

RILEVAZIONE DI GAS INFIAMMABILI IN SISTEMI STRUMENTATI DI SICUREZZA (SIS)

In diverse industrie, la fabbricazione, il trattamento, il trasporto e lo stoccaggio di sostanze chimiche generano gas e vapori infiammabili che vengono rilasciati nell'aria ambiente, che a contatto con l'ossigeno, può formarsi una miscela potenzialmente esplosiva suscettibile di causare gravi danni alle persone e alle cose in caso dovesse innescarsi un'esplosione.

*A cura di Alessandro Brunelli**

La terza Parte della Norma Internazionale IEC 60079-29 prescrive le apparecchiature idonee per monitorare atmosfere di gas in sistemi di sicurezza strumentati a "sicurezza funzionale".

I sistemi di rilevamento dei gas fissi sono stati utilizzati per molti anni per eseguire funzioni strumentate di sicurezza SIF (Safety Instrumented Function) in aree potenzialmente esplosive.

Come qualsiasi altro sistema strumentato di sicurezza SIS (Safety Instrumented System), un sistema di rilevamento di gas fisso comprende comunemente:

- uno o più rivelatori di gas di ingresso
- una unità di controllo
- un elemento finale di uscita di comando

Ulteriori apparecchiature periferiche possono essere incorporate in un rivelatore gas fisso, come per esempio un sistema di campionamento di gas e/o un sistema di condizionamento del gas. In ogni caso il sistema complessivo del rivelatore e delle sue apparecchiature periferiche pertinenti deve raggiungere un certo minimo livello standard di prestazione, oltre che avere un livello idoneo di protezione antideflagrante nei confronti dell'at-

atmosfera potenzialmente esplosiva in cui opera:
Per la sicurezza funzionale del sistema FGS è importante definire:

- il numero di punti di rilevamento e la loro posizione appropriata,
- il sistema campionamento e/o condizionamento del gas,
- la loro eventuale duplicazione e/o ridondanza,
- la verifica e taratura periodica del rivelatore,
- la gestione della regolare manutenzione,
- il tempo di risposta del sistema

ovvero tutti quei fattori che hanno effetti sull'integrità della funzione di sicurezza del SIS rispetto al livello di integrità di sicurezza previsto SIL (Safety Integrity Level).

Questa parte della norma IEC 60079-29-3 prescrive la sicurezza funzionale dei rivelatori di gas infiammabili secondo le Norme Internazionali:

- IEC 61508, Parti 1_7 per impianti in genere
- IEC 61511, Parti 1_3 per industria di processo

Queste norme internazionali, prescrivono di attuare la sicurezza funzionale degli impianti, attraverso l'uso di apparecchiature Elettriche, Elettroniche o Elettroniche Programmabili (E/E/PE), con l'obiettivo di garantire di portare il processo in condizioni sicure dopo un malfunzionamento del processo e/o del sistema di controllo base di processo BPCS (Basic Process Control System):

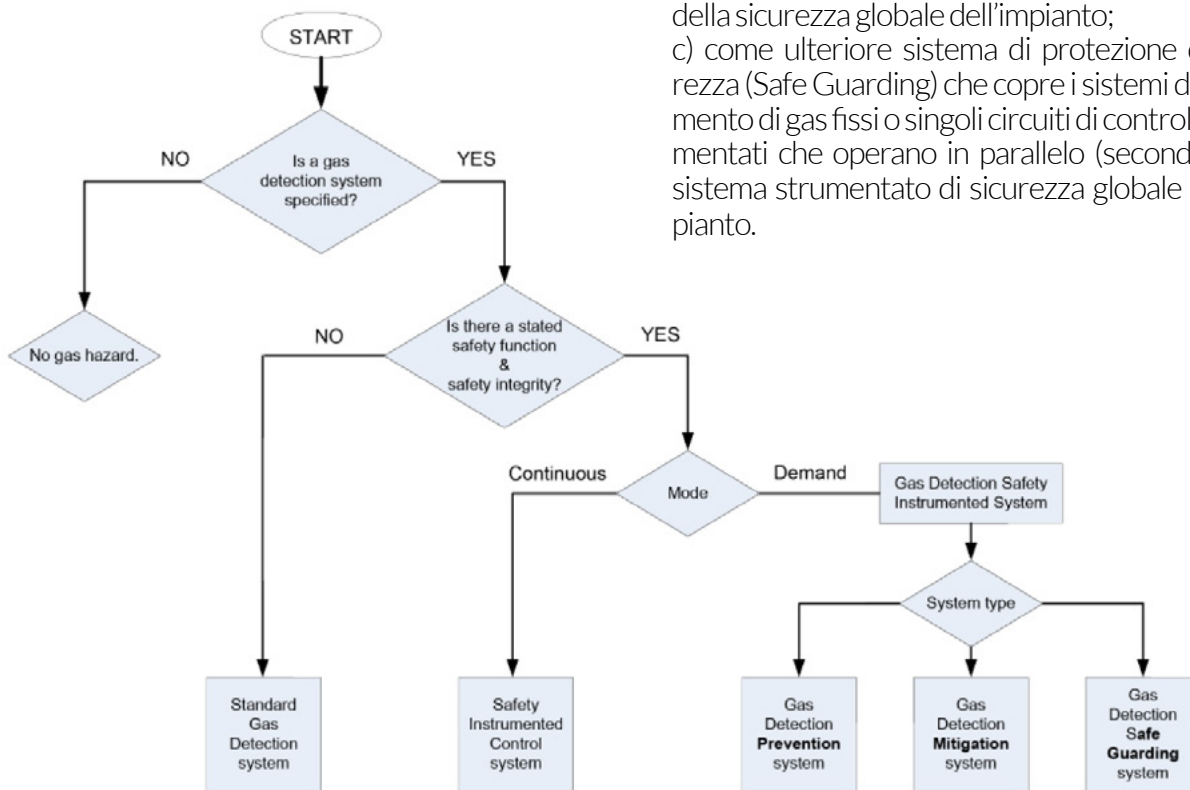
Ovviamente tali norme devono essere seguite nella progettazione del sistema FGS quando lo stesso sistema di rivelazione gas è utilizzato come protezione aggiuntiva al normale sistema strumentato di sicurezza SIS.

La norma IEC 60079-29-3, prende in considerazione l'intera catena del sistema di misura, i cui sottosistemi possono essere forniti da fornitori diversi, e pertanto l'integratore del sistema dovrebbe considerare almeno i seguenti elementi:

- l'uso di rivelatori di gas standalone che sono integrati in un sistema di sicurezza globale
- la progettazione e l'uso di sottosistemi di rivelazione di gas, incluse eventuali apparecchiature associate
- la progettazione e l'uso di un sistema di rivelamento gas completo, incluse apparecchiature per la rivelazione di gas periferici che compongono il sistema globale di sicurezza

La norma prevede queste tre applicazioni principali:

- a) come sistema di prevenzione (Prevention): il sistema totale o un singolo anello di controllo strumentato ha funzione di prevenzione dell'integrità della sicurezza globale dell'impianto;
- b) come sistema di mitigazione (Mitigation): il sistema totale o un singolo anello di controllo strumentato ha funzione di mitigazione dell'integrità della sicurezza globale dell'impianto;
- c) come ulteriore sistema di protezione di sicurezza (Safe Guarding) che copre i sistemi di rilevamento di gas fissi o singoli circuiti di controllo strumentati che operano in parallelo (secondario) al sistema strumentato di sicurezza globale dell'impianto.



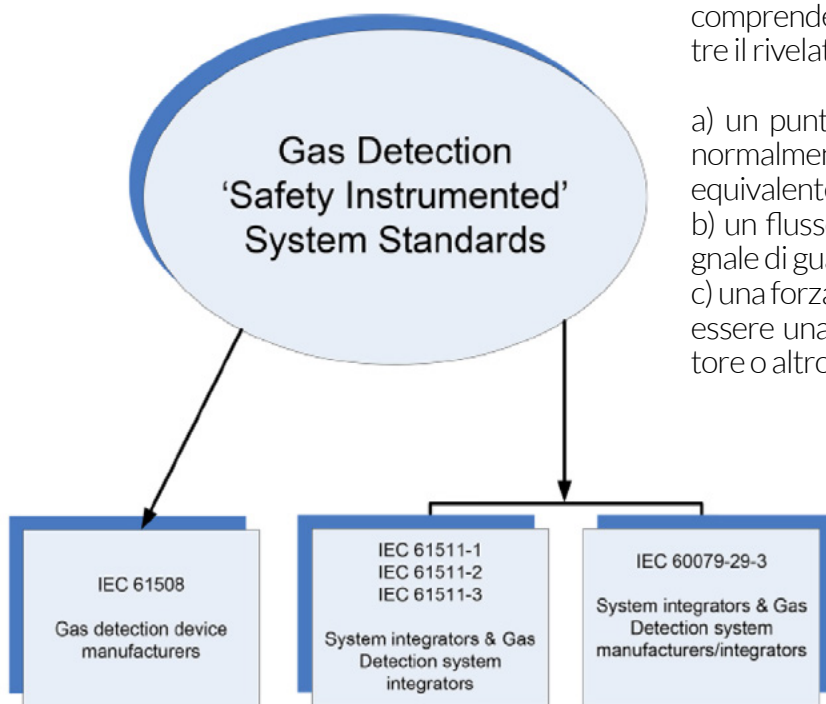
Architetture funzionali dei sistemi di rivelazione gas (IEC 60079-29-3)

Tipicamente queste applicazioni di sicurezza, possono essere considerate come sistemi a bassa domanda (< 1 volta all'anno) o al limite ad alta domanda (> 1 volta all'anno) e pertanto è del tipo cosiddetto "on demand" in accordo alle predette norme internazionali di riferimento: Ovviamente anche la scelta dell'intervallo delle prove periodiche per mantenere i livelli di SIL richieste, dovranno essere scelte, definite e verificate durante la progettazione dei SIS richiesti.

La IEC 60079-29-3 fornisce quindi le indicazioni per la progettazione e l'implementazione di un sistema di rilevamento di gas fisso, compresi dispositivi di rilevazione del gas associati e/o periferici, per il rilevamento di gas/vapori infiammabili e ossigeno quando utilizzato in un'applicazione correlata alla sicurezza in conformità con IEC 61508 e IEC 61511.

La IEC 60079-29-3 è applicabile ai sistemi di gas infiammabili che comprende:

- Sensore / trasmettitore di gas
- Centralina di rilevamento gas (risolutore logico)
- Campionamento gas (flussi singoli e multiplex)
- Condizionamento del gas (eventuale)
- Calibrazione e regolazione automatica del gas
- Modulo di uscita (se non fa parte dell'unità di controllo)



Tab.2 Panoramica delle caratteristiche dei rivelatori gas con diversi principi misura (IEC 60079-29-2)

Durante tutto l'arco di tempo del ciclo di vita di sicurezza del sistema FGS deve essere gestita e verificata in ogni fase di sviluppo, progettazione, installazione ed esercizio la sicurezza funzionale:

la gestione della sicurezza funzionale ha l'obiettivo di indicare i minimi requisiti per ogni persona, dipartimento o organizzazione deve soddisfare rispetto alle proprie responsabilità durante tutte le fasi del ciclo di vita del sistema di rilevamento del gas.

Il sistema di gestione della sicurezza funzionale deve considerare almeno i seguenti elementi:

- funzione di sicurezza e livello di integrità della sicurezza;
- unicità dell'applicazione o del design;
- le organizzazioni coinvolte nel ciclo di vita totale;
- l'ambito della fornitura per ciascuna organizzazione.

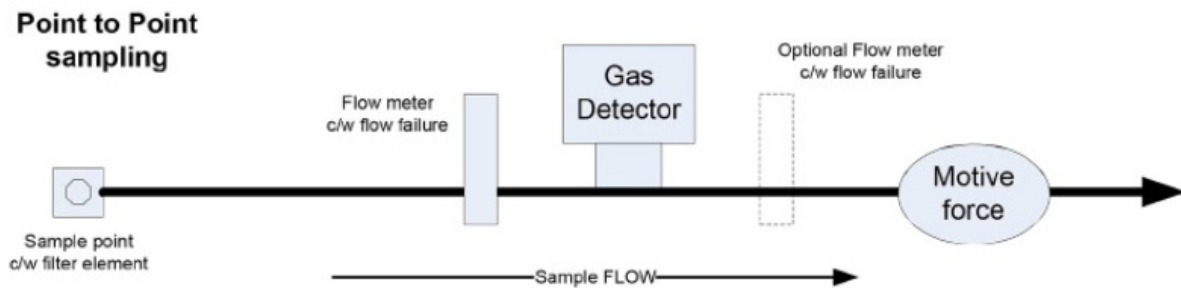
Sistemi di rivelazione del gas

La IEC 60079-29-3 prevede due tipi di rivelazione del gas, a campionamento oppure a diffusione.

- Sistemi di rivelazione a campionamento
- Rivelazione punto a punto (point to point, oggetto della seguente trattazione)

Un sistema di campionamento punto a punto comprende tre elementi hardware principali oltre il rivelatore gas:

- un punto di campionamento (sampling) che normalmente include un filtro antiparticolato o equivalente;
- un flussometro (flow meter) completo di segnale di guasto singolo o doppio (basso e/o alto);
- una forza motrice (motive force) che potrebbe essere una pompa elettromeccanica, un aspiratore o altro.



Tipica configurazione sistemi di campionamento punto a punto (IEC 6079-29-3)

In questi sistemi punto a punto, del tipo aspirato l'integrità complessiva è influenzata in gran parte dalla selezione, dall'installazione e dalla manutenzione degli elementi del sistema di campionamento del gas, in particolare tubi di campionamento installati e posizione di apparecchiatura per il punto di campionamento.

Requisiti per tutte le funzionalità SIL:

L'aspirazione del gas deve essere progettata in modo tale da garantire che una eventuale perdita del gas di aspirazione o di eventuale infiltrazione di aria venga rilevata:

L'ispezione di tutti i punti di campionamento, linee di campionamento, pompe, filtri ecc. deve essere frequente.

Requisiti aggiuntivi per le funzionalità SIL 1 e 2:

Le variazioni del flusso di gas devono essere monitorate vicino al sensore ed eventuali variazioni devono essere rilevate.

Devono essere forniti almeno due dispositivi di monitoraggio, per esempio un monitor di flusso e uno di pressione/vuoto.

L'eventuale multiplexing del campione dovrebbe essere tra le valvole multiplexing e il sensore del gas in modo tale da rilevare anche eventuali guasti nel modulo multiplexing che porta errori al campionamento.

Gli elementi di diagnosi devono essere implementati con le loro percentuali di guasto al FME-DA (Failure Mode Effects and Diagnostic Analysis) ma non devono conformarsi allo stesso SIL.

Requisiti aggiuntivi per le funzionalità SIL 3:

Deve essere fornito un montaggio protetto e aderente delle linee di campionamento fino al sensore con monitoraggio del flusso come specificato per le funzionalità SIL 1 e 2:

Protetto significa un'installazione in cui si ha bassa probabilità che si verifichi una perdita causata da influenza meccanica, ad esempio le linee di

campionamento possono essere costituite da acciaio inossidabile o altro materiale compatibile con il campione;

Le linee flessibili dovrebbero essere evitate o protette installando tubazioni o condotti supplementari o in un armadio chiuso durante il normale funzionamento.

Norma Internazionale IEC 60079-29-4

Questa ultima parte della norma IEC 60079-29 specifica i requisiti di prestazione delle apparecchiature per il rilevamento e misurazione di gas o vapori infiammabili nell'aria ambiente misurando lo spettro assorbimento da parte di gas o vapori su percorsi ottici aperti estesi, tipicamente compresi tra un metro a pochi chilometri.

Tale apparecchiatura misura la concentrazione integrale del gas assorbito sul percorso ottico in unità LFL come i misuratori puntuali per gas infiammabili specificati da norma IEC 60079-29-1, ma i valori effettivi di concentrazione possono essere dedotti solo se si può stabilire che la concentrazione è uniforme sul percorso ottico, ad esempio in percorsi ottici molto brevi (< 100 mm).

Questa norma si basa sulle attuali tecniche di assorbimento che utilizzano la radiazione infrarossa, le cui apparecchiature sono classificate nelle seguenti tipologie:

- Tipo 1: un trasmettitore e un ricevitore ottici, situati alle due estremità di un percorso attraverso l'atmosfera da monitorare.

- Tipo 2: un ricetrasmittitore ottico (cioè trasmettitore e ricevitore combinati) e un adatto riflettore, che può essere un elemento topografico o un catadiottero, situato alle due estremità di un percorso attraverso l'atmosfera da monitorare.

Questi tipi però non consentono però di conoscere se c'è una piccola nuvola di alta concentra-

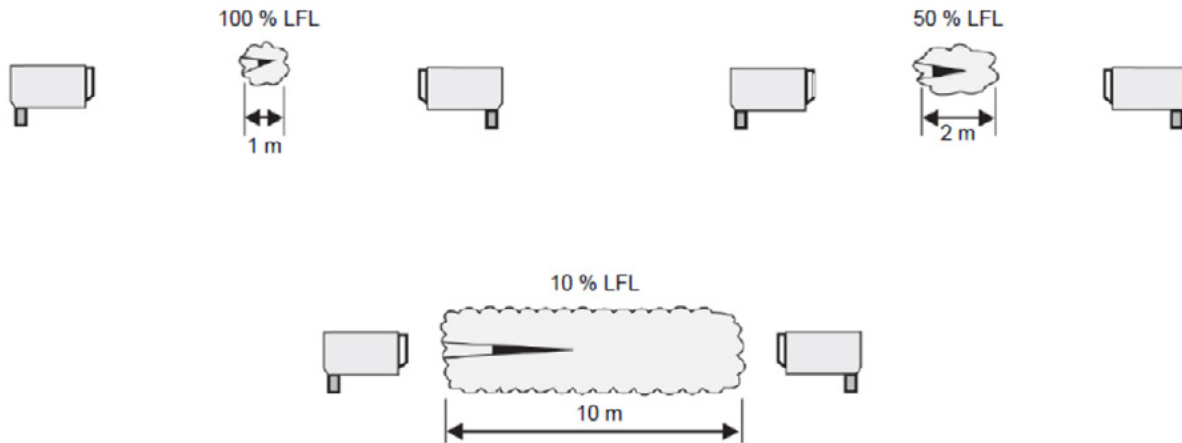
zione, o una grande nuvola di bassa concentrazione, o più di una nuvola.

Perciò viene misurata la concentrazione integrale sulla lunghezza del percorso in due modi:

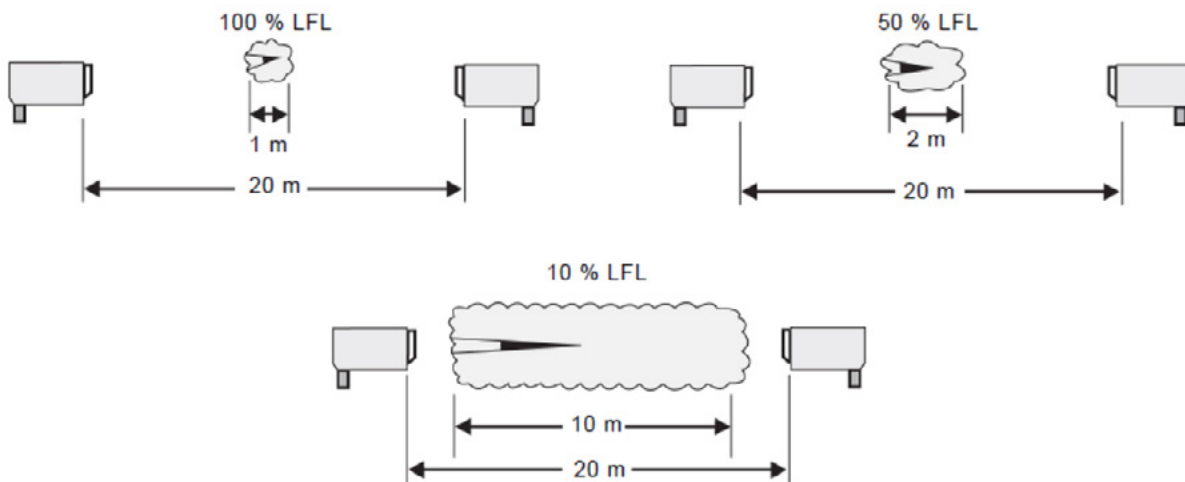
- in LFL × m che mostra in dettaglio come tre nuvole di gas con differenti dimensioni e concentra-

zioni risulterebbero nella stessa lettura di 1 LFL × m;

- in % LFL (avg) che mostra in dettaglio come tre nuvole di gas con differenti dimensioni e concentrazioni risulterebbero nella stessa lettura del 5% LFL.



Concentrazione integrale sulla lunghezza del percorso (@ 1 LFL × m)



Concentrazione media sulla lunghezza del percorso (@ 5% LFL)



***Alessandro Brunelli**

Esperto in Automazione, Strumentazione, Taratura e Sicurezza degli Impianti Industriali. Segretario CEI SC 65 B: Misura e Controllo dei Processi Industriali.
alebrunelli767@gmail.com

Per approfondire



<https://libri.editorialedelfino.it/prodotto/sicurezza-funzionale-degli-impianti-industriali/>

Alessandro Brunelli - Fabio Andreoli

SICUREZZA FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

Progettazione dei Sistemi Strumentati di Sicurezza (SIS)
in conformità alle norme IEC/EN 61508 & 61511



APPROFONDIMENTO EDITORIALE SICUREZZA FUNZIONALE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI

Progettazioni dei Sistemi Strumentati di Sicurezza (SIS) in conformità alle norme IEC/EN 61508 & 61511, A: Brunelli, F. Andreoli, Editoriale Delfino

Il volume, tratta ed analizza la sicurezza negli impianti industriali, che si ottiene normalmente mediante la stratificazione successiva di sistemi di “prevenzione” prima e di “protezione” poi allo scopo che i potenziali pericoli, siano limitati da sistemi diversi che intervengono in caso di fallimento dei sistemi degli strati sottostanti, e, normalmente, le azioni dei sistemi di sicurezza, aumentano di intensità a mano a mano che si passa da uno strato inferiore a quello superiore, fino ad arrivare all’evacuazione del personale. Intento del volume è quello quindi di analizzare i requisiti delle norme internazionali ed europee di riferimento e proporre una semplice metodologia applicativa con esemplificazioni pratiche di determinazione del livello di integrità di sicurezza (SIL) richiesto, e di verifica della sua probabilità di fallimento su domanda (PFD) sia a livello progettazione che a livello esercizio e manutenzione, allo scopo di mantenere la sicurezza funzionale dell’impianto durante tutto il suo ciclo di vita.



FLAMMABLE GAS DETECTION IN SAFETY INSTRUMENTED SYSTEMS (SIS) - SECOND PART

In several industries, the manufacture, processing, transport and storage of chemicals generate flammable gases and vapors that are released into the ambient air, which in contact with oxygen, can form a potentially explosive mixture likely to cause serious damage to people and property in the event of an explosion.

By Alessandro Brunelli

Part 3 of the International Standard IEC 60079-29 prescribes suitable equipment for monitoring gas atmospheres in “functional safety” safety instrumented systems.

Fixed gas detection systems have been used for many years to perform safety instrumented functions (SIF) in potentially explosive areas.

Like any other safety instrumented system SIS (Safety Instrumented System), a fixed gas detection system commonly includes:

- one or more input gas detectors
- a control unit
- a final control output element

Additional peripheral equipment may be incorporated into a fixed gas detector, such as a gas sampling system and/or a gas conditioning system.

In any case, the overall system of the detector and its relevant peripheral equipment must achieve a certain minimum standard level of performance, as well as having a suitable level of explosion protection against the potentially explosive atmosphere in which it operates: For the functional safety of the FGS system, it is important to define:

- the number of detection points and their appropriate location,
- the gas sampling and/or conditioning system,



- their possible duplication and/or redundancy,
 - the periodic verification and calibration of the detector,
 - the management of regular maintenance,
 - the response time of the system
- i.e. all those factors that have an effect on the integrity of the safety function of the SIS with respect to the expected SIL (Safety Integrity Level).

This part of IEC 60079-29-3 prescribes the functional safety of flammable gas detectors according to International Standards:

- IEC 61508, Parts 1_7 for general installations
- IEC 61511, Parts 1_3 for process industry.

These international standards, prescribe to implement the functional safety of the plants, through the use of Electrical, Electronic or Programmable Electronic Equipment (E/E/PE), with the objective to guarantee to bring the process in safe conditions after a malfunction of the process and/or of the Basic Process Control System (BPCS):

Obviously, these standards must be followed in the design of the FGS system when the same gas detection system is used as additional protection to the normal SIS safety instrumented system.

IEC 60079-29-3, considers the entire measurement system chain, whose subsystems may be supplied by different suppliers, and therefore the system integrator should consider at least the following elements:

- the use of standalone gas detectors that are integrated into an overall safety system
- the design and use of gas detection subsystems, including any associated equipment
- the design and use of a complete gas detection system, including peripheral gas detection equipment that makes up the overall safety system

The standard provides for these three main applications:

(a) as a prevention system (Prevention): the total system or a single instrumented control

loop has a prevention function for the integrity of the overall safety of the facility;

b) as a Mitigation system: the total system or an individual instrumented control loop has the function of mitigating the integrity of the overall safety of the plant;

c) as an additional safety protection system (Safe Guarding) covering fixed gas detection systems or individual instrumented control loops operating in parallel (secondary) to the overall plant safety instrumented system.

Typically these safety applications, can be considered as low demand systems (< 1 time per year) or at the limit high demand (> 1 time per year) and therefore it is of the so-called "on demand" type according to the above mentioned international reference standards:

Obviously also the choice of the interval of the periodic tests to maintain the required SIL levels, will have to be chosen, defined and verified during the design of the required SIS.

IEC 60079-29-3 then provides guidance for the design and implementation of a fixed gas detection system, including associated and/or peripheral gas detection devices, for the detection of flammable gases/vapors and oxygen when used in a safety-related application in accordance with IEC 61508 and IEC 61511.

IEC 60079-29-3 is applicable to flammable gas systems which includes:

- Gas sensor/transmitter
- Gas detection control unit (logic solver)
- Gas sampling (single and multiplex flows)
- Gas conditioning (if applicable)
- Calibration and automatic gas adjustment
- Output module (if not part of the control unit)

Throughout the life cycle of the FGS system, functional safety must be managed and verified at every stage of development, design, installation and operation:

functional safety management is intended to indicate the minimum requirements for each

person, department, or organization to meet with respect to their responsibilities during all phases of the gas detection system life cycle.

The functional safety management system must consider at least the following elements:

- safety function and safety integrity level;
- uniqueness of application or design;
- the organizations involved in the total life cycle;
- the scope of delivery for each organization.

Gas Detection Systems

IEC 60079-29-3 provides for two types of gas detection, sampling or diffusion.

- Sampling detection systems
- Point-to-point detection (discussed below)

A point-to-point sampling system comprises three main hardware elements in addition to the gas detector:

- a sampling point (sampling), which typically includes a particulate filter or equivalent;
- a flow meter complete with a single or dual (low and/or high) fault signal;
- a motive force which could be an electro-mechanical pump, a vacuum cleaner or other.

In these point-to-point, aspirated-type systems, the overall integrity is largely influenced by the selection, installation, and maintenance of the gas sampling system elements, particularly installed sampling tubing and equipment location for the sampling point.

Requirements for all SIL functionality:
The gas intake shall be designed to ensure that any leakage of intake gas or any air infiltration is detected:

Inspection of all sampling points, sampling lines, pumps, filters, etc. must be frequent.

Additional requirements for SIL 1 and 2 functionality:

Changes in gas flow must be monitored near the sensor and any changes detected.

At least two monitoring devices must be provided, e.g., a flow monitor and a pressure/vacuum monitor.

Any sample multiplexing should be between the multiplexing valves and the gas sensor so that any failures in the multiplexing module leading to sampling errors are also detected. Diagnostic elements must be implemented with their failure rates at FMEDA (Failure Mode Effects and Diagnostic Analysis) but do not have to conform to the same SIL.

Additional requirements for SIL 3 functionality:

A protected and tight fitting of the sampling lines to the sensor with flow monitoring as specified for SIL 1 and 2 functionality shall be provided:

Protected means an installation where there is a low probability of leakage caused by mechanical influence, e.g., sampling lines may be made of stainless steel or other material compatible with the sample;

Flexible lines should be avoided or protected by installing additional piping or conduit or in a closed cabinet during normal operation.

International Standard IEC 60079-29-4

This final part of IEC 60079-29 specifies the performance requirements for equipment to detect and measure flammable gases or vapors in ambient air by measuring the absorption spectrum by gases or vapors over extended open optical paths, typically between one meter to a few kilometers.

Such equipment measures the integral concentration of the absorbed gas over the optical path in LFL units in the same manner as point meters for flammable gases specified by IEC 60079-29-1, but the actual values actual concentration can only be deduced if it can be established that the concentration is uniform over the optical path, e.g. in very short optical paths (< 100 mm).

This standard is based on current absorption techniques using infrared radiation, the equipment of which is classified into the following types:

- Type 1: an optical transmitter and receiver, located at either end of a path through the atmosphere to be monitored.

- Type 2: an optical transceiver (i.e., transmitter and receiver combined) and a suitable reflector, which may be a topographic feature or a retro-reflector, located at either end of a path through the atmosphere to be monitored.

However, these types do not allow one to know whether there is a small cloud of high concentration, or a large cloud of low concentration, or more than one cloud.

Therefore, the concentration integral over the path length is measured in two ways:

- In $LFL \times m$, which shows in detail how three gas clouds with different sizes and concentrations would result in the same $1 LFL \times m$ reading;

- in % LFL (avg) which shows in detail how three gas clouds with different sizes and concentrations would result in the same reading of 5% LFL.

***Alessandro Brunelli**

Expert in Automation, Instrumentation, Calibration and Safety of Industrial Plants. Secretary CEI SC 65 B: Measurement and Control of Industrial Processes.

alebrunelli767@gmail.com

