

Математичен модел за оптимизиране на съвместната работа в агрегат „двигател с вътрешно горене – хидродинамичен преобразувател на енергия” („ДВГ-ХДП”) по условието за максимална изходна мощност в най-широк кинематичен диапазон

Светозар Нейков, Георги Козарев, Пейчо Терзиев, Диана Иванова

A Mathematic Model of the Optimization of the Joint Work in Unit "Internal Combustion Engine - Hydrodynamic Energy Converter" („ICE – HEC") on Condition for Maximum Output Power in Most Wide Kinematic Range: The work presented mathematical model to obtain the highest value of output power, in joint work in unit "Diesel Internal Combustion Engine - Hydrodynamic Energy Converter", when DICE is equipped with variable speed governor and HEC is complex, with the most general case of transparency. The model was developed as an open system that allows the reporting of any statistical distribution law of the gear ratio in the hydrodynamic converter.

Key words: Mathematic Model, Diesel Engine, Hydrodynamic Converter of Energy, Cooperation between the Engine and Hydrodynamic Energy Converter.

ВЪВЕДЕНИЕ

В работата [3], базираща се на работите [1] и [2], са изложени физико-математичните основи на оптимизирането на съвместната работа между дизелов двигател, снабден с всережимен регулатор и комплексен хидротрансформатор. Показано е, че алгоритъмът за получаване на най-висока стойност на изходната мощност в най-широк кинематичен диапазон по ъгловата скорост на турбината на ХТ се свежда до решаването на вариационна задача за намиране на условия максимум на функционала (1)

$$VP_T = \iint_{\sigma} M_{II} K \omega i d\sigma = \iint_{\sigma} \underbrace{M_{II} K \omega i \sqrt{1 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial i}\right)^2 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial t}\right)^2 + a \alpha_i' + b \alpha_i'}}_F di dt, \quad (1)$$

където F е целевата функция, а α е обобщен параметър, включващ активния диаметър на хидротрансформатора, предавателното отношение и к.п.д. на свързващата предавка между колянвия вал на двигателя и помпения вал на хидротрансформатора. Функционалът (1) има максимум за тази стойност на параметъра α , за която втората производна на целевата функция по параметъра се анулира.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Въз основа на изведените в [3] изрази за частните производни на съставляващите на целевата функция

$$\underbrace{2h_2 \frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \frac{\partial M_{e,pcr}}{\partial \alpha}}_{A_{PIR}} + \underbrace{2\omega \frac{\partial M_{e,pcr}}{\partial \alpha} \frac{\partial h_2}{\partial \alpha}}_{B_{PIR}} + \underbrace{2M_{e,pcr} \frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \frac{\partial h_2}{\partial \alpha}}_{C_{PIR}} + \underbrace{\omega M_{e,pcr} \frac{\partial^2 h_2}{\partial \alpha^2}}_{D_{PIR}} + \underbrace{\omega h_2 \frac{\partial^2 M_{e,pcr}}{\partial \alpha^2}}_{E_{PIR}} + M_{e,pcr} \underbrace{h_2 \frac{\partial \omega^2}{\partial \alpha^2}}_{F_{PIR}} = 0 \quad (2)$$

може да се запише

$$2h_2 \underbrace{\frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \frac{\partial M_{e, \text{pec}}}{\partial \alpha}}_{A_{\text{PVR}}} = 2 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \lambda (k_m \omega - k_m t + M_e)}{\alpha i \frac{\lambda}{k_m - 2(k_m \omega - k_m t + M_e)}} \right)^2 + \left(\frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right)^2} \times$$

$$\times \left(\frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right) \times$$

$$\times \left(\frac{\lambda \omega^2}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right) k_m, \quad (3)$$

$$2\omega \underbrace{\frac{\partial M_{e, \text{pec}}}{\partial \alpha} \frac{\partial h_2}{\partial \alpha}}_{B_{\text{PVR}}} = 2\omega k_m \frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \frac{\partial i}{\partial i} \frac{\partial^2 \omega}{\partial i \partial \alpha} + \frac{\partial \omega}{\partial t} \frac{\partial^2 \omega}{\partial t \partial \alpha} =$$

$$= 2\omega k_m \frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial i} \right)^2 + \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2} =$$

$$= 2\omega k_m \frac{\lambda \omega^2}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \lambda (k_m \omega - k_m t + M_e)}{\alpha i \frac{\lambda}{k_m - 2(k_m \omega - k_m t + M_e)}} \right)^2 + \left(\frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right)^2} \times$$

$$\times \left(\frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right) \quad (4)$$

$$\times \left\{ \frac{\alpha \lambda (k_m \omega - k_m t + M_e)}{\alpha i \frac{\lambda}{k_m - 2(k_m \omega - k_m t + M_e)}} \frac{\alpha \lambda \omega^2 \left[k_m^2 - 2 \left(\frac{k_m \omega - k_m t + M_e}{\omega} \right) \right]}{\alpha i \left[k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega} \right]^3} + \frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \frac{2\lambda \left(k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t} \right) (k_m t - M_e)}{k_m \left[k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega} \right]^3} \right\},$$

$$\underbrace{2M_{e, \text{pec}} \frac{\partial \omega}{\partial \alpha} \frac{\partial h_2}{\partial \alpha}}_{C_{\text{PVR}}} = 2(k_m \omega - k_m t + M_e) \frac{\lambda \omega^2}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \times$$

$$\frac{\alpha \lambda (k_m \omega - k_m t + M_e)}{\alpha i \frac{\lambda}{k_m - 2(k_m \omega - k_m t + M_e)}} \frac{\alpha \lambda \omega^2 \left[k_m^2 - 2 \left(\frac{k_m \omega - k_m t + M_e}{\omega} \right) \right]}{\alpha i \left[k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega} \right]^3} + \frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \frac{2\lambda \left(k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t} \right) (k_m t - M_e)}{\left[k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega} \right]^3}$$

$$\times \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha \lambda (k_m \omega - k_m t + M_e)}{\alpha i \frac{\lambda}{k_m - 2(k_m \omega - k_m t + M_e)}} \right)^2 + \left(\frac{k_m - \frac{\alpha M_e}{\alpha t}}{k_m - \frac{2(k_m \omega - k_m t + M_e)}{\omega}} \right)^2} \quad (5)$$

Теоретичните изследвания с помощта на представения математичен модел се извършват в следния ред:

- Решава се (2) относно ъгловата скорост ω на колянвия вал на двигателя за всяка задавана стойност на предавателното отношение i в хидродинамичния преобразувател и за всяка стойност на товарния режим t , като се използват изведените аналитични зависимости (3)...(8).
- Функцията ω , която анулира (2), се замества в уравнението на съвместна работа, което от физична гледна точка има вида

$$M_{II} = \left[M_e(t, \omega) - \sum_{j=1}^n M_{o,j} \right] i_{cn} \eta_{cn} = \frac{\lambda(i) \rho \omega^2 D_a^5}{i_{cn}^2}$$

и което се решава спрямо параметъра $\alpha = \frac{D_a^5}{i_{cn}^3 \eta_{cn}}$. За получената стойност на α , функционалът (1) има максимум.

- При така намерения параметър α се изчислява предавателното отношение на съгласуващата предавка между двигателя и хидродинамичния преобразувател

по зависимостта $i_{cn} = \sqrt[3]{\frac{D_a^5}{\alpha \eta_{cn}}}$ или активният диаметър на циркулационния кръг

на хидродинамичния преобразувател по зависимостта $D_a = \sqrt[3]{\alpha i_{cn}^3 \eta_{cn}}$ на оптималния (по съответен критерий) ХДП за съвместна работа с конкретния ДВГ.

При сравняване на резултатите, получени теоретично с използване на описания по-горе математичен модел, с резултатите, получени експериментално, следва да се има предвид, че в експерименталните изследвания трябва да бъдат проведени в съответствие с изискването хидродинамичният преобразувател да работи в автомоделната област, т.е числото на Рейнолдс, да е $Re \geq 10^6$. Освен това, математичният модел следва да се базира на експериментално получени характеристики на двигателя и преобразувателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Математичният модел за оптимизиране на съвместната работа в агрегат „двигател с вътрешно горене – хидродинамичен преобразувател на енергия“ („ДВГ-ХДП“) по условието за максимална изходна мощност в най-широк кинематичен диапазон е априориран в дисертационната работа на един от авторите. Резултатите от използването му за провеждането на теоретични изследвания дават основание да се направи извода, че той е подходящ за извършването на такива изследвания, като осигурява много добра сходимост с резултатите от експериментални изследвания, при спазване на приведените по-горе условия.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Козарев Г., С. Нейков. Характеристики по мощността и момента на съвместната работа между дизелов двигател с вътрешно горене и хидродинамичен преобразувател на енергия при работа на двигателя и на частични товарни режими, Journal of the Technical University Sofia, branch Plovdiv “Fundamental Sciences and Applications”, Vol. 16, 2011.

[2] Нейков С., Г. Козарев. Кинематични характеристики на съвместната работа между дизелов двигател с вътрешно горене и хидродинамичен преобразувател на енергия при работа на двигателя и на частични товарни режими, Научни трудове на Русенския университет – 2010, том 49, серия 4, стр. 77...81, Русе, 2010.

[3] Нейков С., Г. Козарев., П. Терзиев. Основи на оптимизирането на съвместната работа в агрегат „двигател с вътрешно горене - хидродинамичен преобразувател на енергия“ (ДВГ - ХДП) по условието за максимална изходна мощност в най-широк кинематичен диапазон. НТК „Еко Варна 2011“ (под печат).

За контакти:

Доц. д-р Светозар Ангелов Нейков, Катедра “Транспортна и авиационна техника и технологии”, Технически университет – София, Филиал - Пловдив, тел.: 032-659 514, e-mail: saney@mail.bg

Гл. ас. д-р Георги Йорданов Козарев, Катедра “Транспортна и авиационна техника и технологии”, Технически университет – София, Филиал - Пловдив, тел.: 032-659 514, e-mail: extremala@abv.bg

Гл. ас. Пейчо Грудев Терзиев, Катедра “Математика, физика, химия”, Технически университет – София, Филиал - Пловдив, тел.: 032-659 514, e-mail: peuchoterziev@abv.bg

Редовен докторант маг. инж. Диана Димова Иванова, Катедра “Транспортна и авиационна техника и технологии”, Технически университет – София, Филиал Пловдив, e-mail: dd.ivanova@abv.bg

Докладът е рецензиран.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2011г.