

ТЕПЛОВАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ПРИВОДА ПИТАТЕЛЬНЫХ
НАСОСОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В. А. БРАГИН

(Представлено Заслуженным деятелем науки и техники проф. И. Н. Бутаковым).

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу сравнения экономичности электро- и турбопривода питательных насосов тепловых электростанций. Интерес этот не случаен, так как переход станций на высокие и сверхвысокие параметры пара ставит питательные насосы в такие условия работы, которые в целом ряде случаев благоприятствуют применению турбопривода. Эти условия работы подробно описаны в литературе.

При сравнении тепловой экономичности электрического привода с турбинным считают, что последний будет более выгодным, если соблюдается следующее соотношение [1]:

$$\eta_{oi}^{np} \cdot \eta_m^{np} \gg a \cdot \eta_{oi}' \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{эл} \cdot \eta_{зд} \cdot \eta_p, \quad (1)$$

где η_{oi}^{np} и η_m^{np} — внутренний относительный и механический к. п. д. приводной турбины;

η_{oi}' — внутренний относительный к. п. д. той части главной турбины, которая по пару замещается турбоприводом;

η_m и η_g — к. п. д. соответственно механический турбины и генератора;

$\eta_{эл}$, $\eta_{зд}$ и η_p — к. п. д. соответственно электропередачи (включая трансформатор), электродвигателя и ускоряющего редуктора;

a — отношение между мощностями насоса при турбо- и электроприводе ($a < 1,0$), обусловленное дросселированием при регулировании питания.

Указанное соотношение и подобные ему [2, 3] выводятся из баланса энергии, необходимой для вращения питательных насосов электро- и турбоприводом. При этом предполагается неизменность расхода пара от котлов и внутреннего относительного к. п. д. главной турбины.

Такое сравнение тепловой экономичности указанных типов привода является приближенным и во многих случаях может приводить

к неверным результатам. Действительно, учет при сравнении только разницы в к. п. д. приводной турбины и соответствующей части главной турбины ведет к тому, что из рассмотрения выпадают, во-первых, возможность утилизации отработавшего пара турбопривода, во-вторых, если эта возможность реализуется в схеме регенеративного подогрева питательной воды главной турбины, то ухудшение экономичности последней.

Все отмеченные недостатки можно избежать, если при сравнении экономичности электро- и турбопривода рассматривать тепловой баланс системы: главная турбина—привод питательного насоса.

Если обозначить через N —мощность турбогенератора, необходимую для удовлетворения всех потребителей, за исключением питательного насоса, *квт*; $N_{эп}$ и $N_{пн}$ — соответственно мощность на валу насоса при электро- и турбоприводе, *квт*; $\eta_{тк}^э$ и $\eta_{тк}^н$ — к. п. д. выработки энергии турбогенератором при электро- и турбоприводе; $\eta_{тпр}^э$ и $\eta_{тпр}^н$ — к. п. д. соответственно электро- и турбопривода, то расход тепла в случае электропривода питательного насоса будет равен

$$Q_э = \frac{860 N}{\eta_{тк}^э} + \frac{860 N_{эп}}{\eta_{тпр}^э}, \quad (2)$$

а при турбоприводе с утилизацией выхлопного пара в схеме регенерации главной турбины:

$$Q_n = \frac{860 N}{\eta_{тк}^н} + \frac{860 N_{пн}}{\eta_{тпр}^н}. \quad (3)$$

Здесь

$$\eta_{тпр}^э = \eta_{тк}^э \cdot \eta_{эп} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_p \quad \text{и} \quad \eta_{тпр}^н = \eta_{ку} \cdot \eta_n \cdot \eta_{oi}^{нр} \cdot \eta_m^{нр},$$

где $\eta_{ку}$ и η_n — к. п. д. котельной установки и потока тепла.

Тогда знак разницы $\Delta Q = Q_n - Q_э$ покажет, какой тип привода в данных конкретных условиях является более экономичным в тепловом отношении. Вычтем из правой и левой частей уравнения (3) соответствующие части уравнения (2) и после простых преобразований получим

$$\Delta q = \frac{1}{\eta_{тк}^э} \cdot \left[\varepsilon_t - n_э \cdot \frac{\eta_{oi}^{нр} \cdot \eta_m^{нр} - a \cdot \eta_{тк}^э \cdot \eta_{эп} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_p}{\eta_{oi}^{нр} \cdot \eta_m^{нр} \cdot \eta_{эп} \cdot \eta_{эд} \cdot \eta_p} \right]. \quad (4)$$

Здесь Δq — экономия или перерасход тепла на каждую *ккал*, отпущенную в виде электроэнергии потребителям при использовании того или иного типа привода;

$\varepsilon_t = \frac{\eta_{тк}^э - \eta_{тк}^н}{\eta_{тк}^н}$ — относительное ухудшение термического к. п. д. главной турбины при введении отработавшего пара турбопривода в схему регенерации;

$\eta_{тк}^э$ — абсолютный электрический к. п. д. турбогенератора при электроприводе;

$$n_э = \frac{N_{эп}}{N};$$

η_t^e и η_t^n — термический к. п. д. главной турбины при электро- и турбоприводе.

При выводе выражения (4) не учтено ухудшение экономичности главной турбины из-за увеличения конечных потерь, как незначительное.

Из уравнения (4) видно, что турбопривод будет более выгодным, если только

$$n_э \cdot \frac{\eta_{oi}^{np} \cdot \eta_m^{np} - a \cdot \eta_э^э \cdot \eta_{эп} \cdot \eta_{эо} \cdot \eta_p}{\eta_{oi}^{np} \cdot \eta_m^{np} \cdot \eta_{эп} \cdot \eta_{эо} \cdot \eta_p} > \varepsilon_t, \quad (5)$$

Подобное соотношение легко получить и для случая питания турбопривода паром из отбора главной турбины.

Из неравенства (5) видно, что выгодность турбопривода по сравнению с электроприводом будет возрастать: а) по мере увеличения $\eta_{oi}^{np} \cdot \eta_m^{np}$, что вызывает рост левой части неравенства, так как числитель дроби растет быстрее знаменателя, и уменьшение правой части вследствие меньшего понижения термического к. п. д. установки; б) с ухудшением всех к. п. д., относящихся к турбогенератору и электроприводу; в) с ростом мощности привода; г) с выбором наиболее рациональной схемы включения турбопривода в схему главной машины, так как при этом будет сглаживаться разница между $\eta_t^э$ и η_t^n , что соответственно уменьшит величину ε_t .

Равенство (4) показывает, что при проектировании турбопривода недостаточно получить удовлетворения неравенства (1), а необходимо еще учесть влияние турбопривода на экономичность главной турбины.

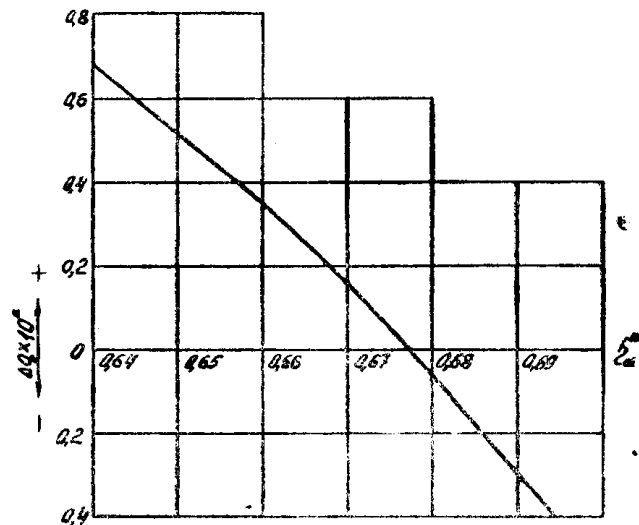


Рис. 1.

Поэтому знак равенства в выражении (1) не соответствует равноэкономичности рассматриваемых типов привода. Для этого согласно (5) необходимо иметь более высокое значение η_{oi}^{np} внутреннего относительного к. п. д. приводной турбины. На рис. 1 для частного случая турбогенератора ЕК-50 произведено сравнение электропривода с турбоприводом (типа ОВПТ-270) при разных значениях η_{oi}^{np} , причем выхлопной пар поступает в регенеративный подогреватель № 2 ($p \approx 1,6 \text{ атa}$). Согласно с выражением (1) для этих условий турбо-

привод будет более экономичным, если $\gamma_{oi}^{np} \geq 0,64$. Согласно же равенства (4) для этого необходимо иметь $\gamma_{oi}^{np} \geq 0,677$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крушель Г. Е. Турбинный привод питательных насосов блочных электростанций. „Теплоэнергетика“, № 3, 1958.
2. Крушель Г. Е. О приводе питательных насосов электростанций. „Теплоэнергетика“, № 11, 1954.
3. Лукницкий В. В. Тепловые электрические станции промышленных предприятий. ГЭИ, 1953.