



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergiei românești",
SEBEȘ, 2012

CENTRALĂ ELECTRICĂ HIDROPNEUMATICĂ ACȚIONATĂ DE VALURI

Constantin-Cristian STROE, Valeriu PANAITESCU

ELECTRICAL HYDRO-PNEUMATIC POWER STATION, POWERED BY WAVES

The paper analyses the wave energy capture and conversion with hydro pneumatic equipments.

Main stages and activities of the project, results

a) A relevant study has been accomplished which analyzed the hydro-meteorological conditions in the western Black Sea. Also it has been made a documented presentation of the types of hydro plants suitable for efficient conversion of wave energy in this area.

b) An experimental model of small-scale power plant driven by waves has been designed and executed. Also, it has been performed experiments on this model and on a specialized channel for wave simulation. Hydro-pneumatic and energetic characteristics has been obtained and similarity criteria for reporting results scale and choosing the best construction were developed.

c) Building plans for a full scale hydro power plant were developed. The generator which converts the wave energy into electrical energy was also designed and made.

d) Experiments were conducted on a stand in a wind tunnel to test the electrical generator, which required the devise and development of specific support and aligning elements. The turbine was gradually loaded by connecting to the shaft an electrical generator having a variable resistive load at output.

e) Determinations were performed in air velocity range of 5-20 m/s, and characteristics of mechanical power have been extrapolated by specific similarity criteria up to 50 m/s. It was concluded that the conversion unit is compatible with a maximum power of 3.6 kW at an air velocity of 50 m/s

f) It has been developed technical documentation for construction

and assembly of micro hydro power plant.

g) There were carried out analytical calculations and computer simulations to demonstrate the functionality of the model to illustrate the phenomenology of the flow in the oscillating column, the dynamic behavior of the turbine, and the correlation with experimental results.

Cuvinte cheie: microelectrocentrale, resurse regenerabile, conversia energiei, valuri

Keywords: micro power plant, renewable resources, energy conversion, wave

1. Introducere

În prezentul articol se va face o prezentare a instalațiilor hidropneumatice realizate până în prezent la nivel mondial, se va preciza metoda de calcul a instalațiilor hidropneumatice, se va realiza un model funcțional al unei microcentrale care va fi amplasat în apropierea țărmului Mării Negre pentru verificarea eficienței sistemului hidropneumatic și se vor elabora recomandări pentru dezvoltarea în viitor a centralelor electrice pentru exploatarea energiei valurilor.

Cercetările care se propun în cadrul prezentului articol se vor concretiza printr-o microcentrală acționată de valuri, având puterea nominală de 5 kW, bazată pe principiul hidropneumatic care va permite verificarea soluțiilor propuse, furnizând energie electrică, în regim "insular" pentru utilități locale ale beneficiarului.

Proiectarea, modelarea, precum și dimensionarea instalației se vor realiza, ținându-se cont de parametrii de încărcare hidrodinamici, aerodinamici, mecanici și electrice ai întregii microcentrale, precum și de condițiile hidro-meteorologice ale litoralului Mării Negre.

2. Justificare

Cercetările care se propun în cadrul prezentului articol se vor concretiza printr-o microcentrală bazată pe principiul hidropneumatic care va permite verificarea și optimizarea soluțiilor propuse, furnizarea de energie electrică pentru utilizări locale și precizarea unor soluții constructive pentru centralele electrice acționate de valuri care se vor putea construi.

În urma cercetărilor se propune o nouă construcție a turbinei unisens [1] [2]. Această turbină se bazează pe următoarele principii:

- pornirea turbinei se realizează prin înclinarea palelelor turbinei la unghiul maxim;

- funcționarea turbinei se realizează prin înclinarea paletelor turbinei la diferite unghiuri până la unghiul nominal în funcție de viteza fluxului de aer și cuplul generatorului;

- evitarea ambalării turbinei, în cazul valurilor foarte mari, se obține printr-un dispozitiv centrifugal care comandă palele turbinei.

Un exemplu al microcentralei propuse este reprezentat în figura 1.

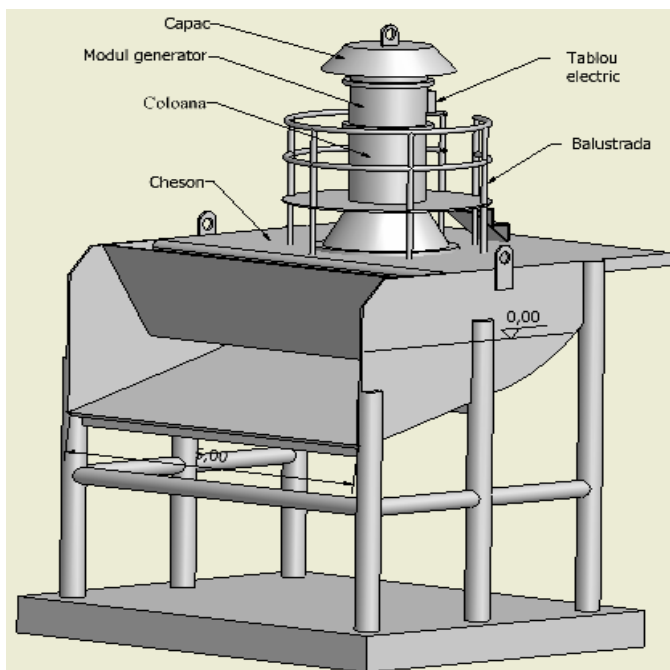


Fig. 1 Model microcentrală

3. Scop

- Verificarea sistemului de instalație hidropneumatică bazată pe noi elemente inovative pentru valorificarea energiei valurilor și în special a valurilor Mării Negre;
- Creșterea competenței tehnologice și promovarea transferului de cunoștințe și tehnologii în domeniul conversiei energiei valurilor, în condiții de calitate, siguranță, cu respectarea principiului dezvoltării durabile;

- Crearea de produse și "tehnologii curate" în domeniul conversiei energetice.

Prezentul articol se încadrează în politica de utilizare a surselor regenerabile de energie.

4. Proiectare/Realizare/Experimentare. Model Experimental

Realizarea unei centrale electrice hidropneumatice pentru verificarea eficienței unei astfel de centrale în condițiile Mării Negre trebuia să fie precedată de realizarea și experimentarea mai multor modele experimentale pentru alegerea formei constructive optime [3]. Aceasta deoarece se constată că la nivel mondial centralele electrice hidropneumatice realizate au forme constructive diferite în funcție de caracteristicile amplasamentelor.

Prima problemă a fost proiectarea și realizarea unui canal de valuri pentru experimentări în condiții cât mai apropiate de condițiile din natură.

În continuare s-a elaborat o metodologie de calcul a instalațiilor electrice hidropneumatice acționate de valuri pentru a putea realiza prin similitudine mai multe modele experimentale și a putea alege o formă constructivă optimă.

5. Simulări numerice pentru microcentrala MV – 05 în configurația modificată

Pentru a converti acțiunea valurilor într-o energie utilă, este necesar un agregat de putere în calea valurilor, asemenea unei stații hidro-pneumatice [4].

Acest sistem captează valurile într-o cameră artificială parțial cufundată cu o deschidere într-un perete deasupra nivelului apei. Deschiderea conduce către o turbină antrenată de aer. Creșterea valului intră în cameră, ridică nivelul apei rapid, împingând aerul deasupra apei prin deschidere și rotind palele turbinei [5].

În lucrare sunt prezentate rezultate numerice pentru solicitarea dinamică a structurii stației hidro – dinamice ținând cont de acțiunea forței valurilor asupra acesteia, se va urmări în special comportamentul piciorului acestei stații [6] [7].

Rezultatele numerice sunt obținute prin utilizarea unui soft de element finit.

Scopul acestui studiu este acela de a vedea comportamentul unor părți importante ale unei stații hidro – pneumatice acționate de

forța valurilor și în particular studiul comportamentului structurii bazei acesteia.

Ideea acestui studiu este de a vedea comportamentul structurii bazei stației hidro – pneumatice la impactul valurilor asupra structurii superioare. Studiul are două direcții:

- studiul dinamic al impactului valurilor asupra structurii bazei stației;
- comportamentul în regim dinamic al bazei stației hidro – pneumatice. Alegerea celei mai bune forme a bazei stației comparând rezultatele obținute din două modele.

Cea de-a doua direcție va fi aprofundată în această lucrare. Se va face un studiu dinamic al comportării la solicitare al piciorului bazei stației.

Modelul studiat este prezentat în figura 2.

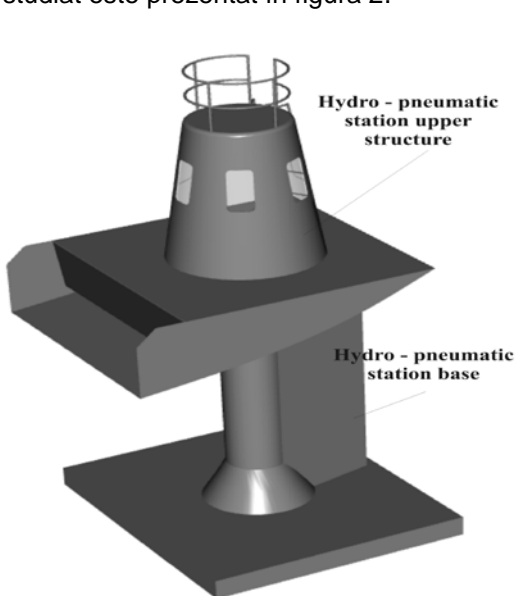


Fig. 2 Modelul 3 D al stației hidro – pneumatice

Pentru simularea numerică s-au făcut următoarele ipoteze:

- forța valurilor este mai mare decât curenții;
- nu se va aplica variația presiunii cu adâncimea;
- vom folosi numai forțele dinamice;

- vom considera o suprafață de curgere de aproximativ $3 - 6 \text{ m}^2$.

Formulări matematice

Pentru obținerea forței dinamice s-a efectuat o simulare numerică a curgerii folosind o meshă de tip dinamic. Energia valurilor este calculată precum sumă a energiei cinetice a valurilor și a energiei potențiale a acestora.

Energia potențială poate fi calculată folosind formula:

$$PE = m \cdot g \cdot \frac{y(x, t)}{2}, \text{ [J]} \quad (1)$$

în care:

$$- m = w \cdot \rho \cdot y, \quad \text{[kg]}, \text{: masă val}; \quad (2)$$

$$- \rho: \text{densitate apă, [kg/m}^3\text{]};$$

- w: lățime val, [m], considerată egală cu lățimea camerei;

$$- y = y(x, t) = a \cdot \sin(kx - \omega t), \text{ [m]: ecuația valului, considerat val sinusoidal}; \quad (3)$$

$$- a = h/2, \text{ [m]: amplitudine val}; \quad (4)$$

- h: înălțime val;

$$- k = 2\pi/\lambda: \text{număr val}; \quad (5)$$

- λ , [m]: mărime val;

$$- \omega = 2\pi/T, \text{ [rad/sec]: frecvență val}; \quad (6)$$

- T: perioadă val.

Energia potențială poate fi scrisă precum:

$$PE = w \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{y^2}{2} = w \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{a^2}{2} \cdot \sin^2(kx - \omega t) \quad (7)$$

Considerând că $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ și $\omega = \frac{2\pi}{T}$,

obținem
$$PE = \frac{1}{4} \cdot w \cdot \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot \lambda \quad (8)$$

6. Constatări și concluzii generale

Urmare a activității desfășurate pentru proiectarea, realizarea și experimentarea unor modele experimentale de centrale hidropneumatice se pot prezenta următoarele constatări și concluzii [8]:

1. Din experimentările efectuate rezultă că presiunea valurilor exercitată pe direcție orizontală este mai mare decât presiunea valurilor exercitată pe direcție verticală. Trebuie subliniat în același timp că o mare cantitate de energie cinetică se află sub valurile de suprafață;

2. Modelele experimentate modifică în mod sensibil caracteristicile valurilor incidente, reducând amplitudinea acestora;

3. Modelul care se recomandă prezintă o stabilitate mai bună, întrucât spațiul dintre pereții din față poate fi lestat cu un volum apreciabil de anrocamente;

4. Instalația hidropneumatică poate fi considerată instalație terminală numai dacă este ancorată de malul mării, altfel această instalație ca și alte instalații de conversie a energiei valurilor poate capta numai o parte din energia valurilor, întrucât o mare parte din această energie trece prin masa de apă de sub aceste instalații;

5. Oscilațiile coloanei din incinta instalației sunt puternic influențate de rezistența aerodinamică a coloanei de aer. Aceste oscilații se reduc aproape complet la blocarea coloanei de aer. Datorită influenței rezistenței aerodinamice randamentul instalației depinde de alegerea corectă a secțiunii turbinei față de puterea instalației;

BIBLIOGRAFIE

[1] Exarhu, M., *Mașini și instalații hidraulice și pneumatice*, Editura SC Andro Tipo SRL, 2006, pag. 407.

- [2] Constantinescu, V.N., *Mecanica fluidelor și elemente de aerodinamică*, Editura didactică și pedagogică, București, 1983.
- [3] Carafoli, E., Oroeanu, T., *Mecanica Fluidelor vol.II*, Editura Academiei Române, București, România, 1955. pag 60-80.
- [4] Iulian, C., Lazăr, P.D, *Energia valurilor*, Editura Științifică și enciclopedică, București, 1982.
- [5] Tănăsescu, F.T., *Conversia energiei - Tehnici neconvenționale*, Editura tehnică, 1986.
- [6] Iulian, C., *Utilizarea energiei valurilor*, Editura tehnică, București, 1990.
- [7] Olaru, Gh., Lazăr, P.D., *Contribuții privind implementarea digurilor energetice în largul Mării Negre*, Energetica, Martie-Aprilie, 1990.
- [8] Olaru, Gh., Olaru, V., *Centrală acționată de valuri*.

Drd. Ing. Constantin-Cristian STROE,
Universitatea "Politehnica" București, membru AGIR
e-mail: cristian.stroe78@gmail.com
Prof. Dr. Ing. Valeriu PANAITESCU,
profesor Facultatea de Energetică, Universitatea "Politehnica" București
membru AGIR
e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com