

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2019

ЕФЕКТИВНОСТ НА ПАРНА ТУРБИНА K-225-130 ПРИ ИЗКЛЮЧВАНЕ НА РЕГЕНЕРАТИВНИ ПОДГРЕВАТЕЛИ

Александър Григоров

STEAM TURBINE K-225-130 EFFICIENCY IN FEEDWATER HEATERS OUT OF SERVICE CONDITION

Alexander Grigоров

Abstract: The purpose of this study is to evaluate the efficiency of steam turbine K-225-130 in cases of feedwater heaters out of service. The efficiency evaluation is done in six different variants of feedwater heaters out of service. It is analysed the impact of not working feedwater heaters on generated power, steam turbine efficiency and regeneration coefficient.

Въведение

Регенеративното подгриване на захранващата вода в регенеративни подгреватели е един от начините за повишаване на КПД на термодинамичния цикъл на Ренкин. Оптималният ефект на повишаване на КПД се постига обикновено с 6-7 броя подгреватели, които се разделят от деаератора на подгреватели ниско налягане и подгреватели високо налягане [4].

В процеса на експлоатация на парната турбина е възможно изключване на един или повече подгреватели. Изключването може да бъде планирано или непланирано. Планираното изключване се прилага при енергийни блокове, които са проектирани да поемат пиков товар. В този случай се изключват подгреватели високо налягане. Допълнително, но задължително условие за такова изключване е котелът да е проектиран да работи с по-ниска температура на захранващата вода. Непланирано е изключване на подгреватели (ниско или високо налягане) поради дефектиране, дължащо се най-често на пробив на топлообменни тръби.

При изключване на подгревател същият се байпасира по вода и изолира по пара. Поради това се нарушава топлинния баланс на подг-

ревателите останали в работа и намиращи се след изключения по посока на потока захранваща вода [5]. Променените разходи на пара към работещите подгреватели оказват влияние върху съществени параметри на паротурбинната инсталация и блока като генерирана мощност и икономичност [3].

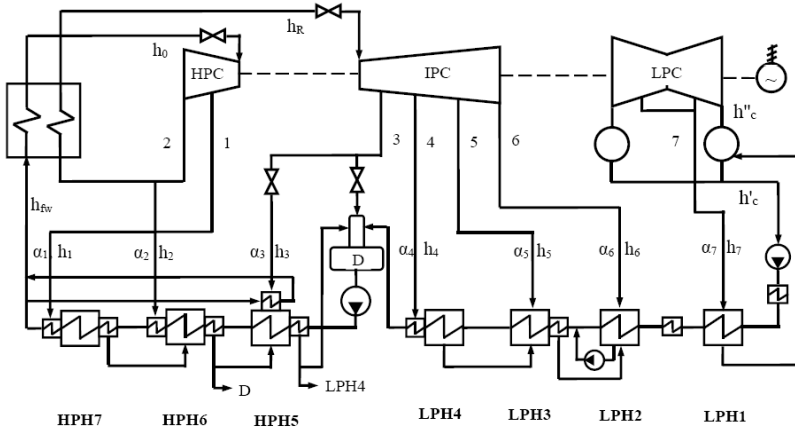
Целта на изследването е да се оценят тези параметри при различни комбинации на изключени подгреватели на паротурбинна инсталация с турбина К-225-130.

1. Принципна топлинна схема. Работа с изключване на регенеративни подгреватели.

Принципната топлинна схема на паротурбинната инсталация на турбина К-225-130 е показана на фиг. 1. Регенеративната система има структура 4*LPН+D+3*НРН. Основният кондензат се подгрива в четири подгревателя ниско налягане (LPН1, 2, 3 и 4) и в два охладителя - на пара от ежекторите и пара от уплътнения. Деаераторът (D) работи на постоянно налягане 0,69 МПа, независимо от товара на турбината. Захранващата вода се подгрива в три подгревателя високо налягане (НРН5, 6 и 7).

Структурата на регенеративната система позволява следните шест варианта на работа с изключване на подгреватели:

- вариант "-LPН1" - изключен подгревател ниско налягане LPН1, респ. $\alpha_7=0$;
- вариант "-LPН2" - изключен подгревател ниско налягане LPН2, респ. $\alpha_6=0$;
- вариант "-LPН3" - изключен подгревател ниско налягане LPН3, респ. $\alpha_5=0$;
- вариант "-LPН4" - изключен подгревател ниско налягане LPН4, респ. $\alpha_4=0$;
- вариант "-НРН5" - изключен подгревател високо налягане НРН5, респ. $\alpha_3=0$;
- вариант "-НРН5,6,7" - изключени и трите подгреватели високо налягане, респ. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$.



Фиг. 1 Принцилна топлинна схема на K-225-130

2. Показатели за енергийна ефективност

С цел пресмятане на кпд на паротурбинната инсталация в случай на изключен подгревател, същият се изчислява по израза:

$$\eta_p = \frac{h_0 - h_2 - \alpha_1(h_1 - h_2) + (1 - \alpha_1 - \alpha_2)[h_R - h'_c - \sum_{i=3}^7 \alpha_i(h_i - h'_c)]}{h_0 - h_{fw} + (1 - \alpha_1 - \alpha_2)(h_R - h_2)} \quad [-] \quad (1)$$

в който α_i , $i=1, 2, \dots, 7$ е относителния разход на пара от пароотбор "i" към регенеративен подгревател;

h_i , $i=1, 2, \dots, 7$ е енталпия на пара от пароотбор "i";

h_0 и h_2 са енталпии на пара съответно пред и след ЧВН (HPC);

h_R е енталпията на пара пред ЧСН (IPC);

h'_c е енталпия на пара в кондензатора на турбината;

h_{fw} е енталпията на захранваща вода.

Оценката на ефективността на регенеративната система се извършва по коефициента на регенерация K_p :

$$K_p = \frac{\eta_p}{\eta_0} \quad [-] \quad (2)$$

в който: η_0 е кпд на паротурбинната инсталация без регенеративно подгриване.

К.п.д. без регенеративно подгриване η_0 се пресмята по израза:

$$\eta_0 = \frac{h_0 - h_2 + h_R - h_c''}{h_0 - h_c' + h_R - h_2} \quad [-] \quad (3)$$

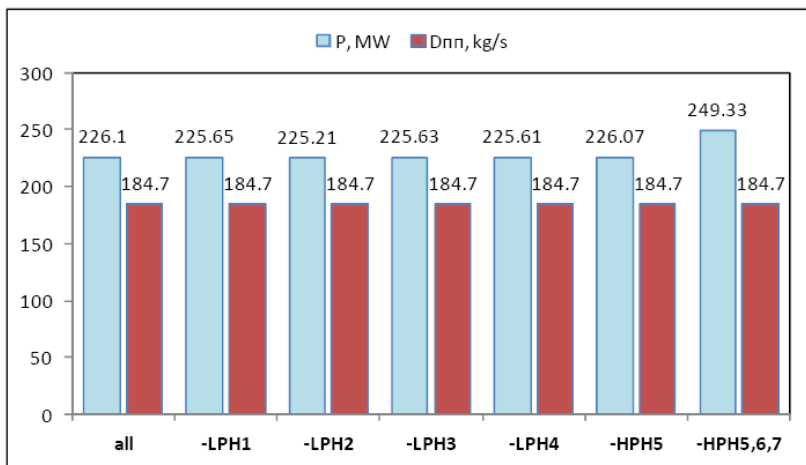
където h_c' е енталпия на основен кондензат след кондензаторите на турбината.

Всички енталпии в изрази (1) и (3) са за 1 kg работно тяло, kJ/kg.

3. Резултати

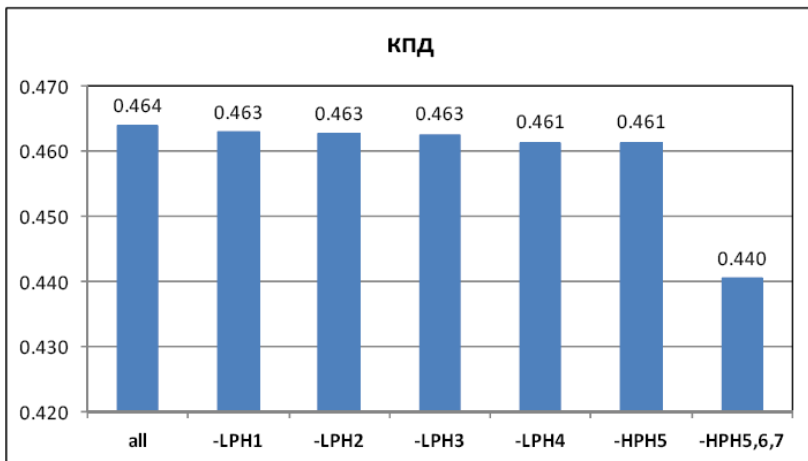
За да бъде коректно сравнението между показателите на паротурбинната инсталация в различните варианти на изключени подгреватели, изчисленията са направени при един и същи разход на пара на входа на ЧВН, при който турбината генерира номиналната си мощност с напълно работеща регенеративна система. Този разход е 184,7 kg/s (665 t/h).

Електрическата мощност (P) при напълно работеща регенеративна система и шестте варианта на изключване на подгреватели е показана на фиг. 2.



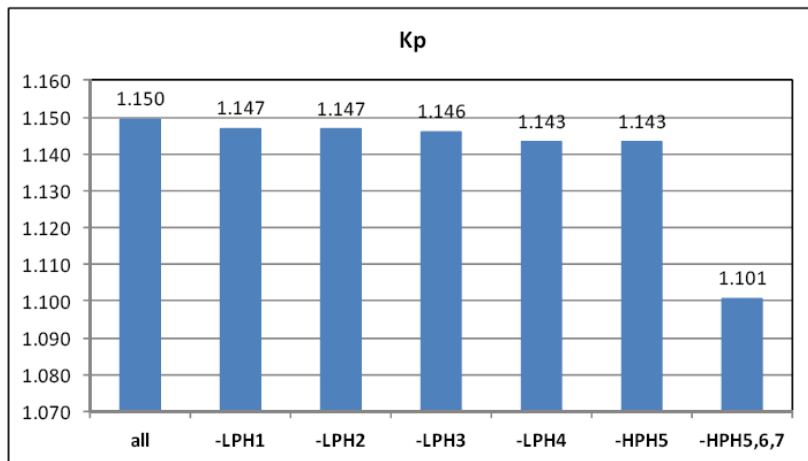
Фиг. 2 Електрическа мощност (P, MW) и разход на свежа пара (Dnp, kg/s)

На фиг. 3 е показан кпд на инсталацията при напълно включена регенеративна система и във вариантите на изключване на подгреватели, изчислен по израз (1).



Фиг. 3 Енергийна ефективност (кпд) на паротурбинната инсталация

Резултатите за коефициента на регенерация, изчислен по израз (2) за разглежданите варианти на пълно и частично работеща регенеративна система са показани на фиг. 4.



Фиг. 4 Коефициент на регенерация

Заклучение

Изключването на един регенеративен подгревател води до: 1) уве-

личаване на разхода на пара през турбината след паротбора на изключения подгревател; 2) увеличаване на разхода към подгревателя, захранван от предходния паротбор. В резултат от първия разход се изработва допълнителна мощност, а от втория е налице неизработена мощност.

При изключване на един регенеративен подгревател ниско налягане LPH1, LPH2, LPH3 или LPH4 неизработената мощност е по-голяма от допълнително изработената мощност, поради което електрическата мощност на блока е с 0,5 MW по-малка в сравнение с мощността на блока с напълно включена регенеративна система (фиг. 2). При изключване на подгревател високо налягане HPH5 неизработената и допълнително изработена мощности са съизмерими и мощността на блока е същата, както с напълно включена регенеративна система. Както е известно изключването на цялата група подгреватели високо налягане води до значително нарастване на мощността на паротурбинната инсталация (с 23 MW). В този случай съществен е въпросът за възможностите на котела да произведе необходимия разход на пара (температурата на захранваща вода е твърде ниска 167 °C, вместо 247 °C), респ. енергийният блок да генерира тази мощност [1, 2].

С изключване само на един подгревател, започвайки от LPH1 до HPH5, коефициентът на полезно действие незначително намалява (фиг. 3), тъй като намалява коефициента на регенерация (фиг. 4). Изключването на цялата група подгреватели високо налягане влошава ефективността на инсталацията - КПД се понижава с 2,5 %.

Литература:

[1] Байкалов Н., Б. Бонев, Особенности на пусковите процедури и диаграми за енергийни блокове с котли ПК 38-4 и ЕП 670/140, XXI НК "ЕМФ'2016, Созопол, стр. 33-44, 2016.

[2] Байкалов Н., Б. Бонев, Анализ на пусковите режими на котлите в ТЕЦ "Марица Изток 2 ЕАД", Енергиен форум'2016, Варна, стр. 108-125, 2016.

[3] Христов К., Ив. Геновски, „Оценка на икономията на гориво при паротурбинни инсталации за комбинирано производство на основата на симулационно моделиране“, XVIII НК с международно участие ЕМФ 2013, Созопол 2013.

[4] Cotton K.C., Evaluating and Improving Stem Turbine performance,

Cotton Fact Inc., 1998.

[5] Dziuba L.L., R.J. Stakenborghs, Thermal cycle evaluation for feedwater heater out of service condition, Proceedings of ICONE16, May 11-15, 2008, Orlando, USA.

Автор:

доц. д-р инж. Александър Данчев Григоров, Технически Университет – София, катедра "Топлоенергетика и ядрена енергетика", тел.: 02/965 2253, e-mail: grigorov@tu-sofia.bg.