

Abstract of the thesis presented to the Senate of University Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy

OPTIMISATION OF HYDRAULIC POWER TAKE-OFF UNIT OF WAVE ENERGY CONVERSION SYSTEM

MOHD AFIFI BIN HAJI JUSOH

SEPTEMBER 2023

Main Supervisor : Professor Ts. Mohd Zamri Ibrahim, Ph.D

Co-Supervisor : Associate Professor Ts. Muhamad Zalani Daud, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

Hydraulic power take-off (HPTO) unit is one of the essential elements of wave energy conversion systems (WECs), as it directly correlates to the amount of generated electricity. Optimising the HPTO unit of WECs has been a crucial issue to ensure it can continuously generate reliable electricity. Earlier studies have indicated that the reliability issue of the HPTO model in the different sea states is associated with its parameter selection and control mechanism. In this thesis, optimisation approaches based on parameter selection and control mechanism for the HPTO unit have been proposed to maximise and mitigate fluctuations in the generated power. An accurate HPTO unit model that considered the hydrodynamic effects of the wave absorber device was developed. Using the developed HPTO unit model, the optimisations of HPTO unit parameters using two different mathematical algorithms, such as non-linear programming by quadratic Lagrangian and genetic algorithm approaches, were implemented to maximise the generated power. The flow energy control mechanism and control strategy were also developed for the HPTO unit to stabilise the fluid flows through the hydraulic motor as well as mitigate power fluctuations. A dual high-pressure accumulator module was used to eliminate the fluctuations of the hydraulic oil flow to the hydraulic motor. The overall operation of the flow energy control mechanism was driven by a proposed control strategy. Overall experimental validation results showed that the HPTO unit model was accurate up to 87.52% to 90.86% in five different sea states. Also, the overall simulation results showed that the generated power from the HPTO unit in the nominal sea state was increased by 57% and 55% from the non-optimal condition for both optimisation cases, respectively. Finally, the simulation results

showed that the HPTO unit that uses the developed flow energy control mechanism and control strategy could generate electricity at the rated capacity during 76.7% of its operation during the nominal sea state. Also, the unnecessary fluctuations in the electrical power generated were significantly reduced. In conclusion, the proposed optimisation approaches are deemed effective for optimising power generation and they can be implemented to a new or already HPTO unit of WECs.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu
sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Doktor Falsafah

**PENGOPTIMUMAN UNIT PENGAMBILAN KUASA HIDRAULIK UNTUK
SISTEM PENUKARAN TENAGA OMBAK**

MOHD AFIFI BIN HAJI JUSOH

SEPTEMBER 2023

Penyelia Utama : Profesor Ts. Mohd Zamri Ibrahim, Ph.D

Penyelia Bersama : Profesor Madya Ts. Muhamad Zalani Daud, Ph.D

Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan Informatik

Unit pengambilan kuasa hidraulik (PKH) adalah salah satu elemen penting dalam sistem penukaran tenaga ombak (SPTO), kerana ia berkorelasi secara langsung dengan dengan jumlah elektrik yang dihasilkan. Pengoptimuman unit PKH bagi SPTO telah menjadi isu penting untuk memastikan ia terus menjana elektrik yang boleh dipercayai. Kajian terdahulu telah menunjukkan bahawa isu kebolehpercayaan unit PKH dalam keadaan laut yang berbeza dikaitkan dengan pemilihan parameter dan mekanisme kawalannya. Dalam tesis ini, pendekatan pengoptimuman berdasarkan pemilihan parameter dan mekanisme kawalan untuk unit PKH telah dicadangkan untuk memaksimumkan dan mengurangkan turun naik dalam kuasa yang dihasilkan. Model unit PKH yang tepat yang mengambil kira kesan hidrodinamik peranti penyerap ombak telah dibangunkan. Dengan menggunakan model unit PKH yang dibangunkan, pengoptimuman parameter unit PKH menggunakan dua algoritma matematik yang berbeza, seperti kaedah pengaturcaraan bukan linear oleh kuadratik Lagrangian dan kaedah algoritma genetik telah dilaksanakan untuk memaksimumkan kuasa yang dihasilkan. Mekanisme kawalan aliran tenaga dan strategi kawalan juga telah dibangunkan untuk unit PKH untuk menstabilkan aliran bendalir melalui yang motor hidraulik serta mengurangkan turun naik kuasa. Modul dwi akumulator tekanan tinggi telah digunakan untuk menghapuskan turun naik aliran minyak hidraulik ke motor hidraulik. Operasi keseluruhan mekanisme kawalan aliran tenaga dipandu oleh strategi kawalan yang telah dicadangkan. Hasil pengesahan eksperimen secara keseluruhan menunjukkan bahawa model unit PKH adalah tepat sehingga 87.52% hingga 90.86% dalam lima keadaan laut yang berbeza. Selain itu, hasil simulasi keseluruhan menunjukkan ba-

hawa kuasa yang dihasilkan dari unit PKH dalam keadaan laut nominal meningkat sebanyak 57% dan 55% daripada keadaan tidak optimum untuk kedua-dua kes pengoptimuman. Akhirnya, keputusan simulasi menunjukkan bahawa unit PKH yang menggunakan mekanisme kawalan aliran tenaga dan strategi kawalan yang telah dibina dapat menjana elektrik pada kapasiti normal semasa 76.7% daripada operasinya semasa keadaan laut nominal. Juga, turun naik yang tidak perlu dalam kuasa elektrik yang dihasilkan telah dikurangkan dengan ketara. Kesimpulannya, pendekatan pengoptimuman yang telah dicadangkan dianggap berkesan untuk mengoptimumkan penjanaan kuasa dan ia boleh dilaksanakan ke atas unit PKH bagi SPTO yang baru atau yang sudah dipasang.