

В.И. Щербич, канд. техн. наук, Л.А.Баубель

О РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ  
ТУРБОАГРЕГАТОВ В АСУТП

В системах автоматизированного анализа тепловой экономичности турбоагрегатов определяются показатели изменения экономичности (поправки к расходу тепла, изменения электрической мощности), характеризующие перерасход первичной энергии вследствие отклонения от нормы анализируемых факторов.

Значительная часть показателей изменения экономичности рассчитывается по факторам, характеризующим изменения в системе регенерации турбоагрегата. При их расчете широко применяются методы, при которых в тепловой схеме выделяются звенья, испытывающие влияние первичного изменения. В этом случае не требуется пересчитывать всю тепловую схему, а достаточно рассчитать только вторичные изменения. Одним из таких методов является известный метод коэффициентов ценности тепла отбора  $\xi_j$  [1].

При решении практических задач, как правило, используются значения  $\xi_j$  как функции электрической мощности турбоагрегата, полученные при расчетных начальных параметрах пара, к.п.д. проточной части и давления пара в конденсаторе.

В практике эксплуатации указанные параметры, особенно давление пара в конденсаторе, существенно изменяются. Требуется исследовать зависимость коэффициентов ценности тепла отборов от изменений названных параметров и установить необходимость их учета при определении поправок к расходу тепла по регенеративным изменениям тепловой схемы. В данной работе изложены результаты такого исследования.

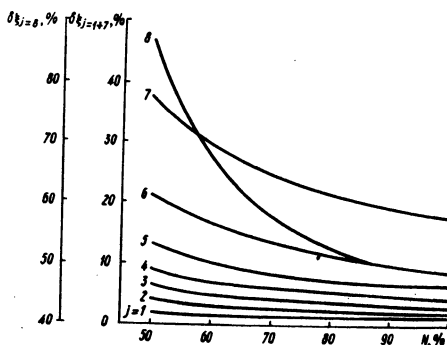
При отклонении параметров пара от расчетных значений коэффициенты ценности тепла отборов изменяются, что объясняется изменением значений энтальпий пара в начальных, конечных точках процесса расширения и в точках отбора пара на регенеративный подогрев. Для определения изменений коэффициентов  $\xi_j$  приняты следующие отклонения параметров пара и к.п.д. проточной части от расчетных значений: температуры свежего пара и пара после промперегрева  $\Delta t_o = \Delta t_{пп} = 10^\circ \text{C}$ ; к.п.д. проточной части ЧВД, ЧСД и ЧНД  $\Delta \eta_o = \Delta \eta_c = \Delta \eta_n = 2\%$ ; давления свежего пара  $\Delta P_o = 0,98 \text{ МПа}$ ; потери давления в тракте промперегрева  $\Delta \delta P_{пп} = 10\%$ ; давления пара в конденсаторе  $\Delta P_k = 4,9 \text{ КПа}$ .

Изменения энтальпий пара определялись при отклонении от расчетного значения каждого из указанных параметров в отдельности. Соответствующие этим отклонениям параметров изменения коэффициентов ценности тепла  $\delta \xi_{ji}$  определялись с использованием формул, приведенных в работе [2], по соотношению

$$\delta \xi_{ji} = \frac{\xi_{jp} - \xi_{ji}}{\xi_{jp}} 100\%,$$

где  $\xi_{jp}$ ,  $\xi_{ji}$  - коэффициенты ценности тепла  $j$ -го отбора соответственно при расчетных значениях параметров и при отклонении от расчетного значения  $i$ -го параметра.

Рис. 1. Изменение коэффициентов ценности тепла турбоагрегата К-300-240 при изменении давления пара в конденсаторе на 4,9 кПа.



Расчеты, произведенные для турбоагрегата К-300-240 ЛМЗ показали, что наибольшие изменения коэффициенты  $\xi_j$  претерпевают при отклонении от расчетного значения давления пара в конденсаторе, причем со снижением нагрузки турбины влияние отклонений увеличивается (рис. 1).

Изменения коэффициентов  $\xi_j$  при отклонении от расчетных значений каждого из остальных рассматриваемых параметров значительно меньше и составляет не более 1,5%.

Для определения необходимости учета рассматриваемых отклонений параметров пара от расчетных значений произведена оценка погрешности поправок к расходу тепла по регенеративным изменениям тепловой схемы (техническое состояние регенеративных подогревателей, их отключение, направление слива дренажей и пр.)

$$\delta \Delta Q_1 = \frac{\sigma \Delta Q_L}{\Delta Q_1} \cdot 100\%,$$

где  $\sigma \Delta Q_1$  - абсолютная погрешность 1-й поправки, возникающая при неучете отклонений от расчетных значений рассматри-

ваемых параметров;  $\Delta Q_1$  - абсолютное значение 1-ой поправки.

Погрешности поправок  $\sigma \Delta Q_1$  определены по формулам расчета среднеквадратических погрешностей сложных функций

$$\sigma \Delta Q_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (K_{ji} \xi_j \delta \xi_{ji})^2},$$

где  $K_{ji} = \left| \frac{\partial \Delta Q_1}{\partial \xi_{ji}} \right|$  - коэффициенты влияния.

Как видно из табл. 1, погрешности  $\delta \Delta Q_1$  обуславливаются влиянием давления  $P_k$ .

Погрешности  $\delta \Delta Q_1^k$  относятся к классу методических погрешностей, которые целесообразно снижать до величины, со-

Таблица 1. Погрешности поправок  $\delta \Delta Q_1$  к расходу тепла на турбоагрегат К-300-240 при неучете отклонений параметров  $t_o, t_{пп}, P_o, \delta P_{пп}, \eta_v, \eta_c, \eta_n, P_k$  от расчетных значений, %

Фактор, по изменению которого рассчитывается поправка	При отклонении всех параметров	При отклонении только $P_k$	
	N=100%	N=100%	N = 50%

Температура конденсата и питательной воды после

ПНД-2	17,5	16,9	29,4
ПНД-4	8,4	8,2	15,2
ПВД-6	8,2	8,0	15,0
ПВД-7	6,8	6,5	14,4

Переохлаждение конденсата в конденсаторе

49,3	49,0	87,6
------	------	------

Отключение:

ПНД-2	16,1	15,3	28,6
ПНД-4	8,4	8,2	15,0
группы ПВД	8,9	8,5	14,4

Отключение сливного насоса

ПНД №2 (дренаж направляется в конденсатор)

23,1	22,8	42,1
------	------	------

ставляющей 10 – 20% от инструментальных погрешностей информационно-вычислительных схем (ИВС), вызываемых главным образом погрешностью каналов измерения.

Относительные инструментальные погрешности поправок по факторам, которые показаны в табл. 1 равны (при фактической точности каналов измерения ИВС): при недогревах на  $10^{\circ}\text{C}$  воды в регенеративных подогревателях – 20 – 25%, при отключении регенеративных подогревателей –  $2 \div 5\%$ ; при отключении сливных насосов – 5 – 7%. Как видно из табл. 1, методические погрешности выше инструментальных.

Резюме. При определении поправок к расходу тепла по регенеративным изменениям тепловой схемы в первую очередь необходимо учитывать фактическое давление пара в конденсаторе.

### Л и т е р а т у р а

1. Рубинштейн Я.М., Щепетильников М.И. Расчет влияния изменений в тепловой схеме на экономичность электростанций. М., 1969.

УДК 621.039.554

В.С. Северянин, канд. техн. наук

### ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИКИ КАМЕР ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

Камеры пульсирующего горения (КПГ) – новый тип топочного аппарата, в котором резко интенсифицированы процессы горения и теплообмена. Явление самовсаса – следствие автоколебательного режима работы КПГ. В этом случае КПГ полностью снабжает себя воздухом для горения. Кроме того, КПГ без наддувных машин способна преодолеть определенное аэродинамическое сопротивление устройств в газовом тракте.

Схема КПГ гармонического типа показана на рис. 1, а. Приведем некоторые параметры работы КПГ: расход топлива через форсунку – 2 от 20 до 2000 кг/ч, частота пульсаций 30 – 150 Гц, амплитуда колебаний давления – до 0,1 бар, температура газов в выхлопном газоходе 6 после охлаждения 300–400 К в самой КПГ температура составляет 1800 – 2200 К.

В создании аэродинамической обстановки в КПГ огромную роль играет конструктивное оформление газозадушного тракта КПГ, и в первую очередь воздушных клапанов. Клапаны КПГ можно