العنفات الريحية بواسطة محطات الضخ التخزيني في الساحل السوري

الدكتور المهندس

محمد رسلان زهيرة

أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

في جامعة تشرين

رئيس لجنة الطاقة في اتحاد المهندسين العرب

الدكتور المهندس

علاء الدين أحمد حسام الدين

أستاذ في قسم هندسة الميكاترونكس

وعميد كلية الهندسة في جامعة المنارة

رئيس لجنة الكهرباء في فرع نقابة المهندسين باللاذقية

### مقدمة:

تملك سورية خبرة طويلة في مجال المحطات الكهرومائية. فبعد دخول الكهرباء إلى سورية في بداية القرن العشرين كانت أغلب المدن السورية الكبيرة تغذى بالكهرباء من محطات كهرومائية صغيرة وخاصة على نهر بردى، ونهر العاصي. لكن هذه المحطات فقدت أهميتها بعد بناء عدد كبير من المحطات البخارية والغازية بين أعوام 1970-2010 بالإضافة إلى المحطات المائية على نهر الفرات. وقبل الأزمة الحالية كانت الاستطاعة المركبة كافية لتأمين احتياجات الكهرباء في جميع القطاعات بشكل دائم. خلال الأزمة كثرت الاعتداءات الإرهابية على مكونات الشبكة من محطات توليد وخطوط وأبراج التوتر، وكذلك تكررت الاعتداءات على أنابيب الغاز والفيول التي تغذي المحطات، بالإضافة إلى انخفاض كمية الطاقة المولدة من المحطات المائية بسبب قلة المياه الممررة من قبل تركيا في نهر الفرات، لذلك برزت الحاجة إلى تنويع مصادر الطاقة واستخدام التوليد الموزع لتحقيق ما أمكن من الامن الطاقوي. وقد تم تشجيع الاستثمار من قبل الحكومة في مجال الطاقات المتجددة واستثمار الطاقة الكهرومائية الكامنة حيث بينت دراسة سابقة لوزارة الكهرباء إمكانية توليد 427MW من المصادر المائية المختلفة في القطر بالإضافة إلى الطاقة المولدة من محطات نهر الفرات.

تجدر الإشارة إلى أن طبيعة منطقة حوض النهر الكبير الشمالي (شمال مدينة اللاذقية) تسمح باستخدام محطات التخزين الكهرومائية بسبب طبيعة الهضاب المحيطة بالبحيرات على سد 16 تشرين، وقد بينت دراسة وزارة الكهرباء إمكانية توليد 120 مليون ك.و.س سنوياً من المحطات الكهرومائية، ومن فرق الارتفاع على مجرى النهر.

تعتمد هذه الدراسة على فكرة إنشاء محطة كهرومائية في منطقة (رأس عوج) باستخدام العنفات الريحية المعزولة لضخ الماء من السد إلى ارتفاع 220m للمساهمة في حل أزمة الكهرباء حالياً، وتحسين منحني الحمل لاحقاً.

وبما أن منحني الحمل الحالي لا يسمح باستخدام الطاقة الكهربائية في ضخ المياه من الخزان السفلي للمحطات إلى الخزان العلوي للمحطات الكهرومائية بسبب عدم وجود فائض من الطاقة على مدار اليوم، لذلك لا بد من مصادر طاقة بديلة للضخ، والأفضل في هذه الحالة استخدام عنفات ريشية ذات استطاعة حتى 250 kW معزولة عن الشبكة العامة لضخ المياه بسبب عدم توافر المساحة اللازمة للخلايا الشمسية.

#### الغاية من الدراسة:

تركز الدراسة على الجدوى الاقتصادية لتوليد الطاقة الكهربائية من المحطات الكهرومائية، وخاصة في ظل النقص الشديد في الطاقة المولدة حالياً من المحطات الحرارية بسبب اعتداءات المجموعات الإرهابية المتكرر على مكونات الشبكة من جهة، ومن جهة أخرى الحاجة الماسة إلى تنويع مصادر الطاقة لتحقيق جزء من الأمن الطاقوي.

تستخدم هذه التقنية لتوليد الطاقة منذ أوائل القرن العشرين ومن الناحية الفنية لا يتوقع حدوث تحسينات كبيرة على هذه التكنولوجيا التي تتكون من مكونات معروفة جيداً. لذلك لم نتطرق في هذه الدراسة إلى التصميم الدقيق للمحطة والتي تتطلب معرفة بكافة أنواع العنفات المائية والمضخات والضايعات فيها وطرق وصلها مع بعضها البعض، ودراسة ظاهرة التكهف فيها بالإضافة إلى دراسة ظاهرة المطرقة في الأنابيب وكيفية معالجتها. يمكن إجراء بعض التحسينات الطفيفة جداً في هذه المحطات من خلال تصميم العنفات (التوربينات)، والمولدات.

#### تخزين الطاقة الكهربائية:

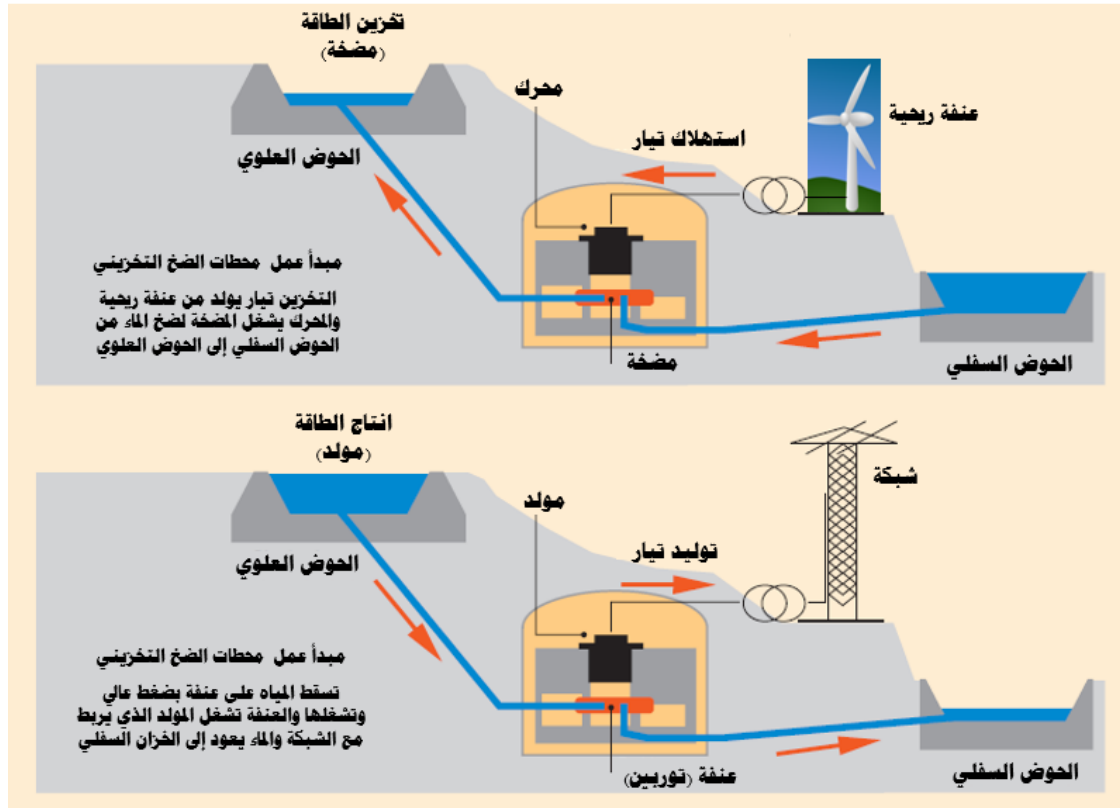
يتبادر للذهن السؤال التالي: لماذا علينا استخدام محطات كهرومائية لتخزين الطاقة وعدم استهلاك الطاقة المولدة من العنفة الريحية بشكل مباشر مع العلم بأن مردود هذه المحطات يتراوح بين 0.75 و 0.82 فقط؟.

كما هو معلوم فإن الطاقة المنتجة من العنفات الريحية غير ثابتة على مدار الساعة، وتتعلق بعدة عوامل أهمها سرعة الرياح. وهذا التذبذب في الاستطاعة المنتجة يزيد من صعوبة المحافظة على استقرار النظام (التوتر، التردد) وتكتسب عملية تخزين الطاقة أهمية خاصة في تحسين أداء وكفاءة نظم الطاقات المتجددة، وتوجد عدة اشكال لتخزين الطاقة أكثرها شيوعاً:

❖ **تخزين الطاقة بواسطة بطاريات كبيرة:** وهذا التخزين له صعوبات كثيرة لأن مثل هذه البطاريات يتطلب مواد كيميائية أو معادن مثل الليثيوم معروفة بتأثيراتها الخطيرة، بالإضافة إلى أن كفاءة هذه البطاريات تتناقص مع الزمن بسبب عمليات الشحن والتفريغ المتكررة.

❖ **تخزين الطاقة بواسطة محطات الضخ التخزيني:** الطاقة الكامنة في الماء تولد طاقة كهربائية لدى سقوطها من حوض علوي إلى حوض سفلي، وتخزن طاقة لدى رفعها. وتعد هذه الطريقة الرائدة عالمياً في مجال تخزين الطاقة فقد بلغت الطاقة المولدة من هذه المحطات عالمياً 127GW، ويتم استخدامها كنظم تخزين متوسطة المدى، أي أن نسبة الطاقة إلى الأداء عادة تكون من ساعتين إلى ثماني ساعات.

❖ **المحطات الكهرومائية:** يبين الشكل (1) مبدأ عمل المحطة كهرومائية (محطة ضخ تخزيني).



الشكل (1) مبدأ عمل المحطة كهرومائية (محطة ضخ تخزيني).

## خصائص المحطات الكهرومائية:

يبين الجدول (1) خصائص المحطات الكهرومائية.

الجدول (1) خصائص المحطات الكهرومائية

الخاصية	
المردود	في المحطات الحديثة %75-82
كثافة الطاقة المولدة	$0.27 \text{ W.h/l} - 1.5 \text{ W.h/l}$ من أجل فرق ارتفاع بين $150 \text{ m}$ و $500 \text{ m}$
فترة الاستخدام	80 سنة
كلفة انشاء kW	من 500 إلى 1000 دولار اختلاف الكلفة يعود إلى الظروف الجيولوجية المختلفة
سرعة الدخول في الشبكة	بضع دقائق
المميزات الفنية	تنظيم التردد، تنظيم التوتر، تغطية حمل الذروة، تأمين احتياطي طاقة

## محاسن المحطات الكهرومائية:

- ❖ تكنولوجيا بسيطة.
- ❖ فترة استخدام طويلة.
- ❖ استهلاك ذاتي للطاقة قليل.
- ❖ مردود عالي.
- ❖ كلفة تخزين منخفضة بالمقارنة مع طرق تخزين الطاقة الأخرى.
- ❖ لا يوجد انبعاث غازات خطرة أو نفايات صلبة.
- ❖ يتطلب استثمار المحطة الكهرومائية عناصر أقل بـ 5 مرات من العناصر اللازمة لاستثمار المحطة الحرارية لإنتاج كمية متساوية من الطاقة.

## مساوئ المحطات الكهرومائية:

- ❖ كثافة طاقة منخفضة.
- ❖ تتعلق بالظروف الجغرافية.
- ❖ كلفة إنشاء مرتفعة.
- ❖ تحتاج إلى 30 عام لاسترجاع رأس المال.

## موقع المحطة:

يبين الشكل (2) موقع المحطة المقترح بالقرب من قرية رأس عوج في البهلوية على سد نهر الكبير الشمالي، وهي منطقة خلابة، ارتفاع البحيرة عن سطح البحر 70m، وارتفاع موقع الخزان العلوي 294m، أي أن فرق الارتفاع 224m، وهذا الارتفاع يؤمن توليد كمية كبير من الطاقة.



الشكل (2) صورة توضح الموقع المقترح للمحطة.

تم عند انتقاء موقع المحطة والعنفة الريحية أخذ الأمور التالية بالحسبان:

- ❖ توفير المواصلات صيفاً وشتاءً إلى الموقع.
- ❖ توفير الحماية من الفيضانات.
- ❖ قرب الموقع من مناطق مأهولة لاستهلاك الطاقة وعدم نقلها لمسافات كبيرة.
- ❖ سرعة الرياح في المنطقة، المناسبة لتوليد الطاقة بواسطة العنفات الريحية.

تم تصميم سعة الخزان العلوي بـ  $4000\text{m}^3$  استناداً إلى طبيعة التضاريس في المنطقة حيث الهضاب التي ترتفع عن سطح الماء من  $100\text{ m}$  إلى  $300\text{ m}$ ، وذات قمم قليلة المساحة (حوالي  $1000\text{ m}^2$  فقط)، وهذا ينطبق على حال العديد من المناطق المجاورة التي يمكن تركيب محطات كهرومائية صغيرة فيها أيضاً.

الخران السفلي هو مياه البحيرة بعد وضع شبك لتنقية المياه من العوالق. يبلغ المنسوب الأدنى لمياه البحيرة في منطقة المحطة  $61\text{ m}$ ، والمنسوب الأعلى  $74.5\text{ m}$ . ويمكن الاستفادة من فائض شبكة الري القادمة من سد الثورة والتي تصل إلى رأس عوج في تعبئة الخزان العلوي.

### تجهيزات المحطة:

تتألف المحطة بشكل عام من التجهيزات التالية:

#### 1. العنفة الريحية:

الاتجاه السائد للرياح في المنطقة جنوبي إلى جنوبي غربي صيفاً، وشرقي إلى شمالي شرقي شتاءً. تتركب 6 عنفات مستقلة عن الشبكة الكهربائية العامة Stand Alone Wind Turbines، ارتفاع العنفة حوالي  $40\text{m}$ ، واستطاعتها  $250\text{kW}$ ، ويمكن تركيب عدد من العنفات باستطاعات صغيرة، وهذا الخيار يعد أفضل من تركيب عنفة واحدة باستطاعة كبيرة كوننا سنخسر كامل الاستطاعة المولدة عند حدوث عطل. ويتم استخدام مولدات تزامنية Synchronous Generators تغذي مضخات غاطسة قادرة على رفع المياه إلى الارتفاعات المطلوبة.

يولد المولد التزامني القدرة الكهربائية عندما يدور محوره بسرعه التزامنية فقط، ويعمل على التوتر والتردد النظاميين، وهذا ما تحتاجه المضخة الغاطسة. وهذه السرعة تتحقق عندما تصل سرعة الرياح المتغيرة عادة إلى السرعة المطلوبة للمولد التزامني تبعاً لاستطاعته، ولا توجد مشكلة إذا زادت سرعة الرياح عن هذا الحد حيث يمكن التحكم بسرعة دوران الشفرات والحفاظ على السرعة التزامنية للمولد ثابتة بواسطة ما يسمى التحكم بالانحراف Pitch Control وذلك في مجال العمل النظامي لسرعة الرياح بما لا يزيد عن  $25\text{ m/s}$  أو  $90\text{ km/h}$ . ولا تزيد سرعة الرياح في المنطقة عن هذه القيمة سوى 1% فقط من أيام السنة، حيث تبلغ سرعتها  $28\text{ m/s}$ .

في حال انخفاض سرعة الرياح عن السرعة المطلوبة للتوليد والتي تكون عادة من  $6-9\text{ m/s}$  على ارتفاع العنفة الريحية فإن المولد يبقى في حالة عدم العمل لذلك فإن المضخات تعمل تلقائياً في أي وقت من النهار والليل عندما تصل سرعة الرياح إلى السرعة المطلوبة للعمل. وتبلغ السرعة الوسطية للرياح في المنطقة على ارتفاع  $10\text{ m}$  حوالي  $5\text{m/s}$ ، وتبلغ على ارتفاع  $40\text{ m}$  (ارتفاع صرة العنفة) حوالي  $6-7\text{ m/s}$ ، أي أن العنفة تعمل حوالي  $7500$  ساعة في العام على الأقل. وهذا الأمر يساعد في إملاء الخزان العلوي أكثر من مرة في اليوم.

## 2. المضخات:

يتعلق اختيار نوع المضخات بغزارة الضخ وفق العلاقة:

$$P = m \cdot g \cdot Q \cdot h$$

حيث:

$P$  - الاستطاعة المولدة من العنف الريحية وتساوي  $250 \text{ kW}$  لكل مضخة.

$Q$  - غزارة الضخ من الأسفل إلى الأعلى للمضخة الواحدة،  $[m^3/s]$ .

$$Q = \frac{P}{m \cdot g \cdot h} = \frac{250[kW]}{1 \times 9.81 \times 224} = 0.113 [m^3 / s]$$

غزارة الضخ الكلية:

$$Q_{total} = 6 \times 0.113 = 0.678 [m^3 / s]$$

أي يحتاج الخزان لزمن حوالي 100 دقيقة للامتلاء، ويتم اختيار عدد المضخات ونوعها بعد الرجوع إلى خطها المميز والتأكد من أن المضخة تعطي الضغط والغزارة المطلوبة بأعلى قيمة للمردود مع أخذ الضياعات التي تحدث بالمضخات بالحسبان.

تم في الدراسة اختيار 6 مضخات غاطسة استطاعة المضخة الواحدة  $200 \text{ kW}$ ، وتم تحديد استطاعة المضخات بحيث يكون الزمن اللازم لتعبئة الخزان العلوي يساوي زمن تفريغه تقريباً. في هذه الحالة، وعند توافر سرعة رياح مناسبة لعمل العنف يمكن الاستفادة من المحطة لساعات طويلة.

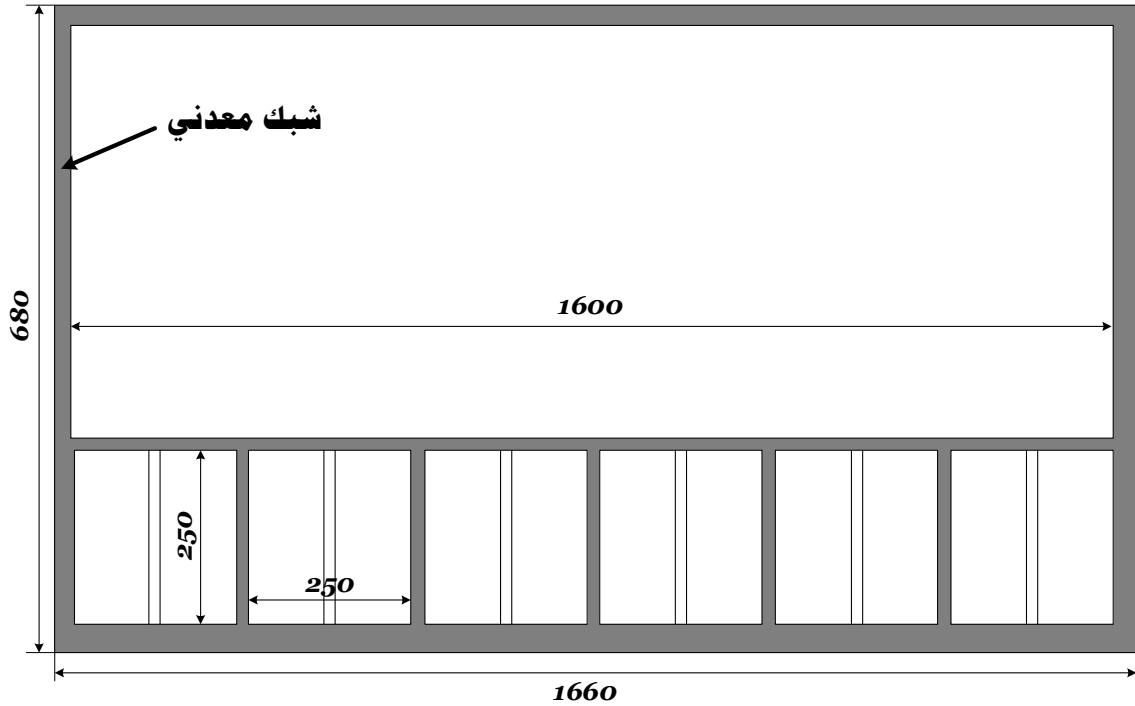
يجب الانتباه إلى أن غزارة الضخ من الأسفل إلى الأعلى تتعلق بالاستطاعة المولدة من العنف الريحية، وبعده المضخات، في حين أن غزارة الضخ من الأعلى إلى الأسفل ثابتة وتتعلق بزمن تفريغ الخزان. وعند امتلاء الخزان في الأعلى يجب إيجاد طريقة لعدم ضخ الماء إلى الأعلى أو يفضل في هذه الحالة وضع خزانات احتياطية على ارتفاعات مختلفة يمكن ملؤها بعد امتلاء الخزان العلوي واستخدامها في التوليد أيضاً.

تتولى المضخة (أو مجموعة المضخات التي قد تكون موصولة على التسلسل أو التوازي) عملية ضخ الماء بالغزارة والضغط المطلوبة، ويتطلب الأمر عند تصميم المحطة معرفة أنواعها وآلية عمل كل منها، وحساب الضياعات فيها. وتقسّم الضياعات في محطات الضخ إلى نوعين رئيسيين: ضياعات ضمن شبكة الأنابيب (ضياعات خارجية)، وضياعات ضمن المضخة نفسها، بالإضافة إلى دراسة ظاهرة التكهف، ودراسة المطرقة المائية وكيفية معالجتها.

3. أنبوب الامتصاص الذي تسحب المضخة الماء عبره من خزان التجميع السفلي: يحوي أنبوب الامتصاص على صمام اغلاق وصمام عدم رجوع وكوع ومصفاة.

يجب أن تكون فتحة أنبوب الامتصاص على عمق  $(D/2)$  فوق أرضية حوض الامتصاص، حيث  $D$  قطر فتحة الانبوب، كما يجب أن يكون لفتحة الامتصاص مقطع انسيابي متقارب، وهذا له أثر على خفض المفاويز المحلية في أنبوب الامتصاص، وبالتالي رفع كفاءة ومردود المضخة.

4. حوض السحب للمضخات: مؤلف من قسمين: الأول حوض الاستقبال، وهو عبارة عن شبك معدني لمنع دخول العوائل إلى حجرات السحب، والثاني حجرات سحب تضم أنابيب سحب وعددها بعدد المضخات. يبين الشكل (3) مقطعاً أفقياً للحوض ولحجرات السحب.



الشكل (3) مقطع أفقي للحوض ولحجرات السحب.

تعد حجرات السحب وأنابيب سحب المضخات ضمن الحجرات الجزء الأهم في منشآت محطات الضخ، لذلك يجب تحديد أبعادها بحيث تؤمن وصول المياه إلى المضخات بشكل مستقر، ومنع دخول الهواء في أنابيب السحب، والتقليل من الضياعات في أنبوب السحب قدر الإمكان. تحدد أبعاد حجرات السحب وفق التسلسل التالي:

✓ يحدد قطر مدخل أنبوب السحب  $(D_i)$  بحيث تكون الضياعات فيه  $H$  صغيرة:

$$D_{in} = (1.25-1.5).d_m$$



حيث  $d_m$  قطر أنبوب السحب ويبلغ حوالي 0.7 m.  
✓ عرض حجرات السحب:

$$B=(2-3).D_i = (1.8-2.7) m$$

يتم اعتماد عرض حجرات السحب وسطياً بـ 2.5 m.

5. أنبوب الرفع الذي ترفع المضخة عبره الماء إلى خزان التجميع العلوي، وأنابيب التفريغ التي تنقل الماء من الخزان العلوي إلى العنفة. يبين الشكل (4) صورة لأنبوب الرفع والتفريغ.



الشكل (4) صورة لأنابيب الرفع والتفريغ.

ويجب استخدام وصلات مرنة للأنابيب، وذلك لتلافي الأعطال فيها عند حصول انزلاق للتربة. ويجب أن تحدد سماكة الأنابيب بحيث يقاوم الضغط الداخلي. كما يجب منع حدوث الصدمة الهيدروليكية فيه، ويجب أن تكون الأنابيب مقاومة للضغط.

6. حوض الاستقبال العلوي قياس  $30 \times 30 \times 4.5 \text{ m}$ : لا يمكن أن تكون مساحة الخزان العلوي كبيرة جداً لأن قمم الهضاب قليلة المساحة كما ذكرنا سابقاً، ويجب أخذ التبخر الذي يحصل في هذا الحوض بالحسبان، ويمكن زراعة الأشجار العالية للتخفيف من أشعة الشمس، كما يجب عند تصميم الخزان الاستعانة بالمهندس الإنشائي ومهندس ميكانيك التربة.

**العنفة:** يجب ألا يزيد منسوب التأسيس للعنفة عن منسوب الماء الأصغري (61m) بأكثر من 8 m، وإذا تجاوز هذا الرقم تتولد حادثة التكهف الخطرة.

$$\text{منسوب التأسيس للعنفة} = \text{منسوب الماء الأصغري} + 7\text{m}$$

$$= 61 + 7 = 68 \text{ m}$$

وتعد شبكة الخطوط المميزة الرئيسة للعنفات الوثيقة الحقيقية لاختيار نوع العنفة وكافة متغيراتها المناسبة، حيث يرتبط اختيارها بالسرعة النوعية المتعلقة بكل نوع من أنواع العنفات، وكذلك يرتبط بالضغوط المتوافر الذي يحدد نوع العنفة.

بالإضافة إلى مجموعة صمامات وأجهزة قياس وأجهزة مساعدة.

**حساب كمية الطاقة المولدة من المحطة:**

تعطى كمية الطاقة المولدة من المحطة بالعلاقة:

$$P = m \cdot h \cdot g \cdot \eta \cdot Q$$

حيث:

P- الاستطاعة المولدة، [kW].

m- الكتلة النوعية للسائل (الماء)، [T/m<sup>3</sup>].

h- فرق الارتفاع بين الخزان العلوي والسفلي، [m].

g- تسارع الجاذبية الأرضية، 9.81 m/s<sup>2</sup>.

η- المردود العام لمحطة الضخ، يفرض أنه يساوي 0.75.

Q- التدفق (غزارة دخول الماء في قناة التوربين)، [m<sup>3</sup>/s].

وبفرض أن زمن تفريغ الخزان العلوي يبلغ 2 h يكون التدفق 0.55 m/s، وهو زمن قريب جداً من زمن إملاء الخزان، أي يمكن عمل المحطة لفترة طويلة في اليوم كما ذكرنا سابقاً.

$$P = 1 \times 224 \times 9.81 \times 0.75 \times 0.55 = 90644 \text{ [kW]}$$

وبفرض أنه تم إملاء وتفريغ الخزان العلوي مرتين في اليوم فقط تكون الطاقة المولدة:

$$P = 2 \times 90644 = 181288 [kW] \text{ يومياً}$$

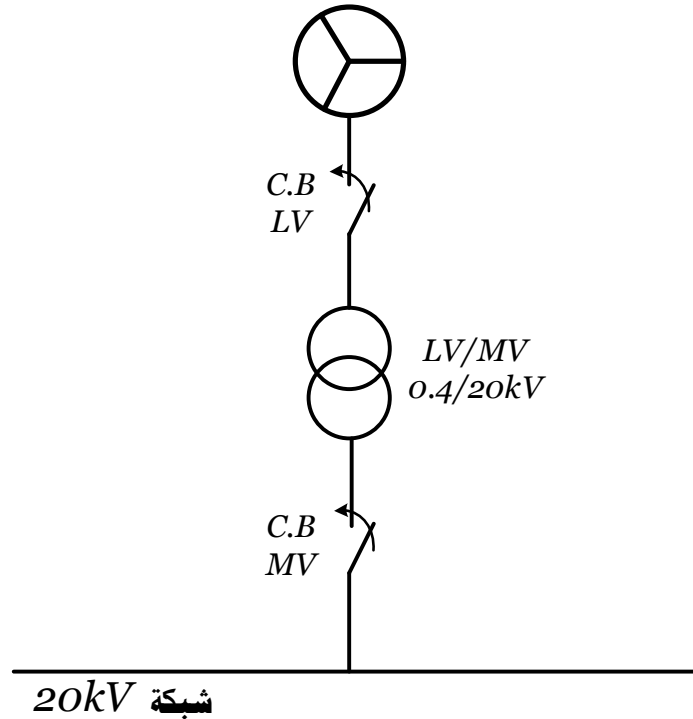
وتبلغ الطاقة المولدة سنوياً بفرض أن المراوح تعمل بنسبة 80% من أيام السنة:

$$P = 181288 \times 365 \times 0.8 = 52936 [kW]$$

والمنطقة المذكورة تستوعب عشرات محطات المماثلة، وهذا يساعد في حل مناسب لأزمة الكهرباء في المنطقة. ويمكن المحافظة على استمرارية التغذية الكهربائية بالمناورة بين المحطات بحيث تكون بعض المحطات في حالة توليد والبعض الآخر في حال إملاء الخزان العلوي.

ربط الطاقة الناتجة من العنفة مع الشبكة:

تعطى العنفة المائنية توتر خرج قدره 400 V. لربط الاستطاعة المولدة مع الشبكة يتم استخدام محولة رافعة للجهد من 0.4 kV إلى 20 kV، ويتم نقل الاستطاعة على التوتر 20 kV لمسافة 1 km تقريباً للوصول إلى الشبكة العامة، كما هو مبين بالشكل (5)، ويتم الربط في النقطة التي تحددها شركة كهرباء المحافظة.



الشكل (5) ربط الطاقة الناتجة من العنفة مع الشبكة

تعتمد في الربط الشروط والمتطلبات الواردة في القرار /961/ لعام 2012 الصادر عن السيد وزير الكهرباء المتضمن قواعد الربط لمشاريع الطاقة المتجددة مع شبكة التوزيع، وأبرزها:

✓ لا يجوز أن تزيد الاستطاعة المربوطة على مخرج توتر 20 kV عن 80% من الاستطاعة الاسمية للمخرج، ولا يجوز أن تزيد مجموع الاستطاعات المولدة من مصادر طاقة جديدة والمربوطة على شبكات 20 kV عن 10% من الحمل الأعظمي للشبكة في المحافظة.

✓ المواصفات الأساسية للطاقة المربوطة مع الشبكة على التوتر 20 kV مبينة في الجدول التالي:

التوتر [kV]	تيار القصر [kA]	التردد [Hz]	تغير التردد عند العمل الطبيعي	تغير التردد عند اجهاد الشبكة	فصل مجموعات التوليد
20±6%	25	50	49.95-50.05	48.75-51.25	47.5≥ 51.50≤

✓ يجب أن يجهز المشروع بجميع أجهزة الحماية وخاصة زيادة الحمل، دارة القصر الداخلية، العطل الأرضي، ارتفاع وانخفاض التوتر والتردد، بالإضافة إلى الحماية من التوترات الزائدة. ويجب أن تنفذ شبكة التأسيس وفقاً للمواصفة IEC 60364-5-55.

✓ يجب أن يجهز نظام الطاقة بتجهيزات احتياطات الأمان مثل قاطع سكين (الشكل 5) عند نقطة الربط، بحيث يقوم بعزل المشروع او النظام عن الشبكة عند فتحه، بالإضافة إلى لوحات ولصاقات تنبيه تدل على وجود مصدرين للتغذية لحماية الأشخاص من أخطاء التشغيل.

✓ يجب أن تحقق الطاقة المنتجة من المشروع شروط جودة الطاقة الواردة في المواصفات القياسية العالمية IEC، وبشكل عام فإن المستوى الأعظمي للتوافقيات يجب ألا تتجاوز 4% (المجموع الإجمالي للتوافقيات)، و 2.5% للتوافقية الواحدة. ويجب ألا يزيد عدم توازن الأطوار عند نقطة الربط عن 2% (يحسب عدم التوازن بانزياح التوتر الأعظمي عن وسطي الأطوار الثلاثة مقسوماً على هذا الوسطي)، وألا يقل عامل الاستطاعة عن 0.95.

✓ قبل ربط الطاقة المنتجة مع الشبكة يجب أن تجري عليها الاختبارات اللازمة للتأكد من أن جميع ما ذكر أعلاه محقق.

## الخلاصة:

1. وفق ما هو متعارف عليه فإن لمحطات الضخ التخزيني وظيفة أساسية هي تخزين الطاقة وقت الاستهلاك الأدنى (من 12 ليلاً إلى 5 صباحاً) واستهلاكها وقت الذروة (5 مساءً إلى 11 ليلاً). إلا أنه في سورية حالياً توجد حاجة ماسة لمصادر توليد موزعة تجنباً للانقطاع الطويل للكهرباء في المنطقة نتيجة الاعتداءات الإرهابية على مكونات الشبكة العامة من محطات توليد وخطوط نقل الغاز والفيول إلى المحطات وخطوط نقل الطاقة. بالإضافة إلى تنويع مصادر الطاقة لتحقيق أهم مرتكزات الأمن الطاقوي، وهو تنويع مصادر الطاقة. لذلك لا يمكن الاعتماد على الجدوى الاقتصادية فقط في تقدير أهمية إقامة هذه المحطات، بل يجب أخذ ما ذكر أعلاه بالحسبان.
2. هذا النوع من المشاريع قابلة للتطوير، حيث بينت دراسة أجرتها وزارة الكهرباء وجود عدد كبير من المواقع صالحة لبناء محطات ضخ تخزيني في الساحل السوري.
3. المشروع المقترح يقع في منطقة خلابة، وبالتالي في حال تأمين الكهرباء بشكل دائم لها بعيداً عن الانقطاعات المتكررة يمكن إشادة منشآت سياحية مختلفة (مطاعم، فنادق، تلفريك... الخ).
4. المحطات الكهرومائية بشكل عام صديقة للبيئة، ولا تؤثر على كمية الماء المخصصة للزراعة، فالمياه التي تضخ من البحيرة تعاد إليها، وحتى العنفات الريحية ستركب في أماكن بعيدة نسبياً عن السكن.