

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗВУКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ДОКАЧУЮЧОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ ПІДЗЕМНОГО СХОВИЩА ГАЗУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЯВИЩА ПОМПАЖУ

Розглядається система контролю звукових характеристик працюючого газоперекачувального агрегату докачуючої компресорної станції підземного сховища газу, яка призначена для виявлення явища помпажу і захисту агрегату від аварії.

There is considered the system of the sonic characteristics control of the working gas-pumping aggregate of the over-pumping compressor station of the underground gas repository, that is designated for the pumpage event discover and the wreck-defense of the aggregate.

Вступ

Проблема контролю режимів роботи газоперекачувальних агрегатів (ГПА) компресорних станцій є об'єктом постійної уваги вітчизняних і зарубіжних дослідників [1-3]. Широке застосування ГПА в газотранспортній системі вимагає підвищення їх якості і висуває, як одну з найбільш актуальних задач, необхідність дослідження і розвитку нових методів та засобів контролю їх технічних характеристик, зокрема помпажних характеристик ГПА. Це, в свою чергу, вимагає більш детального вивчення ГПА як об'єкта контролю і керування.

Аналіз стану досліджень та публікацій

Аналіз літературних джерел [1-3 та ін.] показує недостатній об'єм досліджень у напрямку використання акустичних сигналів для виявлення явища помпажу в компресорах ГПА. Проте, на базі аналізу спектральних характеристик шумів контрольованого середовища успішно проводять шумовий каротаж свердловини, оцінюють статистичні характеристики газового потоку для вимірювання витрати газу [5,6], контролюють режими роботи пальників енергетичних котлів [4,7], вимірюють звукові тиски високої інтенсивності в авіаційній, космічній, автомобільній та інших галузях техніки [8].

Виділення нерозв'язаних частин

Головною характеристикою ГПА, який складається з газотурбінного двигуна і відцентрового нагнітача, є оператор, за допомогою якого вхідні сигнали $y(t)$ перетворюються у вихідні $x(t)$ (рис. 1).

$$x(t) = C(t, z(t))y(t),$$

де t – час роботи ГПА;

$z(t)$ – вектор випадкових параметрів, зв'язаних з процесом виготовлення ГПА та його експлуатацією.

Оператор $C(t, z(t))$ є математичним описом роботи реального ГПА.

Проте, при виготовленні ГПА спостерігається технічний розкид параметрів відносно своїх номіналів, а в процесі експлуатації такі збурюючі фактори як нестабільність параметрів сигналу $y(t)$, температура навколишнього середовища, хімічний склад газу, атмосферний тиск, вологість, механічні збурення викликають зміну параметрів ГПА. Отже ГПА є багатомірним керованим об'єктом з нелінійним нестационарним оператором $C(t, z(t))$, на вході якого діє квазістационарний випадковий процес.

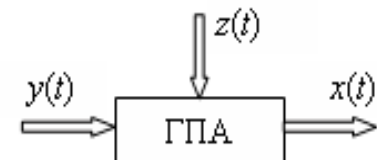


Рис. 1. Модель «вхід – вихід» ГПА

Теоретичні і експериментальні дослідження ГПА [2, 3] як об'єктів контролю показали, що, як правило, для оцінювання технічного стану ГПА проводилась обробка сигналів, що спостерігаються, за результатами якої визначалися параметри і приймалося рішення про технічний стан об'єкта контролю. Проте, нерозв'язаною задачею є об'єднання їх в часі для отримання алгоритму оптимального оцінювання параметрів спільно з визначенням технічного стану ГПА, зокрема, передпомпажного стану. Принципове розв'язання даного завдання може бути знайдене на засадах акустики.

Формування мети

Метою даної роботи є розроблення методу контролю і системи передпомпажного стану ГПА на засадах акустики, що дозволить покращити метрологічні характеристики засобів вимірювання контрольованих параметрів і зменшити похибки при прийнятті рішень щодо виявлення передпомпажних явищ в ГПА.

Досягнення цієї мети зв'язане з експериментальними і аналітичними дослідженнями вхідних і вихідних сигналів ГПА, зокрема, з вимірюванням звукових тисків високої інтенсивності, які виникають під час помпажу ГПА. У відповідності з поставленою метою необхідно сформулювати задачі дослідження сигналу ГПА, розробити блок-схему вимірювального каналу, сформулювати допущення при розробці методики експериментальних досліджень і розробити методику експериментальних досліджень

Виклад основного матеріалу

В технічній акустиці прийнято оцінювати звуковий тиск у відносних логарифмічних одиницях-децибелах. Тоді рівень звукового тиску визначається за формулою

$$N = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right), \text{ дБ,}$$

де P – ефективний тиск акустичного сигналу,
 $P_0 = (\rho_{\text{ао}} I_0)^{1/2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} (2 \cdot 10^{-4} \text{ мк/бар}),$

$\rho_{\text{ао}}$ – акустичний опір, тобто ефективний тиск, що відповідає інтенсивності звуку I_0 , яка за міжнародною угодою прийнята рівною $(10^{-9} \text{ ерг/см}^2)10^{-12} \text{ Дж/м}^2$ і наближено відповідає інтенсивності звуку в частотній області найбільшої чутливості слуху, який ледве чути.

Під час роботи ГПА виникають рівні звукових сигналів до 200 Па (140 дБ) і вище. Такі рівні звукових тисків призводять до неправильної роботи вимірювальної апаратури і є ознакою можливого руйнування ГПА, оскільки передпомпажні і помпажні явища в ГПА супроводжуються підвищенням звукового тиску. Це висуває важливу задачу контролю рівнів звукового тиску з метою урахування шкідливого впливу акустичного шуму ГПА і діагностування передпомпажного стану.

Організація і планування випробувань ГПА базується на необхідності розв'язання таких задач:

- визначити набір апаратури, яка дозволяє з достатньою точністю вимірювати і аналізувати звукові сигнали від працюючого ГПА;
- відпрацювати методику випробувань ГПА, яка дозволяє визначити взаємозв'язки звукових сигналів на зафіксованих режимах з передпомпажними і помпажними явищами, що виникають в процесі роботи ГПА;
- розробити методичне і програмне забезпечення для обробки звукових сигналів на ЕОМ на зафіксованих режимах для аналізу залежностей їх характеристик від режимів роботи і для виключення в процесі аналізу впливу сторонніх шумів;
- визначити залежність спектрального складу звуку однотипних і різнотипних ГПА від режимів їх роботи, а також впливу їх одне на одного.

Випробування проводилися на газоперекачувальному агрегаті ГПА № 9 ДКС ПСГ «Більче-Волиця» з використанням акустичного сенсору SITRANS AS 100 фірми SIEMENS.

Блок-схема вимірювального каналу акустичного контролю відцентрового нагнітача (ВН) наведена на рис. 2.

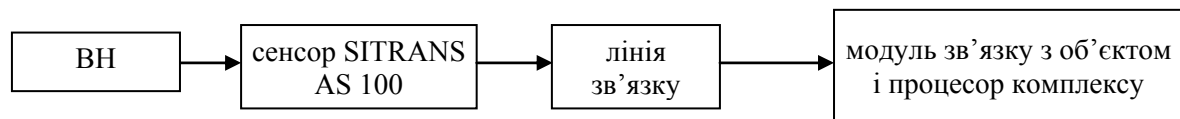


Рис. 2. Блок-схема вимірювального каналу акустичного контролю шумів в ГПА

Вимірювальний канал забезпечує оброблення інформаційного сигналу, який є адитивною сумою вимірювального сигналу і завад (рис. 3). Проте, головним джерелом інформації для розв'язання поставленої задачі контролю є шуми в ГПА, які супроводжують явище помпажу.

Головним елементом вимірювального каналу є первинний вимірювальний перетворювач, який повинен задовольняти вимогам мінімального спотворення акустичного поля, мати широкий діапазон робочих частот, тисків, температур. Більшість із цих вимог задовольняють п'єзоелектричні перетворювачі, зокрема, п'єзоелементи, виготовлені із титанату барію та із цирконату свинцю. Крім того, акустичний сенсор оцінюється такими характеристиками як: акустична чутливість, амплітудна характеристика, вібраційна чутливість, частотна характеристика вібраційної чутливості.

Оскільки акустичний сенсор – це давач малих рівнів звукових тисків [2 кПа (200 дБ)], то особлива увага була приділена вибору акустичного сенсору з високою чутливістю. Таким сенсором є акустичний сенсор SITRANS AS 100 фірми SIEMENS [9].

Акустичний сенсор SITRANS AS 100 задовольняє вимогу мінімального викривлення акустичного поля, має широкий діапазон робочих частот, тисків, температур. Разом з контрольним блоком SITRANS AS 100 можлива й системна конфігурація на точки комутації для індикації різних робочих станів ГПА (наприклад, передпомпажний стан, помпаж, жорсткий помпаж). Через вихід 4-20 mA система може бути інтегрована в контрольний контур струму. Два вільно програмованих незалежних реле можуть керувати комутаційними приладами або тривогами.

Акустичний сенсор реєструє звукові хвилі високої частоти, які створюються в ГПА під час появи явища помпажу. Акустичний сенсор миттєво реагує на зміни в процесі перекачування газу, попереджуючи тим самим додаткові витрати на усунення явища помпажу. Сенсор SITRANS AS 100 практично не вимагає технічного обслуговування, монтується ззовні і не має рухомих частин, вага його – 0,4 кг. Від вологи й пилу він захищений корпусом із нержавіючої сталі марки AISI 304 (1.406) або зі сталі 303 версії Class II. Допустима температура вимірювального блоку від -40 до + 125 °С.

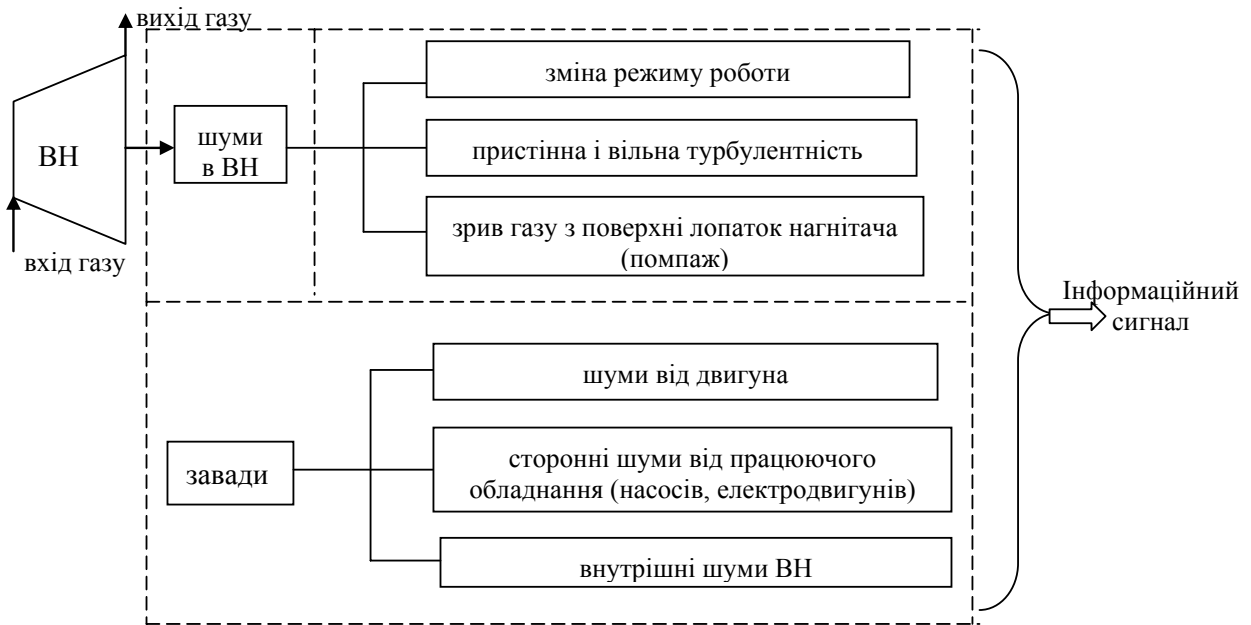


Рис. 3. Складові акустичного інформаційного сигналу ГПА

Засобом вимірювання є п'єзорезистивний чутливий елемент, який автоматично компенсує вхід по температурі і статичному тиску. Вихід двопровідний аналоговий 4÷20 мА, довжина кабелю 4 м. Напруга живлення 10,8÷42,4 В. Вплив напруги живлення 0,005 % від шкали на один вольт. Опір навантаження 100 кОм. Геометричні розміри акустичного сенсора: діаметр 44 мм, висота сенсора 36 мм, загальна висота з елементами кріплення 82 мм (рис. 4).



Рис. 4. Акустичний сенсор SITRANS AS 100

При розробці методики проведення експериментальних досліджень були прийняті такі допущення:

- звук працюючого ГПА залежить від режиму його роботи;
- зміна звуку працюючого ГПА виникає на початку появи передпомпажних явищ і помпажу;
- на контрольований звук ГПА впливають звуки від інших ГПА, а також відбитий звук від стін приміщення і сторонні шуми від іншого працюючого обладнання;
- зміна звуку працюючого ГПА при зміні режиму його роботи говорить про те, що можливо є частота або ряд частот, інтенсивність звуку яких може бути непрямим показником появи явища помпажу.

З урахуванням наведених передумов прийнята наступна методика проведення експериментальних досліджень:

- в роботу включається лише один ГПА;
- перевіряється звуковий фон навколо ГПА;
- вимірюються звук, що виходить від ГПА при нормальних умовах експлуатації в номінальному режимі;
- згідно з додатковою програмою випробувань штучно створюються умови для появи помпажу;
- фіксуються умови проведення експерименту і графіки зміни контрольованих параметрів протягом всього часу наявності помпажу.

Такі експерименти повторювались для декількох режимів роботи ГПА. При цьому одночасно фіксувалися інші параметри роботи ГПА і записувався сигнал від акустичного сенсора. Характерні графіки зміни звуку працюючого ГПА під час помпажу наведені на рис. 5.

Аналіз звуку на відрізку 33.32.251÷35.41.300, де спостерігається відхилення амплітуди звукових коливань від стаціонарності, і зв'язків цих відхилень з іншими показниками роботи ГПА проводився за спеціальними програмами, які дозволяли представити результати у вигляді графічних залежностей.

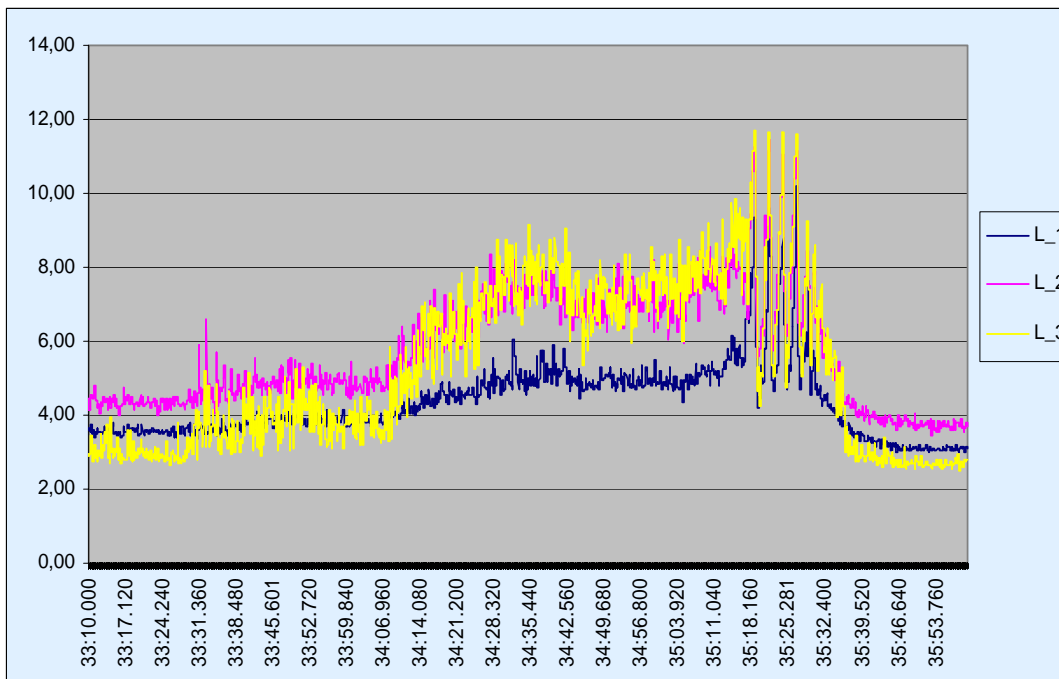


Рис. 5. Графіки зміни в часі звуку на вході в ГПА (L1), на тілі ГПА (L2) і на виході ГПА (L3), отримані на працюючому ГПА № 9 ДКС ПСГ «Більче-Волиця»

Висновок

Сформульовано задачі дослідження передпомпажного стану ГПА на засадах акустики, проаналізовано складові акустичного інформаційного сигналу ГПА, розроблено блок-схему вимірювального каналу, сформульовано допущення прийняті при розробці методики експериментальних досліджень, що дозволило розробити методику контролю передпомпажного стану ГПА на засадах акустики, яка дозволяє зменшити похибки при виявленні передпомпажних явищ ГПА.

Література

1. Савоченко Р.А. Open SCADA. Практическое применение [Електронный ресурс] / Савоченко Р.А // <http://ftp.linux.Riev.ua/pub/conference/2006/report/Savochenko>
2. Журавлев В.И. Разработка, оптимизация и унификация проточных частей компрессорных машин газоперекачивающих агрегатов главных компрессорных станций: дис.... доктора техн. наук. – СПб, 2006. – 273 с.
3. Слободчиков К.Ю. Математическое и информационное обеспечение системы управления компрессорного цеха газоперекачивающих агрегатов / Слободчиков К.Ю // Автоматизация в промышленности. – 2004. – № 7. – С.14-17.
4. Сабанин В.Р. Система контроля режимов работы горелок энергетических котлов / В.Р. Сабанин, Н.И. Смирнов, М.А. Болгов, В.В. Дорошин, В.И. Костык, А.В. Гаранин, В.И. Ногин // Теория и практика построения и функционирования АСУТП: Сб. науч. трудов. – М.: Изд. МЭИ, 1998. – 220 с.
5. Пашкевич О.П. Динамічне оцінювання статистичних характеристик газового потоку для вимірювання витрати: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук спец. 05.11.01 «прилади і методи вимірювання механічних величин» / О.П.Пашкевич. – Львів, 2006. – 20 с.
6. Мельничук С.І. Перспективи реалізації методу вимірювання витрати та кількості газу на основі зміни спектральних характеристик шумів контрольованого середовища / С.І. Мельничук, О.П. Пашкевич // Методи та прилади контролю якості. – № 11, 2003. – С. 64-68.
7. Алилов К.К. О возможности управления процессом горения в топочных устройствах / К.К. Алилов, В.В.А фанасьев, М.И. Петров, Н.И. Степанов // Тезы 10^{го} симпозиума по горению и взрывам. – Черногловие, 1992. – С.42-43.
8. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Под ред. Е.П.Осадчего. – М.: Машиностроение, 1976. – 480 с.
9. Process automation. Field instruments for Process Automation. Siemens. Catalog FIO1. – 2004. – 550р.

Надійшла 13.12.2008 р.