HYDRO-PHOTOVOLTAIC COMPLEMENTARY POWER GENERATION TECHNOLOGY

تكنولوجيا توليد الطاقة التكميلية من الطاقة الكهروضوئية

Xie Zhanlei
Master's degree at Sukhoi State Technical University of Gomel

Abstract: *Water-photovoltaic complementary power generation technology is a kind of power generation method using complementary water and light energy, which can make full use of the advantages of the two energy sources, rely on the complementarity of hydroelectric power generation and photovoltaic power generation, improve the efficiency and reliability of power generation, and provide stable and high-quality clean power for the power grid.*

Keywords: *Clean energy, Water-photovoltaic complementary, Power generation.*

شيه تشانلي
طالب ماجستير بجامعة سخوي الحكومية التقنية

الخلاصة : تكنولوجيا توليد الطاقة التكميلية من الماء والطاقة الكهروضوئية هي نوع من طرق توليد الطاقة باستخدام الطاقة التكميلية للمياه والضوء، والتي يمكنها الاستفادة الكاملة من مزايا مصدري الطاقة، والاعتماد على التكامل بين توليد الطاقة الكهرومائية وتوليد الطاقة الكهروضوئية، وتحسين كفاءة وموثوقية توليد الطاقة، وتوفير طاقة نظيفة مستقرة وعالية الجودة لشبكة الطاقة.

الكلمات المفتاحية : الطاقة النظيفة، الطاقة الكهروضوئية التكميلية للمياه، توليد الطاقة.

Marwan Farhan Saif Hassan AL-Kamali
PhD, Associate Professor, Dep. of Industrial Electronics at GSTU

Scientific Supervisor

الشرف العلمي

د.م. مروان فرحان سيف حسن الكمالي
أستاذ مشارك في قسم الإلكترونيات الصناعية بجامعة سخوي الحكومية التقنية

Introduction

Hydro-photovoltaic complementary power generation technology combines two renewable energy sources: hydroelectric power and solar photovoltaic systems. This innovative approach maximizes energy output by utilizing water flow for hydroelectric generation while simultaneously harnessing solar energy through photovoltaic panels. By integrating these technologies, it enhances overall efficiency and reliability, ensuring a more stable power supply. This synergy not only reduces dependence on fossil fuels but also contributes to sustainable energy goals. The adoption of this technology holds significant promise for diverse applications in both urban and rural settings.

المقدمة

تجمع تقنية توليد الطاقة التكميلية الكهروضوئية بين مصدرين للطاقة المتجددة: الطاقة الكهرومائية وأنظمة الطاقة الكهروضوئية الشمسية. ويعمل هذا النهج المبتكر على تعظيم إنتاج الطاقة من خلال الاستفادة من تدفق المياه لتوليد الطاقة الكهرومائية مع تسخير الطاقة الشمسية في نفس الوقت من خلال الألواح الكهروضوئية. ومن خلال دمج هذه التقنيات، فإنه يعزز الكفاءة والموثوقية بشكل عام، مما يضمن إمدادًا أكثر استقرارًا بالطاقة. ولا يقلل هذا التآزر من الاعتماد على الوقود الأحفوري فحسب، بل يساهم أيضًا في تحقيق أهداف الطاقة المستدامة. ويحمل تبني هذه التقنية وعدًا كبيرًا لتطبيقات متنوعة في كل من المناطق الحضرية والريفية.

Results and discussion

Hydro-photovoltaic power generation effectively combines solar photovoltaic (PV) and hydroelectric systems, offering a stable and sustainable energy supply by leveraging their complementary characteristics. PV systems generate electricity only during daylight, with output fluctuating based on weather conditions. In contrast, hydroelectric power stations provide a consistent energy supply that is unaffected by seasonal or climatic variations [1-3].

The proposed integration allows for short-term regulation: during the day, when PV generation is high, hydroelectric output can be reduced, and at night, hydroelectric plants compensate for the lack of PV generation. This dynamic interaction also facilitates seasonal adjustments, optimizing energy production according to water availability in fig 1. Advantages and disadvantages of hydroelectricity and photovoltaics.

The complementary nature of this system addresses the volatility of PV power generation, allowing for smoother integration into the grid. Rapid compensation between hydro and PV generation mitigates issues related to light abandonment in photovoltaic output, enhancing grid stability and safety.

Moreover, the hydroelectric component's ability to quickly adjust its generation is particularly beneficial for peak load management. This flexible operational capability supports the joint functioning of hydroelectric and photovoltaic systems, ensuring reliable energy delivery.

النتائج والمناقشة

يجمع توليد الطاقة الكهروضوئية بفعالية بين أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الكهرومائية، مما يوفر إمدادًا مستقرًا ومستدامًا للطاقة من خلال الاستفادة من خصائصهما التكميلية. تولد أنظمة الطاقة الكهروضوئية الكهرباء فقط أثناء النهار، مع تقلب الناتج بناءً على الظروف الجوية. على النقيض من ذلك، توفر محطات الطاقة الكهرومائية إمدادًا ثابتًا بالطاقة لا يتأثر بالتغيرات الموسمية أو المناخية [1-3].

يسمح التكامل المقترح بالتنظيم قصير المدى: أثناء النهار، عندما يكون توليد الطاقة الكهروضوئية مرتفعًا، يمكن تقليل الناتج الكهرومائي، وفي الليل، تعوض محطات الطاقة الكهرومائية عن نقص توليد الطاقة الكهروضوئية. يسهل هذا التفاعل الديناميكي أيضًا التعديلات الموسمية، مما يحسن إنتاج الطاقة وفقًا لتوافر المياه في الشكل 1. مزايا وعيوب الطاقة الكهرومائية والطاقة الكهروضوئية.

تعالج الطبيعة التكميلية لهذا النظام تقلب توليد الطاقة الكهروضوئية، مما يسمح بتكامل أكثر سلاسة في الشبكة. يخفف التعويض السريع بين توليد الطاقة الكهرومائية والطاقة الكهروضوئية من المشكلات المتعلقة بالتخلي عن الضوء في الناتج الكهروضوئي، مما يعزز استقرار الشبكة وسلامتها.

علاوة على ذلك، فإن قدرة المكون الكهرومائي على تعديل إنتاجه بسرعة مفيدة بشكل خاص لإدارة الأحمال القصوى. تدعم هذه القدرة التشغيلية المرنة الأداء المشترك للأنظمة الكهرومائية والضوئية، مما يضمن توصيل الطاقة بشكل موثوق.

The complementary power generation structure maximizes the utilization of existing hydropower transmission channels, effectively reducing costs and development cycles for solar energy projects. This innovation not only improves the capacity of the power system to handle variable PV output but also aligns with grid planning to optimize renewable energy integration (see fig 2.).

in fig 3. analysis of power generation curves indicates that the complementary effects are most pronounced on sunny days, with PV and hydro outputs effectively aligning after peak solar hours. During rainy conditions, the hydroelectric output closely matches the PV generation curve, demonstrating the system's adaptability to varying weather scenarios [3].

يعمل هيكل توليد الطاقة التكميلي على تعظيم الاستفادة من قنوات نقل الطاقة الكهرومائية الحالية، مما يقلل بشكل فعال من التكاليف ودورات التطوير لمشاريع الطاقة الشمسية. لا يعمل هذا الابتكار على تحسين قدرة نظام الطاقة على التعامل مع الناتج المتغير للطاقة الكهروضوئية فحسب، بل يتماشى أيضًا مع تخطيط الشبكة لتحسين تكامل الطاقة المتجددة (انظر الشكل 2). في الشكل 3. يشير تحليل منحنيات توليد الطاقة إلى أن التأثيرات التكميلية تكون أكثر وضوحًا في الأيام المشمسة، مع محاذاة مخرجات الطاقة الكهروضوئية والطاقة الكهرومائية بشكل فعال بعد ساعات الذروة الشمسية. أثناء الظروف الممطرة، يتطابق الناتج الكهرومائي بشكل وثيق مع منحنى توليد الطاقة الكهروضوئية، مما يدل على قدرة النظام على التكيف مع سيناريوهات الطقس المتنوعة [3].

Conclusion

The water-photovoltaic complementary power generation technology effectively combines the advantages of hydropower and photovoltaic power generation, improves the efficiency and reliability of power generation, and solves the shortcomings of each. The model realizes a smooth power supply through the stability of hydropower and the renewability of PV, which can cope with volatility and meet the demand of the power grid. Overall, hydro-photovoltaic complementary power generation is a promising green energy solution that contributes significantly to sustainable development.

الخاتمة

تجمع تقنية توليد الطاقة التكميلية من الماء والفولتوضوئية بشكل فعال بين مزايا توليد الطاقة الكهرومائية والطاقة الكهروضوئية، وتحسن كفاءة وموثوقية توليد الطاقة، وتحل أوجه القصور في كل منهما. يحقق النموذج إمدادًا سلسًا بالطاقة من خلال استقرار الطاقة الكهرومائية وقابلية تجديد الطاقة الكهروضوئية، والتي يمكنها التعامل مع التقلبات وتلبية الطلب على شبكة الطاقة. بشكل عام، يعد توليد الطاقة التكميلية من الماء والفولتوضوئية حلاً واعدًا للطاقة الخضراء يساهم بشكل كبير في التنمية المستدامة.

Projects	Hydroelectricity	Photovoltaic power generation
Advantages	Stable and controllable power output within a day, can participate in grid peaking; low operating costs	Electricity output is seasonally smooth with little inter-annual variation
Disadvantages	Large inter-annual variations in the amount of power during periods of abundance and desiccation	Power output fluctuates dramatically and uncontrollably within a day; high operating costs

Fig 1- Advantages and disadvantages of hydroelectricity and photovoltaics

الشكل 1- مميزات وعيوب الطاقة الكهرومائية والطاقة الكهروضوئية

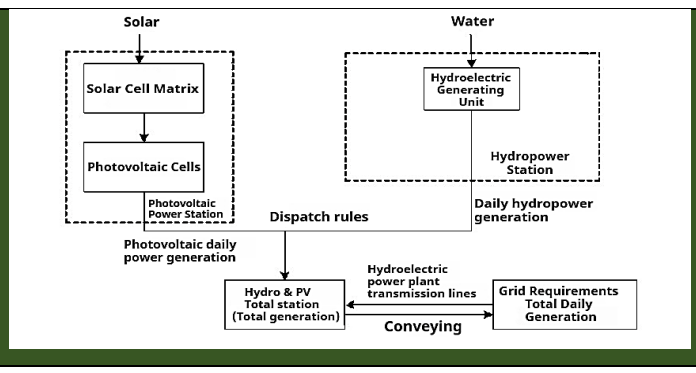

Fig 2- Schematic diagram of power generation structure of water and light complementary project

الشكل 2- مخطط تخطيطي لهيكل توليد الطاقة للمشروع المكمل للمياه والضوء

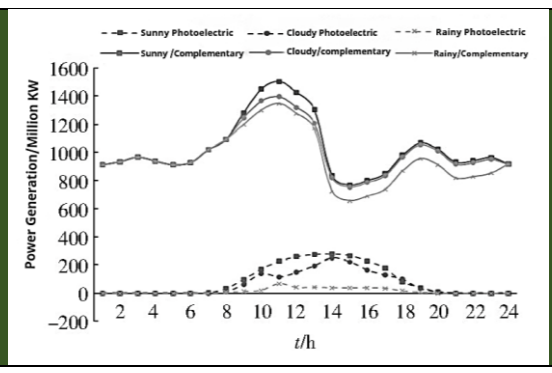

Fig 3- The output of photovoltaic power plants under three weather conditions

الشكل 3- إنتاج محطات الطاقة الكهروضوئية في ظل ثلاث ظروف جوية

Literature المراجع والمصادر

1. Evolution of copper ions in high-silica thin films / M. F. S. H. Al-Kamali [et al.] // Al-Andalus Journal of Applied Sciences. – 2022. – Vol. 9, № 16. – P. 7–30.
2. Development of SiO_2:GeO_2(Ge°) ceramic nanocomposites via sol-gel synthesis for thin-film applications in solar panel manufacturing / M. F. S. H. Al-Kamali, A. A. Boika, Y. T. A. AL-Ademi [et al.] // Al-Andalus Journal of Applied Sciences. – 2024. – Vol. 11, № 20. – P. 17–38.
3. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Мишени SiO_2 : CuO (Cu°) для нанесения тонких пленок ионно-лучевым распылением, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Х. А. С. Аль-Шамири // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.