

УДК 621.43

Е.В. ГЛАДКИХ

ОАО «Авиадвигатель», Пермь, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В статье рассмотрены вопросы применения автоматизированной системы диагностики для оценки фактических показателей эксплуатационной экономической эффективности газотурбинных энергетических установок комбинированного цикла.

автоматизированная система диагностики, эксплуатационная готовность, надежность, эффективность

Введение

На смену устаревшим паротурбинным установкам, которые являлись основными в двадцатом веке, пришло новое поколение газотурбинных энергетических установок (ГТУ) комбинированного цикла [1 – 2]. Эксплуатироваться они начали еще в середине 1950-х годов, а широкое распространение получили с появлением современных газотурбинных двигателей с большой мощностью и высоким коэффициентом полезного действия [3 – 5].

Основным преимуществом применения конвертированных авиадвигателей при создании ГТУ являются их хорошие эксплуатационные параметры при большом количестве запусков и широкий диапазон рабочих режимов. Внедрение промышленных ГТУ на базе авиадвигателей позволило значительно улучшить характеристики приводов по основным эксплуатационным параметрам [6 – 7].

Изложение основного материала

Конструкция ГТУ на базе авиадвигателей достаточно сложна и создает проблемы, которые требуют решения. Например, ГТУ на базе двигателей ПС-90ГП1,2,3 имеют высокие значения степени сжатия в компрессоре и температуры газа перед турбиной. В связи с высокой степенью сжатия ком-

прессор имеет узкий рабочий диапазон (возможно возникновение помпажа) и становится восприимчивым к загрязнению. Высокая температура газа перед турбиной влияет на параметры и срок службы деталей ее горячей части.

Современные ГТУ на базе авиадвигателей достаточно чувствительны к повышенному сопротивлению на выхлопе, которое обусловлено применением котла-утилизатора. Падение на входе в двигатель (вследствие прохождения воздуха через фильтр) также ведет к снижению эксплуатационных параметров ГТУ.

Несмотря на высокий коэффициент полезного действия, много претензий высказывается в отношении надежности конвертированных ГТУ в эксплуатации и их ремонтпригодности.

Накопленный опыт показывает, что основными проблемами ГТУ являются:

- 1) эксплуатационная готовность и надежность;
- 2) более короткий срок службы форсунок и лопаток;
- 3) снижение эксплуатационных параметров в течение межремонтного периода;
- 4) помпаж в компрессоре;
- 5) проблемы с подшипниками и уплотнениями, а также с ремонтом лопаток.

Если проблемы 2 – 5 успешно решаются (за счет введения текущего технического обслуживания ГТУ, в том числе промывки проточной части, за счет введения в САУ функций противопомпажной защиты, создания ЗИП и технологий частичной замены узлов двигателя в эксплуатации), то по оценке фактического уровня текущей эксплуатационной готовности и надежности ГТУ можно еще многое сделать.

Надежность новых двигателей не определяется в процессе заводских испытаний, хотя результаты стендовых испытаний и могут помочь в оценке некоторых параметров. Реальный уровень надежности ГТУ определяется только в процессе эксплуатации на месте. По существу ГТУ является опытным образцом в течение первых трех лет эксплуатации – пока все основные проблемы не будут выявлены и устранены.

Помочь в этом сможет автоматизированная система диагностики (АСД).

В настоящее время готовятся к сдачным испытаниям два варианта АСД разработки ОАО «Авиадвигатель»: в составе САУ ГПА МСКУ-5000 и в составе системы мониторинга СДКО.

Автоматизированная система диагностики уже обеспечивает сбор и предварительную обработку фактической информации о состоянии ГТУ и его подсистем, а также формирование и передачу данных в инженерный центр ОАО «Авиадвигатель».

Показатели эксплуатационной готовности и надежности ГТУ регламентируются ГОСТ Р 52527-2006 «Установки газотурбинные. Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность».

Так, например, эксплуатационная готовность ГТУ может быть выражена соотношением, которое учитывает остановки в результате вынужденных и плановых простоев, а также время вынужденного эффективного простоя:

$$\varepsilon_G = \frac{(T_G - T_{ПП} - T_{ВП} - T_{ЭВП})}{T_G}, \quad (1)$$

где T_G – базовый временной период (8760 час/год);

$T_{ПП}$ – время планового простоя для технического обслуживания оборудования;

$T_{ВП}$ – время вынужденного простоя;

$T_{ЭВП}$ – эквивалентное время вынужденного простоя.

Эквивалентное (действительное) время вынужденного простоя можно выразить следующим соотношением:

$$T_{ЭВП} = \frac{(P_O - P_\Phi) \cdot T_{ПП}}{P_O}, \quad (2)$$

где P_O – проектная мощность ГТУ;

P_Φ – действительная мощность ГТУ, полученная при сдачных испытаниях ГТУ;

$T_{ПП}$ – время работы ГТУ при пониженной нагрузке.

Надежность ГТУ может быть определена процентным соотношением времени фактической и теоретической годовой наработки ГТУ:

$$H = \frac{(T_G - T_{ВП} - T_{ЭВП})}{T_G}. \quad (3)$$

Эксплуатационная готовность и надежность оказывают значительное влияние на одно из важнейших потребительских качеств ГТУ – эксплуатационную экономическую эффективность.

Поэтому определение с помощью АСД их фактических значений в ходе эксплуатации ГТУ позволит иметь объективную информацию об эффективности как отдельной установки, так и всего парка эксплуатируемых ГТУ в целом.

Дополнительно с помощью автоматизированной системы диагностики можно оценивать текущие показатели безотказности всего парка ГТУ, находящихся в эксплуатации.

Проводится расчет следующих показателей безотказности ГТУ:

- средняя наработка на отказ T_O :

$$T_O = \frac{T_P}{H_O}, \quad (4)$$

где T_P – наработка (время работы) сумма интервалов работы ГТУ в часах с момента розжига камеры сгорания до момента погасания пламени при выключении ГТУ;

H_O – количество отказов ГТУ за рассматриваемое время работы.

По величине, обратной средней наработке на отказ, определяется интенсивность отказов ГТУ.

- средняя наработка на досрочный съем ГТУ $T_{ДСД}$:

$$T_{ДСД} = \frac{T_P}{H_{ДСД}}, \quad (5)$$

где $H_{ДСД}$ – количество ГТУ, снятых за рассматриваемое время работы.

- средняя наработка на пуск ГТУ $T_{ЗАП}$:

$$T_{ЗАП} = \frac{T_P}{H_{ЗАП}}, \quad (6)$$

где $H_{ЗАП}$ – фактическое количество пусков ГТУ за рассматриваемое время работы.

- коэффициент надежности пусков ГТУ $K_{ЗАП}$:

$$K_{ЗАП} = \frac{H_{ЗАП}}{H_{ЗАП_СУММ}}, \quad (7)$$

где $H_{ЗАП_СУММ}$ – общее количество попыток запусков ГТУ за рассматриваемое время работы (с учетом неудачных запусков).

Выводы

Полученные результаты по каждой ГТУ обрабатываются с целью определения среднего значения показателей по всему парку ГТУ. Осредненное значение сравнивается с уровнем, достигнутым в пре-

дыдущем периоде, и с заданным в техническом задании на ГТУ. Это позволяет оценить текущее состояние всего парка ГТУ.

Литература

1. Денисов Б.Н., Ященко Ю.Г. Турбинные установки и эксплуатация турбин: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1980. – 133 с.
2. Костюк А.Г. Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки: учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк, 1979. – 254 с.
3. Седых З.С. Эксплуатация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом: Справ. пос. – М.: Недра, 1995. – 203 с.
4. Гальянов А.И., Муфтахов Е.М. Методические указания к практическим занятиям по диагностике ГТД – ГНТУ, Уфа, 1995. – 36 с.
5. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа. – М.: Недра, 1991. – 234 с.
6. Вибрационный контроль технического состояния газотурбинных газоперекачивающих агрегатов / Ю.Н. Васильев, М.Е. Бесклетный, Е.А. Игumenцев и др. – М.: Недра, 1987. – 348 с.
7. Карасев В.А., Максимов В.П., Сидоренко М.К. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1978. – 284 с.

Поступила в редакцию 24.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.Ш. Нихамкин, Пермский государственный технический университет, Пермь.