

- разработанная методика позволяет уменьшить норму расхода топлива автомобиля-такси в зимний период года относительно нормы полученной по руководящему документу (на 4...8 %);
- применение ОЦ двигателя на холостом ходу снижает норму расхода топлива автомобиля-такси на 11...13 %, причем с понижением температуры воздуха эффект увеличивается.

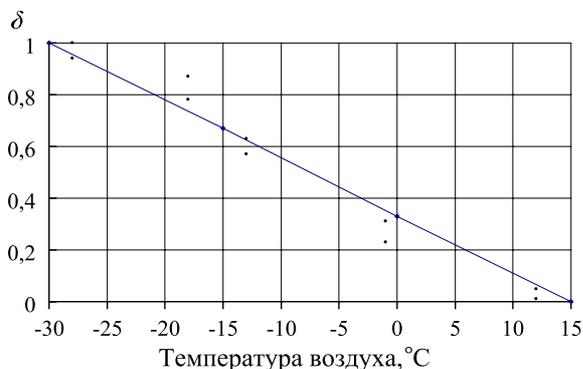


Рис. 4. Доля времени стоянок автомобиля-такси с работающим двигателем от температуры окружающей среды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 320 с.
2. Пат. 2227838 РФ. МПК⁷ F02D 17/04. Способ управления двигателем внутреннего сгорания с отключаемыми цилиндрами / А.А. Мартынов, Ю.В. Краснобаев, В.А. Зеер. КГТУ. Заявлено 19.06.2002; Опубл. 27.04.2004, Бюл. № 12. – 6 с.: ил.
3. ГОСТ 20306–90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 32 с.

УДК 621.311

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВЫХ ТУРБИН НА ТЭС ДЛЯ ПРИВОДА СОБСТВЕННЫХ НУЖД

Н.Н. Галашов

Томский политехнический университет
E-mail: gal@tpu.ru

Показаны условия эффективности замены электропривода механизмов собственных нужд ТЭС газовыми турбинами. Определено влияние на экономический эффект тепловых и стоимостных показателей газовых турбин и стоимости электроэнергии и топлива. Приведены уравнения, позволяющие при проектировании ТЭС определить экономическую целесообразность замены электропривода ряда механизмов собственных нужд газовыми турбинами.

Большинство механизмов собственных нужд ТЭС и АЭС в качестве привода имеют асинхронные электродвигатели. Основным недостатком такого электропривода является постоянное число оборотов, что затрудняет регулирование производительности механизмов и приводит к перерасходу мощности на собственные нужды электростанции в переменных режимах.

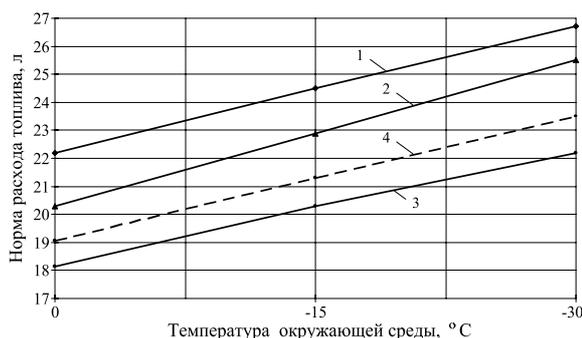


Рис. 5. Зависимость нормативного расхода топлива автомобиля ГАЗ-3110 от температуры воздуха и алгоритма ОЦ двигателя: 1) по руководящему документу без ОЦ; 2) по предлагаемой методике без ОЦ; 3) с ОЦ по алгоритму «1 через 1»; 4) с ОЦ по алгоритму «1 через 2»

Применение предлагаемой методики нормирования расхода топлива и метода ОЦ двигателя на холостом ходу позволило таксомоторному предприятию ООО «Авангард» сберечь более 3,5 тыс. р на 1 автомобиль за декабрь 2007 г.

4. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Руководящий документ Р 3112194-0366-03. – М.: Минтранс России, 2004. – 80 с.
5. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.

Поступила 19.02.2008 г.

проще в обслуживании и при пуске. Кроме того достоинством газовой турбины является то, что выходящие из нее высокотемпературные газы можно использовать в паротурбинном цикле для повышения его эффективности или для увеличения отпуска теплоты внешним потребителям.

Рассмотрим эффективность перевода собственных нужд паротурбинной установки с электропривода на привод газовыми турбинами.

Замена электропривода газовой турбиной позволяет: увеличить отпуск электроэнергии в энергосистеме, равный затратам электроэнергии на собственные нужды паротурбинной установки; уменьшить капитальные затраты на электропривод и снизить затраты топлива в паротурбинном цикле за счет использования тепла от газовой турбины. Но при этом необходимо сжигать более дорогое топливо для работы газовой турбины и произвести капитальные затраты в газотурбинную установку (ГТУ). Эффективная мощность ГТУ меньше потребляемой мощности электропривода на величину потерь энергии в нем.

Таким образом, выигрыш от замены электропривода газовой турбиной будет в том случае, если выигрыш от продажи дополнительной электроэнергии и снижения затрат на электропривод будет выше дополнительных затрат на топливо в газотурбинном и паротурбинном цикле и капитальных затрат на ГТУ.

Годовую выручку от продажи дополнительной электроэнергии можно определить как

$$R_9 = N_{\text{сн}} h_{200} \Pi_3, \quad (1)$$

где $N_{\text{сн}}$ – мощность собственных нужд, кВт; h_{200} – годовое число часов использования этой мощности, час; Π_3 – цена электроэнергии, р/(кВт·ч).

Годовые капитальные затраты на электропривод определим как

$$K_{\text{эп}} = k_{\text{эп}} N_{\text{сн}} E_n, \quad (2)$$

где $k_{\text{эп}}$ – удельные капитальные затраты на электропривод, р/кВт; E_n – норма банковского кредита, 1/лет.

Годовые капитальные затраты в ГТУ определим как

$$K_{\text{ГТУ}} = k_{\text{ГТУ}} N_{\text{сн}} \eta_{\text{эп}} E_n, \quad (3)$$

где $k_{\text{ГТУ}}$ – удельные капитальные затраты на ГТУ, р/кВт; $\eta_{\text{эп}}$ – КПД электропривода.

Годовые затраты на топливо для ГТУ определим по формуле

$$B_{\text{ГТУ}} = b_{\text{ГТУ}} N_{\text{сн}} \eta_{\text{эп}} h_{200} \Pi_{\text{м.ПТУ}}, \quad (4)$$

где $b_{\text{ГТУ}}$ – удельный расход условного топлива на ГТУ, кг/(кВт·ч); $\Pi_{\text{м.ПТУ}}$ – цена условного топлива для ГТУ, р/кг.

Снижение затрат на топливо на паротурбинной установке определим по формуле

$$\Delta B_{\text{ПТУ}} = 3600 Q_{\text{пер}} h_{200} \Pi_{\text{м.ПТУ}} / Q_{\text{усл}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{пер}}$ – теплота, переданная от газотурбинной установки к паротурбинной, кВт; $Q_{\text{усл}} = 29300$ кДж/кг

– теплотворная способность условного топлива; $\Pi_{\text{м.ПТУ}}$ – цена условного топлива для ПТУ, р/кг.

Условие эффективности запишется в виде

$$R_9 + K_{\text{эп}} + \Delta B_{\text{ПТУ}} > B_{\text{ГТУ}} + K_{\text{ГТУ}},$$

или с учетом (1)–(5) в виде

$$N_{\text{сн}} h_{200} \Pi_3 + k_{\text{эп}} N_{\text{сн}} E_n + 3600 Q_{\text{пер}} h_{200} \Pi_{\text{м.ПТУ}} / Q_{\text{усл}} > b_{\text{ГТУ}} N_{\text{сн}} \eta_{\text{эп}} h_{200} \Pi_{\text{м.ПТУ}} + k_{\text{ГТУ}} N_{\text{сн}} \eta_{\text{эп}} E_n. \quad (6)$$

Из (6) определим теплоту, переданную от газотурбинной установки к паротурбинной, при которой получим положительный экономический эффект

$$Q_{\text{пер}} > [b_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} \Pi_{\text{м.ПТУ}} + (k_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} - k_{\text{эп}}) E_n / h_{200} - \Pi_3] \cdot N_{\text{сн}} Q_{\text{усл}} / (3600 \Pi_{\text{м.ПТУ}}). \quad (7)$$

Из (7) видно, что если выражение в квадратных скобках отрицательно, то без теплоты, переданной от газотурбинной установки к паротурбинной, имеем положительный эффект.

Таким образом, если

$$\Pi_3 > b_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} \Pi_{\text{м.ПТУ}} + (k_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} - k_{\text{эп}}) E_n / h_{200}, \quad (8)$$

то замена электропривода газотурбинной установкой эффективна без передачи теплоты от ГТУ к ПТУ.

Если условие (8) не выполняется, то по (7) по известной Π_3 необходимо найти $Q_{\text{пер}}$ и определить можно ли ее передать в данной схеме. В этом случае более целесообразно определять долю $Q_{\text{пер}}$ от тепла, подведенного в ГТУ $Q_{\text{ГТУ}}$. При этом отношение $N_{\text{сн}}$ к $Q_{\text{ГТУ}}$ можно выразить как произведение эффективного КПД ГТУ $\eta_{\text{ГТУ}}$ и КПД электропривода. В результате из (7) получим

$$Q_{\text{пер}} / Q_{\text{ГТУ}} > 8,14 [b_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} \Pi_{\text{м.ПТУ}} + (k_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} - k_{\text{эп}}) E_n / h_{200} - \Pi_3] \times \eta_{\text{ГТУ}} \eta_{\text{эп}} / \Pi_{\text{м.ПТУ}}. \quad (9)$$

Рассмотрим, что даст замена на ТЭС электропривода газовой турбиной при существующих показателях ГТУ и ценах на топливо и электроэнергию.

Удельный расход топлива на современных ГТУ составляет 0,35...0,4 кг/(кВт·ч), примем $b_{\text{ГТУ}} = 0,38$ кг/(кВт·ч). КПД современных ГТУ составляет 0,35...0,38, примем $\eta_{\text{ГТУ}} = 0,36$. КПД электропривода $\eta_{\text{эп}}$ примем 0,96. Удельные капитальные затраты в электростанцию с ГТУ составляют 325 дол/кВт [2] или в рублях $k_{\text{ГТУ}} = 8000$ р/кВт. Удельные капитальные затраты в электропривод примем $k_{\text{эп}} = 500$ р/кВт. В качестве топлива для ГТУ примем газ. Стоимость газа в настоящее время для г. Томска составляет 1800 р/т ут. Стоимость угля в условном исчислении для электростанций г. Томска составляет 1000 р/т ут. Примем норму банковского кредита $E_n = 0,15$ 1/лет и годовое число часов использования установленной мощности собственных нужд $h_{200} = 5000$ ч.

По формуле (8) определим, при какой цене электроэнергии выгодно заменить электропривод газовой турбиной. В результате подстановки данных получаем – больше 0,872 р/(кВт·ч).

При цене электроэнергии, например 0,8 р/(кВт·ч), по формуле (9) получаем, что для положительного экономического эффекта доля теплоты, переданной от газотурбинной установки к

паротурбинной, при сжигании угля должна быть больше 0,203, а при сжигании газа – больше 0,113 от теплоты, подведенной к газотурбинной установке, что вполне реально обеспечить.

Для удобного расчета и анализа на основе уравнения (8) построена номограмма (рисунок), где $\Delta k = k_{ГТУ} \eta_{эл} - k_{эл}$, тыс. р/кВт; $\eta_{эл} = 0,96$.

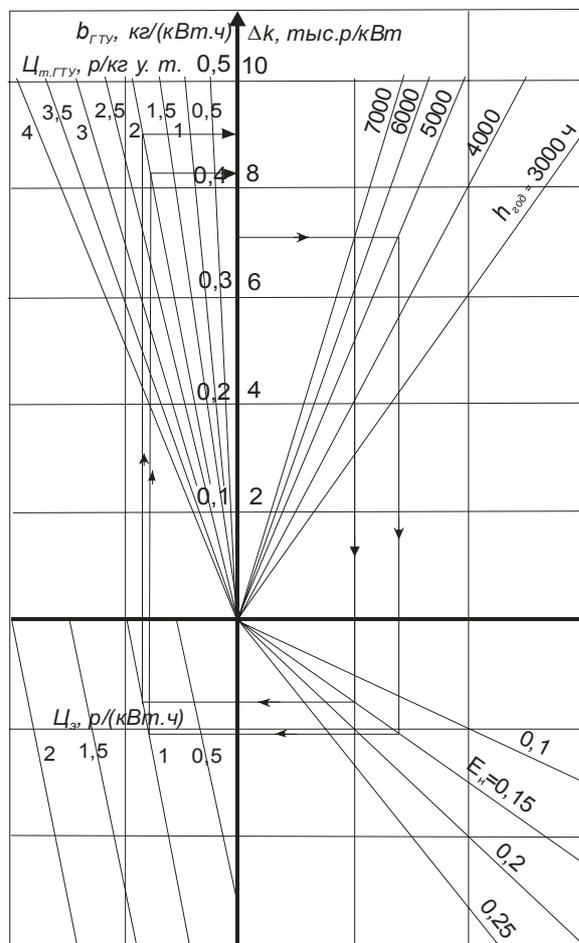


Рисунок. Номограмма по ур. (8)

Пример пользования номограммой показан линиями со стрелками. Имеем $\Delta k = 7000$ тыс. р; $E_n = 0,15$ 1/лет; $C_3 = 1$ р/(кВт·ч); $C_{м.ГТУ} = 2$ р/кг у. т. При $h_{год} = 7000$ ч получаем $b_{ГТУ} = 0,443$ кг/(кВт·ч); при

$h_{год} = 5000$ ч получаем $b_{ГТУ} = 0,411$ кг/(кВт·ч). Что говорит о том, что при $b_{ГТУ}$ меньше полученных, замена электропривода газовой турбиной даст экономию в энергосистеме без использования теплоты уходящих газов от газовой турбины.

Из номограммы видно, что экономический эффект увеличивается при уменьшении Δk , E_n , $b_{ГТУ}$, $C_{м.ГТУ}$ и увеличении $h_{год}$, C_3 .

При выборе конкретных механизмов собственных нужд электростанций, где возможна замена электропривода газовой турбиной, необходимо в первую очередь рассматривать механизмы большой мощности с большим числом часов использования в году. Это, в первую очередь, питательные, циркуляционные и сетевые насосы, воздухоподдувки, дымососы и дутьевые вентиляторы.

Особенно эффективно использовать для привода собственных нужд газовые турбины на ТЭС с ПГУ. В этом случае можно совместить часть оборудования и воздухопроводов энергетических газовых турбин с газовыми турбинами привода собственных нужд.

Выводы

1. Замена электропривода собственных нужд на ТЭС газотурбинным приводом при современном уровне развития газовых турбин и тарифах на электроэнергию и топливо для газовых турбин при высоком числе часов использования номинальной мощности дает положительный экономический эффект.
2. Величина экономического эффекта может быть повышена при использовании теплоты уходящих газов газовой турбины в паротурбинном цикле или для отпуска тепла внешним потребителям.
3. Газотурбинный двигатель по сравнению с электроприводом позволяет снизить затраты мощности на собственные нужды паротурбинной установки на пониженных нагрузках.
4. С учетом постоянного совершенствования газотурбинных установок эффект от их применения в качестве привода собственных нужд на ТЭС будет возрастать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельтман А.Е., Будняцкий Д.М., Апатовский Л.Е. Блочные конденсационные электростанции большой мощности. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 404 с.

2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / Под ред. С.В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.

Поступила 19.03.2008 г.