

## Monitoraggio continuo durante l'operatività di apparecchi in pressione isolati tramite metodo di emissione acustica

M. A. Eremenko, Istituto di elettronica Paton, Ucraina  
C.A. Kucherenko, Odessa Portside Plant (NH3), Ucraina  
Janos gereb, ditta «Gereb es Tarsa», Ungheria

La produzione industriale associata a sostanze tossiche, infiammabili, esplosive e radioattive, con pressioni alte ed altissime temperature è potenzialmente pericolosa per l'uomo e per l'ambiente. In caso di deterioramento delle apparecchiature, associato ad esempio con l'invecchiamento naturale delle immobilizzazioni, o una lunga permanenza degli stessi in condizioni critiche elevate o vicino al carico limite, aumenta il rischio di inconvenienti.

Per fortuna, il disastro in scala globale con la perdita irreparabile di vite umane e danni materiali, come l'esplosione alla centrale nucleare di Chernobyl in Ucraina, si verificano raramente. Ma qualsiasi incidente alle centrali nucleari e all'industria chimica sono potenzialmente pericolosi per l'ambiente, oltre che per l'uomo. Il danneggiamento di qualsiasi apparecchiatura che svolge un ruolo chiave nel processo, per l'impresa interessata è associato ad una perdita di ricchezza, lavori di ripristino costosi, multe e altre sanzioni, violazione dei termini di consegna, perdita della posizione di mercato.

Garantire un funzionamento stabile e senza problemi alle attrezzature industriali, inserito nel processo di progettazione e produzione e continuato nel quadro delle ispezioni e riparazioni pre-operative, periodiche e straordinarie, è una buona regola. Sono disponibili vari metodi di controllo non distruttivo che, realizzati prima dell'inizio del funzionamento del processo, tramite un arresto temporaneo allo scopo di manutenzione o controllo, sia di routine che straordinaria, permettono di accumulare informazioni sullo stato del dispositivo quando questo è in esercizio. Le conclusioni formano, sulla base delle informazioni provenienti dai parametri sulla qualità, la durata prevista delle apparecchiature e la sua quota.

Ugualmente importante sarebbe, tuttavia, per aggiornare la valutazione predeterminata, avere dati nel corso dell'operatività del sistema. Ciò consentirebbe, a seconda dello stato in tempo reale dell'apparecchiatura, di specificare o modificare le conclusioni riguardanti la durata delle apparecchiature o, al momento del controllo straordinario successivo, avere il tempo di prendere le misure necessarie in caso di un processo distruttivo improvviso.

Purtroppo solo una piccola quantità di tecniche diagnostiche note può riflettere lo stato effettivo dell'apparecchiatura, non solo durante la prova, ma anche durante il funzionamento. L'Emissione Acustica (AE) è uno di questi pochi metodi universali di diagnostica per prove non distruttive che consente di farlo.

Una caratteristica peculiare del metodo AE è la capacità di studiare, non solo durante le prove di test ma anche durante l'operatività dell'attrezzatura, tramite il monitoraggio continuo: il monitoraggio continuo delle attrezzature industriali avviene durante la normale operatività, senza interrompere il processo, in una vera configurazione con i carichi operativi reali.

Con l'aiuto dei sensori posti sulla superficie dell'oggetto, i dispositivi AE consentono di controllare la condizione del materiale delle apparecchiature funzionanti in piena operatività.

Con una corretta selezione e configurazione della strumentazione, la sua sensibilità e l'installazione in presenza di personale professionalmente preparato per il monitoraggio delle emissioni acustiche, la tecnica consente di rilevare già dalle sue prime fasi un processo distruttivo in modo tempestivo e consente di adottare le misure preventive necessarie con largo anticipo.

## IMPIANTO DI PRODUZIONE ED IMMAGAZZINAMENTO DELL'AMMONIACA

L'impianto di Odessa (NH<sub>3</sub>), fondato nel 1976, è finora la più grande impresa chimica per la produzione di ammoniaca e urea in Ucraina. Da diversi anni vengono installati sistemi di AE per il monitoraggio continuo dei quattro serbatoi che servono per lo stoccaggio di ammoniaca liquida.



L'ammoniaca è prodotta in parte in loco, in parte ricevuta, mediante condotte, da altri impianti ucraini. Una piccola parte del prodotto è utilizzato per la produzione di urea, una gran parte di essa, dopo il deposito temporaneo, viene invece trasferita in autocisterne e via mare per l'esportazione.

I serbatoi di stoccaggio temporaneo di ammoniaca sono contenitori cilindrici in acciaio (tutti e 4 identici), con volume di 40.000 metri cubi ciascuno. Il perimetro del serbatoio è di 160 m, l'altezza di 20 m. I serbatoi sono isolati termicamente, l'ammoniaca liquida contenuta dentro di essi è mantenuta ad una temperatura di -33°C. La quantità di prodotto nei serbatoi è in continua evoluzione, il che significa un carico ciclico addizionale, mentre il sistema di gestione dell'impianto cerca di utilizzare equamente tutti e quattro i serbatoi. Dopo oltre 25 anni di attività, l'isolamento dei serbatoi, a causa dell'usura del fondo, si è deteriorata ed è maturata la necessità di curarne l'aggiornamento e l'esame di accompagnamento della condizione tecnica dei serbatoi. Assieme alla riparazione e sostituzione dell'isolamento di tutti e quattro i serbatoi, si è deciso di installare un sistema di monitoraggio continuo, basato sul metodo dell'emissione acustica.

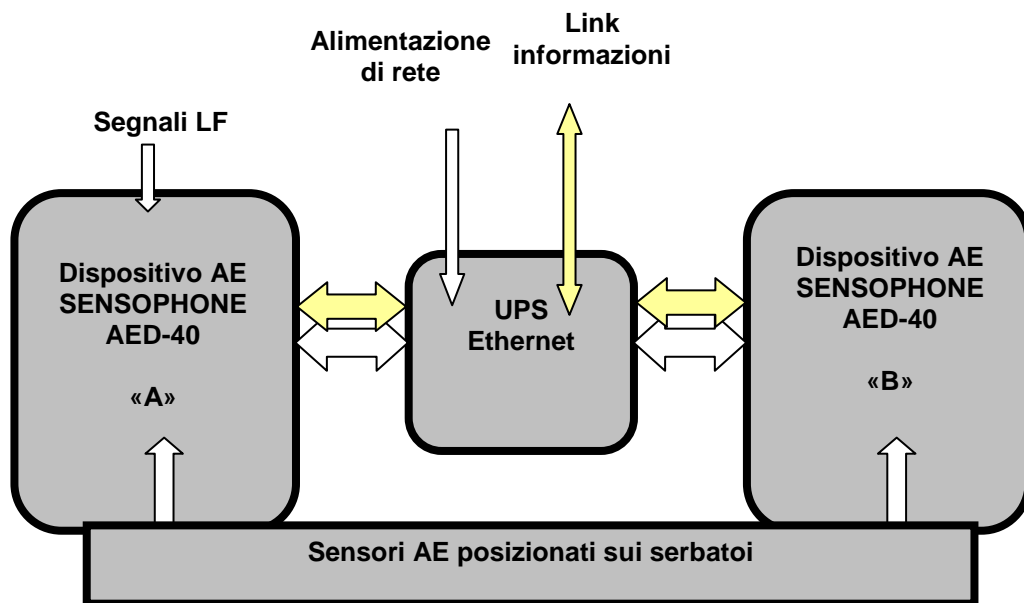


*Serbatoi di ammoniaca.*

### SISTEMA DI MISURA DELL'EMISSIONE ACUSTICA

Il sistema di misura è basato sull'unità "SENSOPHONE AED-40" di produzione ungherese (società «Geréb es Tarsa») ed il software è di produzione dell'istituto di elettronica Paton dell'Accademia Nazionale delle Scienze dell'Ucraina. Lo strumento ungherese è stato scelto per la sua affidabilità e la garanzia di qualità del servizio molto tempestivo.

Il sistema di misura completo, controlla tutto il deposito di ammoniaca, ed è composto da 4 sistemi di misura identici (uno per ogni serbatoio). I sistemi comprendono due unità SENSOPHONE AED 40, che forniscono il numero di canali desiderato (fino a 64 per sistema).



*Schema delle parti strumentali del sistema di misura.*



*Sistema di misura del serbatoio numero 3.*

Ogni serbatoio è stato munito di 56 sensori, tre file di 16 sensori più 8 sensori aggiuntivi in prossimità del tetto. La distanza tra i sensori è di 10 metri in orizzontale, 7 metri in verticale. I segnali provenienti dai sensori avviene via cavo coassiale con isolamento PTFE ed arriva ad amplificatori programmabili LLA-102 e quindi agli ingressi dei dispositivi SENSOPHONE AED-40. I dispositivi con amplificatori e sistemi di alimentazione con gruppi di continuità sono installati in tre contenitori a prova di esplosione e a tenuta. Le distanze tra i dispositivi ed i sensori, e, di conseguenza, la lunghezza dei cavi coassiali, varia da 40 a 120 metri. Eventualmente è possibile raddoppiare queste distanze utilizzando un adattatore SENSOPHONE, ma in questo caso non vi è stata la necessità.

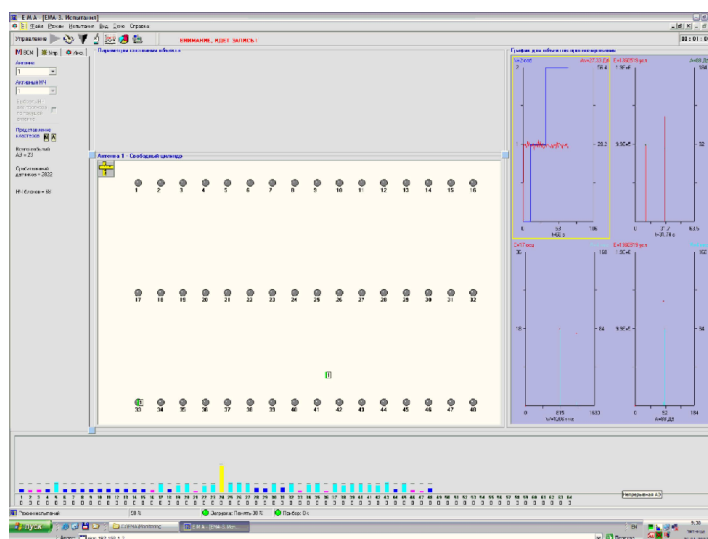
Lo strumento SENSOPHONE riceve l'alimentazione (12V DC) dal gruppo di alimentazione, dotato di una batteria tampone, ed è collegato alla centrale elettrica AC. Per fornire le necessarie temperature di esercizio in inverno (al di sopra del punto di rugiada) all'interno dei contenitori è predisposto un termostato elettrico.

I dispositivi elaborano continuamente i segnali dei sensori, ed elaborano in automatico i parametri necessari a determinare lo stato del serbatoio. I risultati della misurazione vengono poi immagazzinati in un database.

I sistemi sono connessi alla rete internet per l'accesso remoto ai dati risultanti dalle misurazioni. Il computer di controllo è situato a notevole distanza dai dispositivi AE. Inizialmente, sono stati installati nel locale tecnico CPU, a circa 300 metri dal serbatoio. E' stato utilizzato un cavo ethernet con ripetitori per la comunicazione dei dati. I dipendenti della CPU, tuttavia, non hanno avuto la formazione adeguata per la tecnologia di misurazione AE. Per questo motivo, i computer di controllo sono stati in seguito spostati nella laboratorio NKiTD, dove vengono seguiti da specialisti professionalmente preparati. Il laboratorio si trova a circa un chilometro dall'impianto. A questo scopo è stato allestito un collegamento in fibra ottica.

## SOFTWARE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

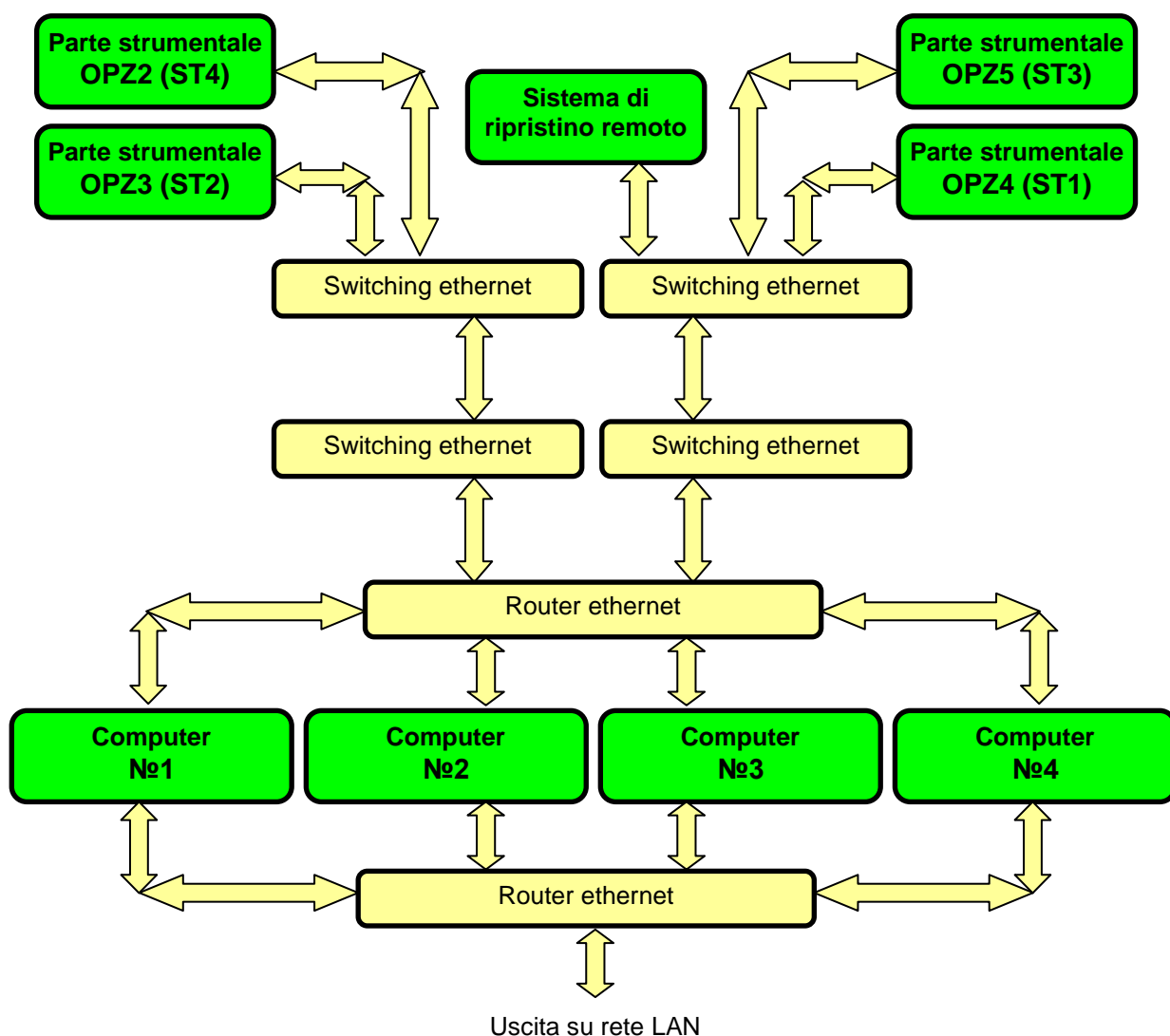
Come già detto, tutti e 4 i sistemi di monitoraggio AE, insieme con i loro computer di controllo, sono collegati ad una rete internet comune. Il funzionamento del computer ed il processo di monitoraggio nel suo complesso consiste in: eseguire cicli di misura in continuo, ricevere, elaborare e memorizzare i risultati dei dati acquisiti. Inoltre, vengono acquisiti e memorizzati i dati relativi alle modalità di funzionamento e condizioni del serbatoio, quali pressione interna, temperatura, livello, portata e pompaggio dell'ammoniaca, condizione delle valvole. Questi dati vengono forniti dalla CPU in forma digitale.



*Schermata del software durante il monitoraggio operativo.*

Durante il ciclo di misura, il programma esegue l'elaborazione in tempo reale dei segnali AE: visualizza graficamente i parametri AE, la connessione tra di loro, il livello medio del segnale sul canale, il processo di modifica dei parametri di carico. Eseguce i calcoli di localizzazione degli eventi AE, mostra la posizione delle sorgenti AE sulla mappa estesa delle pareti dei serbatoi. Controlla in automatico l'eventuale eccesso dei valori limite dei parametri sotto esame. In caso di superamento delle soglie fornisce segnali di allarme. Al termine di ogni ciclo di misura riassume i risultati di questa misurazione e li aggiunge ai risultati delle misurazioni precedenti per poterne analizzare il trend. Il sistema automaticamente estrae informazioni sugli eventi AE che meritano una particolare attenzione, cioè quelli su cui è possibile trarre conclusioni sullo stato del serbatoio. Nel corso del ciclo di misura, tutte le azioni dell'operatore e qualsiasi interferenza nel processo di misurazione dei segnali vengono registrati in un file denominato "Diario".

L'operatore dovrebbe rispondere ad eventuali segnali di allarme ed il file "Diario" ne deve tener traccia per una eventuale analisi successiva. Di tanto in tanto si archiviano i file dei risultati di misura e si stampano i rapporti su carta. Se necessario, si può modificare il contenuto e la forma dell'elaborazione in tempo reale, per effettuare prove e ri-elaborare i risultati dei cicli di misura precedenti.



*Schema a blocchi del sistema di misura completo.*

Il sistema di monitoraggio è collegato alla rete LAN dell'impianto e, attraverso di essa, ad internet. Questo consente di collegarsi al sistema con qualsiasi computer da qualsiasi postazione remota. In caso di emergenza qualsiasi computer, con un login appropriato, può seguire il corso del monitoraggio in tempo reale. Tale autorizzazione è data, ad esempio, dal capo del laboratorio dell'impianto NKiTD e dallo sviluppatore del software con sede a Kiev.

#### PRIMA ESPERIENZA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO OPERATIVO

Durante le riparazioni, dopo la rimozione del vecchio isolante, sono stati effettuati esami multilaterali dei serbatoi tramite diversi metodi non distruttivi. Queste indagini hanno dimostrato che i serbatoi sono in buone condizioni. Infatti, dopo aver impostato il sistema di monitoraggio AE (anni 2002 - 2005) era poco probabile si trovassero sviluppi di crepe pericolose o di altri difetti nelle saldature, nelle pareti e nel fondo del materiale dei serbatoi poichè il sistema AE non aveva rivelato, in uel periodo temporale di 3 anni, nessun fenomeno rilevante. Tuttavia, per i gestori e per gli utilizzatori del sistema di monitoraggio AE, era importante assicurarsi che il sistema fosse

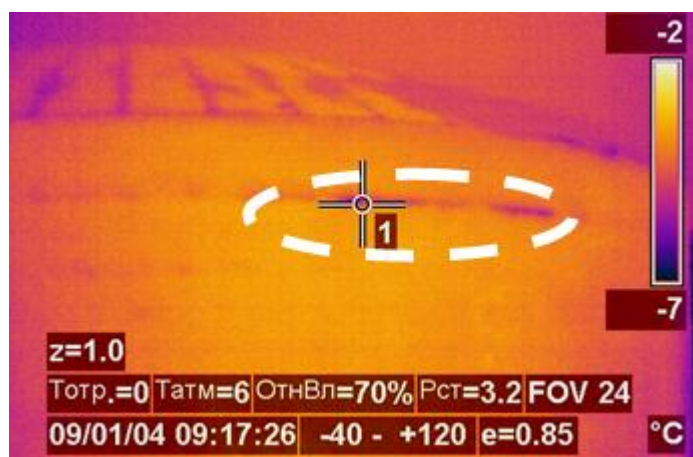
sempre funzionante ed abbastanza sensibile e, nel caso di un difetto, fosse sempre in grado di registrare i relativi segnali AE.

A questo scopo è stata effettuata una calibrazione del sistema, utilizzando una funzionalità automatica all'interno del software di monitoraggio stesso. Questa calibrazione consente di utilizzare ogni sensore, in successione, come sorgente artificiale di segnale AE con tutti i restanti sensori che lavorano come ricevitori: dall'analisi automatica dei dati ottenuti si ha la conferma o meno della piena funzionalità del sistema: i test hanno dato esito positivo.

Oltre alla calibrazione sono stati effettuati altri test in sito, che hanno confermato il pieno funzionamento del sistema di monitoraggio.

Quando il serbatoio viene riempito di ammoniaca, i dispositivi AE registrano costantemente la crescita del segnale AE di fondo, quindi il suo livello medio. Questo può essere confrontato con i dati ottenuti dal serbatoio durante il normale funzionamento. L'analisi del segnale rivela che le sorgenti sonore, nella maggior misura, sono il punto di intersezione delle staffe del bocchettone. Sorge al centro del tetto del serbatoio e si propaga tramite l'ammoniaca liquida in vari punti.

Dopo l'installazione del nuovo isolamento termico, riempiendo uno dei vasi, il sistema di monitoraggio ha inaspettatamente iniziato a rilevare attività AE di natura diversa che in precedenza. La relativa individuazione sulla mappa indicò due punti adiacenti sulla parete del serbatoio. Si analizzò quindi il serbatoio attraverso una termocamera, che permette di determinare con grande precisione la temperatura della superficie dell'oggetto, e sono stati registrati in queste aree macchie scure con poca differenza di temperatura (1° - 2° C), come mostrato nella figura sottostante. L'ispezione di questi punti ha rivelato un lieve difetto nell'isolamento. Di conseguenza i rappresentanti della società che ha installato il nuovo isolante, sono stati chiamati a correggere i difetti, e allo stesso tempo sono stati molto sorpresi di come sia stato possibile rilevare tale difetto molto piccolo ed in fase solamente iniziale.



*Immagine termografica del serbatoio ST1.*

Il sistema di monitoraggio è un complicato complesso tecnologico. Naturalmente, la sua installazione e la messa in funzione non potevano andare completamente senza intoppi, senza nessuna difficoltà iniziale. Ma le questioni sollevate sono state rapidamente ed efficacemente affrontate e risolte. Ciò è stato facilitato dalla proficua collaborazione dei tre principali soggetti coinvolti: il fornitore di strumenti (società «Geréb es Tarsa», Ungheria), il fornitore di sensori e software (Istituto Paton dell'Accademia Nazionale delle Scienze dell'Ucraina) ed il cliente – impianto di Odessa. Sono state migliorate ed ampliate le capacità del sistema, tenendo conto dei commenti, suggerimenti ed esperienze in campo, sulla base del controllo delle misurazioni ed elaborazioni dei dati. Sistematicamente viene effettuato il training del personale di studio e consulenza tecnica. Eventuali correzioni da effettuare sono state risolte dopo un breve periodo di rodaggio. Il sistema, montato sui quattro serbatoi per un totale di 224 sensori, esegue costantemente le funzioni di controllo automaticamente.

Il cliente non si aspettava di avere un beneficio economico immediato con l'introduzione di un sistema di monitoraggio AE. Si considerano l'installazione di sistemi AE investimenti necessari al fine di migliorare la sicurezza tecnica della produzione. Ciò non esclude di ottenere determinati

benefici economici. A seconda dei risultati della misurazione AE, aggregata per un periodo sufficientemente lungo di tempo, sarà possibile avere un'immagine più accurata della realtà della situazione di tutti i serbatoi. Questo porterà a prendere alcune decisioni come per esempio, aumentare il livello massimo della ammoniaca liquida immagazzinato, un aumento della durata del periodo tra una manutenzione e la successiva (che richiede l'arresto del processo), cose che possono sicuramente migliorare significativamente l'efficienza di funzionamento dei serbatoi. Un grande impianto chimico, lavorando sulla costa del Mar Nero, vicino alla più grande città nella zona turistica di importanza nazionale è costantemente sotto l'occhio di numerose organizzazioni ambientali. L'introduzione nell'impianto di sistemi di monitoraggio AE ha mostrato un aumento della sicurezza tecnica oltre alle considerazioni economiche e tecniche, ed aumentato il grado di protezione dell'ambiente, mostrando che le questioni ambientali giocano un ruolo importante per questo impianto. Per rispondere a queste sfide, l'impianto utilizza i metodi più moderni di controllo tecnico e sta investendo notevoli mezzi materiali a supporto.



*Impianto di Odessa.*