

Edizione italiana

Strumentazione avanzata per impieghi in geotermia Il CISE a Geofluid 80

Il CISE parteciperà con un proprio stand a «Geofluid 80 — 3^a Mostra della Tecnologia e delle Attrezzature per la ricerca, la captazione, l'estrazione e il trasporto dei fluidi sotterranei», che si terrà a Piacenza dal 2 al 5 ottobre 1980.

Verranno presentati i principali risultati dell'attività di sviluppo di strumenti per prospezione geotermica che il CISE ha avviato da alcuni anni su richiesta dell'ENEL utilizzando alcune conoscenze acquisite nel corso degli studi condotti sulle miscele acqua-vapore per lo sviluppo del reattore nucleare prototipo CI-RENE. Con tale attività il CISE ha indubbiamente fornito un valido e originale contributo allo sviluppo della geotermia.

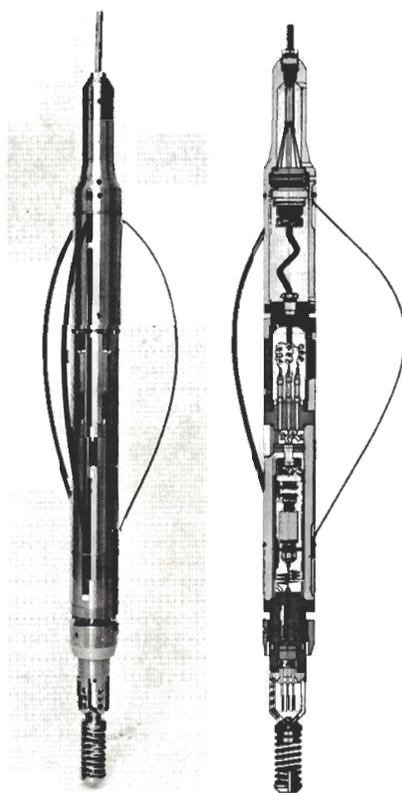
In questo quadro sono state progettate e realizzate per l'ENEL, e sono attualmente in esercizio, sonde per la misura simultanea di temperatura e pressione (denominate sonde T-P) aventi le seguenti caratteristiche principali:

- massima profondità raggiungibile: 3000 m;
- massima temperatura di esercizio: 250 °C;
- massima pressione di esercizio: 250 bar.

Un sistema di acquisizione dati posto alla bocca del pozzo permette di ottenere l'andamento della temperatura e della pressione in funzione della profondità.

L'illustrazione a fianco mostra una fotografia ed uno spaccato di una sonda T-P.

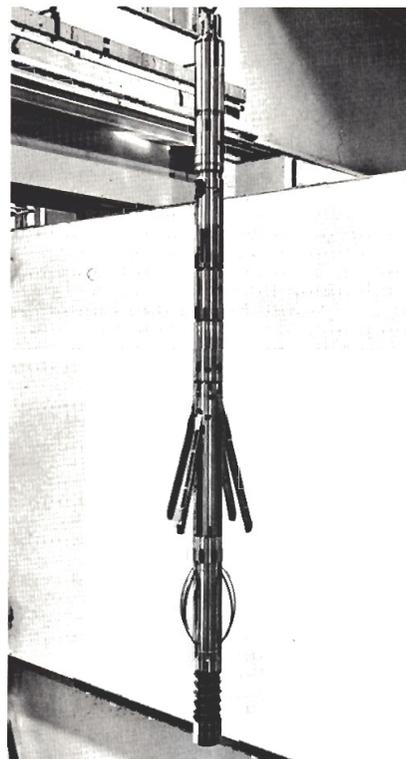
Sono attualmente in costruzione alcuni esemplari di una seconda versione della stessa sonda aventi caratteristiche più spinte (300 °C e 500 bar) e diametro ridotto (52 mm), che



Sonda T-P, e disegno del relativo spaccato, per la misura di temperatura e pressione in pozzi geotermici.

potrà essere impiegata anche all'interno delle aste di perforazione.

Un altro tipo di sonda, denominata CALIPER, della quale la fotografia in alto mostra il prototipo, consente la misura contemporanea dell'area della sezione del pozzo e della velocità del fluido che esso eroga o che vi viene iniettato. Attraverso la doppia misura di area e di velocità si può determinare la portata nel pozzo alle varie quote: variazioni di questa portata indicano la presenza di strati produttivi o assorbenti.



Sonda CALIPER, per la misura simultanea dell'area della sezione dei pozzi geotermici e della velocità dei fluidi che i pozzi erogano o che vi vengono iniettati.

Ancora a titolo di esempio citiamo alcuni tipi di attrezzi e strumenti realizzati o allo studio, di impiego in analoghe condizioni operative:

- una sonda motorizzata, sulla quale si possono montare attrezzature per effettuare manovre in pozzo, come campionamenti, ricupero di oggetti, ecc.;
- un clinometro, per la misura delle inclinazioni dei pozzi alle varie quote e della relativa orientazione rispetto a coordinate di superficie;
- un misuratore di variazioni lente di livello dell'acqua in pozzi profondi, capace di rivelare variazioni di 1 cm in tempi da qualche ora a qualche mese;
- un cavo elettrico flessibile, stagno ai fluidi e resistente alla corrosione, utilizzabile fino a 400 °C, per collegare le sonde nei pozzi con la strumentazione posta in superficie.

Alcune parti delle suddette apparecchiature sono coperte da brevetto.

Altri strumenti di nuova concezione, sviluppati e brevettati dal CISE, che trovano applicazione nell'ambito delle ricerche geotermiche, sono una sonda optoelettronica per misure di temperatura e un cavo per la trasmissione di segnali in fibra ottica.

La sonda optoelettronica (di cui nella fotografia è presentato il prototipo) misura la temperatura a distanza, sfruttando il coefficiente di temperatura della birifrangenza di un cristallo elettroottico. Sue caratteristiche principali sono:

- risoluzione: circa 0,02 °C;
- campo di misura: da temperatura ambiente a 500 °C;
- distanza tra il sensore e il punto di rilevamento: fino a 1 km;
- insensibilità alle interferenze elettromagnetiche;
- trasmissione di segnali in fibra ottica.

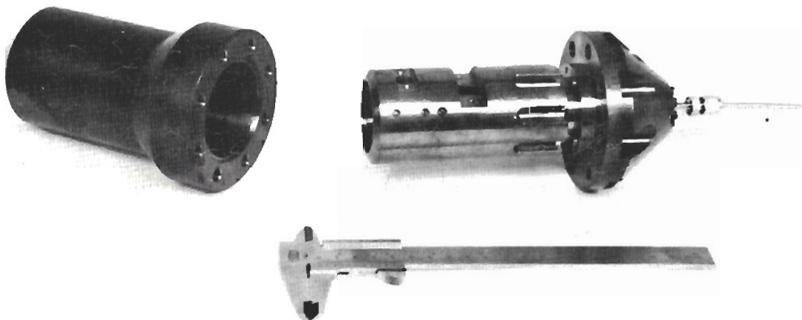
Oltre che per misure in pozzi geotermici, la sonda è utilizzabile per misure in ambienti esplosivi, essendo il segnale solo luminoso.

Il cavo ottico consiste in una fibra infilata in un tubo di acciaio inossidabile (diametro fibra $\approx 100 \mu\text{m}$, diametro interno tubo $\approx 3 \text{ mm}$), di lunghezza fino a circa 1 km. Il cavo è

stagno ai fluidi e resistente agli agenti corrosivi. Un'armatura esterna al tubo, costituita da un doppio strato di fili di acciaio inossidabile, lo rende inoltre resistente anche all'azione di sollecitazioni meccaniche. La fibra viene infilata nel tubo per trascinamento a opera di un flusso di fluido (tipicamente acqua), che scorre in pressione nel tubo stesso. Il trascinamento, in tali condizioni, avviene su tutta la lunghezza della fibra, senza quindi sollecitarla a trazione. Le principali caratteristiche di esercizio del cavo sono: temperatura massima: $\approx 500 \text{ °C}$; pressione massima: $\approx 500 \text{ bar}$.

Il cavo trova il suo migliore utilizzo in tutte quelle applicazioni che riguardano la trasmissione di dati in ambienti di particolare aggressività dal punto di vista della corrosione, radioattività, alta temperatura, rumore elettromagnetico: tipicamente, pozzi geotermici e petroliferi, centrali termoelettriche, acciaierie.

Per tutti gli strumenti citati, sviluppati prevalentemente nell'ambito di contratti con l'ENEL, il CISE intende stabilire contatti con industrie interessate alla produzione su licenza, distribuzione e vendita, ed è in grado di fornire tutte le informazioni concernenti le relative procedure di fabbricazione e di collaudo.



Sonda optoelettronica, per la misura a distanza di temperatura in pozzi geotermici e ambienti esplosivi.

Conservazione dell'energia

L'energia è il tema su cui il CISE ha sviluppato, a partire dalla sua fondazione, nel lontano 1947, gran parte della propria attività. Di tale argomento, nel corso degli anni, sono stati affrontati diversi aspetti: da quello fisico-termodinamico, a quello progettuale-sistemistico, a quello tecnologico.

La particolare situazione venutasi a creare nel corso degli anni '70, in termini di difficoltà negli approvvigionamenti energetici, ha indotto il CISE a impegnare la propria «cultura energetica», maturata in oltre trent'anni di attività, sull'esigenza della conservazione dell'energia stessa.

Conservare l'energia può però significare molte cose, diverse fra loro in primo luogo per complessità tecnologica. Può voler dire, ad esempio, ridurre la domanda di energia nella fase finale della sua utilizzazione at-

traverso l'incremento della coibentazione termica degli edifici civili e industriali. Oppure, conseguire lo stesso risultato attraverso una diversa progettazione e/o organizzazione del sistema utilizzatore. Un diverso *lay-out* di uno stabilimento industriale e una differente organizzazione temporale della produzione sono esempi di quest'altro modo di affrontare il problema della conservazione dell'energia. Ma conservare l'energia può voler dire anche procedere al ricupero di energie normalmente disperse mediante semplici tecnologie di scambio termico.

La stessa operazione di ricupero può peraltro essere realizzata attraverso tecniche più sofisticate e innovative, come quelle che fanno ricorso ai cicli Rankine a fluido organico o al ciclo a pompa di calore.

Conservare l'energia può significare, ancora, migliorare, in termini di

resa energetica, la fase di produzione e distribuzione dell'energia mediante semplici provvedimenti mantentivi o ricorrere a una diversa tecnologia ben più complessa, come la produzione combinata di energia elettrica e calore; e inoltre, ridurre il consumo di energia ricavata dalla combustione del petrolio, ricorrendo allo sfruttamento di fonti rinnovabili, come l'energia solare, o di ricupero, come il biogas; e così via.

A questa varietà di soluzioni tecnologiche corrispondono naturalmente differenti implicazioni sotto il profilo del risparmio energetico voluto, dell'affidabilità della tecnologia utilizzata, dei costi di investimento e di gestione, dei costi finanziari, dell'organizzazione richiesta per progettare, realizzare e gestire il risparmio, della rispondenza alle disposizioni di legge in materia e agli orientamenti della programmazione energetica nazionale.

Implicazioni che poi a loro volta assumono una diversa importanza reciproca a seconda del «Sistema

Energetico» che si deve razionalizzare; a seconda, cioè, che si debba intervenire su un grande complesso terziario, come un ospedale o un centro amministrativo, un'industria o una zona industriale, un quartiere o un'intera città, un comprensorio intercomunale o un'intera provincia. Ciascuno di questi «Sistemi Energetici» interessa poi un diverso «Soggetto Decisionale», che di volta in volta potrà essere un imprenditore, un consiglio d'amministrazione, un consiglio comunale, per ciascuno dei quali l'obiettivo di competenza si pone in termini diversi; come pure diversa sarà la scala delle priorità tra le implicazioni (energetiche, economiche, di affidabilità, ecc.) che l'intervento di razionalizzazione comporta.

Il CISE, di fronte a questa problematica ampia e complessa, impegnando, come si è detto, la propria cultura energetica maturata in oltre trent'anni di attività, ha sviluppato e continua a sviluppare metodi di analisi e di intervento appropriati alla molteplicità dei sistemi energetici da razionalizzare e alla varietà della problematica stessa del risparmio.

Il CISE è quindi in grado di effettuare, sulla scorta di tali metodi e utilizzando un'approfondita conoscenza della tecnologia — tanto di quella già disponibile sul mercato che di quella in fase di ricerca e di sviluppo — studi di fattibilità tecnico-economici delle diverse soluzioni possibili di conservazione dell'energia, in un determinato sistema, mediante interventi specifici per recupero del calore disperso, produzione combinata di energia elettrica e calore con sistemi interconnessi o non con la rete elettrica nazionale, sistemi solarizzati attivi e, in generale, sistemi alimentati da fonti rinnovabili, organizzazione dell'«energy management» nell'industria, e così via.

In questa linea il CISE ha sviluppato per conto di, e in collaborazione con, diversi enti e società industriali, uno studio denominato «Progetto S. Polo», finalizzato a verificare la fattibilità tecnico-economica di un sistema a energia totale per un quartiere con una volumetria di circa 2700000 m³ e 17000 abitanti, in via di costruzione a Brescia, denominato appunto «Quartiere S. Polo».

Parallelamente, il CISE, per conto del CNR, svolge le funzioni di coordinamento generale delle attività di ricerca condotte nell'ambito del Tema «O» - Energia e Territorio (Sottoprogetto RERE) del Progetto Finalizzato Energetica.

Si tratta di circa 20 ricerche articolate in quattro sottotemi, che vengono condotte in varie località del territorio italiano e sono finalizzate all'introduzione di sistemi e tecnologie di risparmio energetico e di utilizzo di fonti rinnovabili.

Oltre a svolgere la citata attività di coordinamento, il CISE ha la responsabilità scientifica diretta di tre interventi di razionalizzazione energetica, che vengono condotti — sempre nell'ambito del tema O — rispettivamente a Reggio Emilia, Porto Marghera e Pisa.

Infine è in atto tra CISE e Federlombarda (Federazione Regionale Associazioni Industriali della Lombardia), una convenzione avente lo scopo di sensibilizzare il mondo industriale lombardo sull'esigenza di avviare

concrete azioni di risparmio e di recupero di energia. La prima fase di quest'attività di collaborazione — che assume necessariamente un carattere sperimentale, data la complessità del tema e tenuto conto del fatto che nulla, o quasi, di concreto è stato effettuato in questo settore fino ad ora — è articolata per il 1980 in dodici seminari informativi, ciascuno dei quali dedicato a particolari settori industriali, con riferimento alla piccola e media industria.

Il CISE svolge inoltre un'attività di consulenza per studi sui risparmi energetici, sia di carattere generale, per la Esso Italiana, che di carattere particolare, relativa alla razionalizzazione energetica di varie unità produttive della Plasmon S.p.A.



Una veduta dello stand del CISE alla mostra BIAS 80 Microelettronica (Fiera di Milano, 4-8 giugno 1980). Alla BIAS sono state esposte alcune delle realizzazioni nel campo della strumentazione elettronica, che il CISE mette a disposizione delle aziende interessate alla fabbricazione industriale e allo sfruttamento commerciale di prodotti tecnologicamente avanzati.



All'Esposizione «Strumentazione PnD 80», organizzata dall'Associazione Italiana Prove non Distruttive e tenutasi al Centro Congressi Leonardo da Vinci di Milano, dal 13 al 14 giugno scorso, il CISE ha presentato, per la prima volta ad una mostra, il proprio sistema strumentale multicanale per la rilevazione e l'analisi in tempo reale di sorgenti di emissione acustica (EA) associata con l'evoluzione di difetti presenti in strutture sollecitate. Il sistema di EA è applicabile per l'esame non distruttivo e la sorveglianza di componenti e impianti — anche in esercizio — in numerosi settori industriali, quali ad esempio: chimico e petrolchimico, produzione di energia elettrica sia da fonte tradizionale che nucleare, trasporti, costruzioni civili, off-shore.

Sono stati inoltre esposti il nuovo sistema di acquisizione ed elaborazione dati a microprocessore, utilizzato per la misura delle differenze di tempi di arrivo del fronte d'onda di emissione acustica nei punti della struttura in cui sono posti i sensori, e alcuni modelli di sensori, attacchi magnetici e guide d'onda, realizzati al CISE.

Il FET ad arseniuro di gallio, componente essenziale per l'elettronica delle microonde

I transistori a effetto di campo (FET) all'arseniuro di gallio (GaAs) hanno oggi, rispetto ai transistori al silicio, un più alto guadagno e una minore cifra di rumore per frequenze superiori a 4 GHz e promettono notevoli progressi per gli anni futuri. Tali progressi sono condizionati dai fattori seguenti:

possibilità di utilizzare nuovi materiali, come arseniuro di gallio e alluminio (GaAlAs), arseniuro di indio e gallio (InGaAs);

studio di nuove strutture ottimizzate; ulteriore miniaturizzazione delle dimensioni: oggi si sta già arrivando a definire lunghezze di «gate» di 0,25 μm ;

sviluppo delle tecniche di integrazione monolitica, che consentano di ridurre gli elementi parassiti associati a contenitori e a fili di interconnessione.

Oggi i FET al GaAs trovano la loro applicazione più interessante come dispositivi a basso rumore o di media potenza a frequenze comprese tra 4 e 18 GHz, in preamplificatori, amplificatori, mescolatori e oscillatori.

Al CISE è in fase avanzata un programma di studio, progettazione e realizzazione di FET al GaAs per piccoli segnali a bassa cifra di rumore, per frequenze comprese tra 8 e 12 GHz.

È generalmente riconosciuto che il miglioramento della qualità del materiale semiconduttore è una delle principali ragioni del crescente successo dei FET al GaAs, sia per applicazioni di potenza che a basso rumore.

Allo scopo di realizzare strutture ottimali, sono state adottate al CISE due tecnologie competitive:

1) crescita del GaAs per epitassia da fase vapore;

2) impiantazione ionica dei substrati di GaAs con ioni di silicio.

Tra le due tecniche la seconda è ritenuta più promettente per produttività, riproducibilità, controllo dei parametri e per la possibilità di realizzare selettivamente sulla superficie del semiconduttore zone di diverse caratteristiche elettriche. Nel pro-

cesso di fabbricazione di un FET per microonde lo stadio di gran lunga più critico è rappresentato dalla definizione della sottilissima striscia del metallo di «gate», di lunghezza inferiore al micrometro, e dal suo perfetto allineamento entro uno spazio di 2-3 micrometri tra le piazzole metalliche di «source» e «drain» (v. figura in alto).

La struttura riportata nella figura, nella quale la striscia di alluminio di «gate» è lunga soltanto 0,5 micrometri, è stata ottenuta con un metodo brevettato al CISE, detto di «autoallineamento», che consente di ottenere strisce metalliche sottilissime e perfettamente allineate, con alto rendimento, elevata riproducibilità e basso costo di processo. È stato recentemente brevettato al CISE anche un diverso metodo di «autoallineamento», adatto alla realizzazione di strutture FET con canale scavato.

ottimizzate per prestazioni ad elevate frequenze con bassa cifra di rumore. Nella seconda figura è riportata l'intera configurazione di un FET al GaAs.

Migliorando la qualità del materiale semiconduttore ottenuto sia per epitassia che per impiantazione ionica, e perfezionando la struttura dei dispositivi, si ritiene di poter ridurre, entro breve tempo, la cifra di rumore a 2,5 dB a 12 GHz.

Di quest'ordine di grandezza infatti sono le prestazioni richieste per un FET che debba essere utilizzato nello stadio preamplificatore di un ricevitore teleselettivo domestico da satellite: su tale applicazione è pertanto concentrato al CISE lo sforzo di ricerca nel settore dei componenti per microonde, con l'obiettivo di pervenire nel giro di 2-3 anni alla realizzazione in forma monolitica di gran parte dell'intero sistema.

