

дисциплины или в связи с большим временем выполнения и сложностью проверки. Задания на контрольную работу формулируются в открытой форме.

Внедрение в учебный процесс компьютеров и появление систем автоматизированного контроля делает привлекательным переход от бумажного к машинному тестированию. Этот переход – процесс достаточно трудоемкий. Он требует освоения системы, перевода тестов в электронную форму и загрузки базы тестовых заданий. (Если учесть, что почти все вопросы и ответы содержат графические изображения, и общее их количество по дисциплине выражается четырехзначным числом, то понятно, почему этот процесс длился более трех лет). Были опробованы две существенно различные системы контроля.

Программный комплекс АСТ (адаптивная среда тестирования) обладает следующими преимуществами:

- дружественный интерфейс конструктора тестов, делающий процесс создания тестовых заданий удобным и понятным;
- широкие возможности статистической обработки результатов тестирования.

Вместе с тем системе присущи следующие существенные недостатки:

- наличие ключей (этот недостаток обсуждался выше);

- сложная и громоздкая процедура перехода от составления теста к тестированию, большое число программ и операций;
- необходимость постоянного обслуживания системным администратором (примерно 0.2 ставки на кафедру);
- гипертрофированно-коммерческая позиция разработчика (программы защищены ключами, несовместимыми с антивирусными программами, число обращений к программам ограничено).

Программный комплекс КАДИС имеет достаточно простую структуру и не требует вмешательства системного программиста. К недостаткам комплекса можно отнести следующие:

- процесс загрузки тестов недостаточно прозрачен;
- поле экрана используется нерационально;
- возможно применение только заданий закрытого типа.

Пробное автоматизированное тестирование не показало каких либо преимуществ по сравнению с бумажным для графических дисциплин. Более того, его применение требует выделения времени в компьютерных классах. Затраты на его внедрение неоправданны, но работа с комплексом КАДИС показала возможность создания электронных учебников по дисциплине на базе комплекса. Однако, это уже другой этап в преподавании дисциплины.

УДК 621.438

ГАЗОТУРБОДЕТАНДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Бирюк В.В.¹, Шелудько Л.П.²

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет

² Самарский государственный технический университет

GASTURBINE DETANDERS INSTALLATIONS FOR POWER STATIONS OF OWN NEEDS OF COMPRESSOR STATIONS MAIN GAS PIPELINES

Birjuk V.V., Sheludko L.P. The expediency of working out powerful and economic gas-turbodetander power units for power stations of compressor stations of the main gas pipelines is considered.

На газоперекачивающие агрегаты (ГПА) магистральных газопроводов расходуется около 10 -12% от перекачиваемого газа.

Для обеспечения высокой надежности компрессорных станций (КС) их энергоснабжение должно производиться от двух независимых энергоисточников. В то же

время нередко случаи нарушения электро-снабжения КС из-за возникновения аварийных ситуаций в питающих протяженных электрических сетях к снижению эксплуатационной надежности ГПА и значительному перерасходу газа затрачиваемого на их запуск. В настоящее время на сотнях КС установлены газотурбинные электростанции ПАЭС-2500 используемые для резервирования аварийного энергоснабжения собственных нужд компрессорных станций. Из-за низкой тепловой экономичности и больших сроков службы требуется реконструкция и замена этих агрегатов.

Учитывая установившуюся тенденцию к повышению стоимости газа, модернизация и разработка надежных и экономичных электростанций собственных нужд становится одной из наиболее актуальных задач газотранспортных систем. На ряде КС введены в эксплуатацию ГТЭС с несколькими агрегатами ЭГТЭС-4 мощностью 4 МВт, созданные на базе модифицированного авиадвигателя Д-30 и рассчитанные на работу порядка 8250 часов в год. Но их КПД достаточно низок.

В то же время топливный газ, подаваемый в камеры сгорания газовых турбин ГПА с давлением 2 2,6 МПа предварительно дросселируется. Одним из наиболее эффективных направлений выработки на КС собственной электроэнергии является применение на них турбодетандерных установок. Для улучшения характеристик электростанций ПАЭС-2500 и снижения их стоимости в ЦИАМ и ОАО «Мотор Сич» разработана энергоустановка КУРС-1, в которой вал газовой турбины АИ-20 соединен с валом турбодетандера. В турбодетандерном режиме эта установка имеет электрическую мощность 1 МВт, а при сжигании газа - 2 МВт. Применение регулируемого соплового аппарата обеспечивает ее работу при значительных изменениях расхода и давления газа в газопроводе. В НИЦ ЦИАМ проводятся испытания энергетической установки КУРС-2 снабженной воздушным турбодетандером. Холодный воздух после выхода из турбодетандера смешивается с воздухом всасываемым компрессором ГТУ АИ-20. При этом снижение температуры всасываемого воздуха на один градус повышает мощность электростанции ПАЭС- 2500 на 28 кВт с увели-

чением КПД установки на 3 %. Турбодетандер может использоваться так же в качестве пускового стартера энергоагрегата, что позволяет отказаться от применения вспомогательной газотурбинной установки АИ-8.

В период с 1988г. по 1992г. на ГКС УМГ «Оренбургтрансгаз» эксплуатировалась турбодетандерная энергетическая установка УКС2-300 с подогревом газа на входе в турбодетандер теплом выхлопных газов газотурбинного двигателя ГТК-10И. За счет применения в ней общего теплоутилизационного контура перед турбодетандерной установкой, электрический КПД газотурбинной электростанции повышается до 65 - 75%.

Известен детандер-генераторный агрегат (ДГА) входящий в состав ГПА. Подогрев газа перед детандером, с его последующей подачей в камеру сгорания, производится теплом выхлопных газов газовой турбины ГПА. При этом электрическая мощность ДГА при температуре газа перед детандером 120°С составляет 1,2 1,5% от мощности ГПА. То есть при полной нагрузке ГПА-Ц-16 она равняется 220 250 кВт. Этой электрической мощности достаточно для поддержания работы ГПА при отключении внешнего электроснабжения, но не достаточно для пуска остановленного ГПА. Поэтому при разработке газотурбодетандерных установок собственных нужд целесообразно пропускать через турбодетандер весь топливный газ КС. При этом важно, чтобы электрогенератор приводился от газовой турбины по безредукторной схеме с числом оборотов турбодетандера 25000 - 30000 об/мин.

Нами предложены несколько тепловых схем энергоагрегатов собственных нужд КС, в которых применены регенеративная газовая турбина, предварительный подогрев газа в теплоутилизаторах ГПА, промежуточное охлаждение сжатого воздуха газом расширенного в турбодетандере.

Расчетный анализ проведен при расходе топливного газа КС 15 кг/с. В газотурбодетандерной установке, снабженной ГТУ регенеративного типа достигается электрическая мощность 3300 кВт при КПД 84%. В варианте с промежуточным охлаждением воздуха газом после детандера электрическая мощность такой установки повышается до 5500 кВт при электрическом КПД 73,2%).