

Quale è il confine fra normale e paranormale?

Strani fenomeni in una officina meccanica di Cagliari

Guido Pegna, Dipartimento di Fisica, Università di Cagliari, pegna@unica.it

Introduzione

Alla fine del 2008 strani eventi cominciarono ad accadere in una grossa officina meccanica di Cagliari. Cavi elettrici fortemente stretti nelle loro morsettiere continuavano a sfilarsi da soli; altri cavi si attorcigliavano e si annodavano spontaneamente in garbugli complicati. Subito dopo tutti i dispositivi dei quadri elettrici di potenza subirono disgregazioni, smembramenti, carbonizzazioni degli isolanti, seguiti poi man mano dalla distruzione di tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche delle macchine a controllo numerico presenti nell'officina rendendole inservibili, con danni valutati in milioni di euro. In seguito, e sempre in posti differenti e in momenti del tutto casuali oggetti metallici anche assai pesanti cominciarono a spostarsi spontaneamente o a spiccare voli di molti metri, mentre oggetti più piccoli venivano proiettati a grande distanza con la velocità di proiettili. Tutti gli strumenti e le apparecchiature elettroniche di misura introdotte in quell'ambiente, così come le telecamere, le macchine fotografiche e i telefoni cellulari non sopravvivevano per più di poche ore. Descriveremo qui di seguito l'ambiente in cui si sono verificati questi fatti, tenteremo una loro classificazione, riporteremo i risultati su quanto è stato possibile indagare e proporremo infine una ipotesi di spiegazione sulla causa dei fenomeni, supportata dalle prove raccolte.

1. L'ambiente.

L'officina è situata nel sottopiano di un grande edificio isolato nel quale, al livello del piano stradale, sono presenti alcune attività commerciali, uno studio medico e una azienda produttrice di kit di test per laboratori di analisi biologiche. Si accede all'officina e ad un grande cortile, in parte adibito a parcheggio e in parte alberato, per mezzo di una rampa carrabile in discesa. Al centro del cortile, ad una trentina di metri dall'ingresso dell'officina, vi è una cabina MT (25 KV) - BT dell'ENEL. I cavi di adduzione e di uscita dalla cabina sono interrati. Il trasformatore presente in cabina ha una potenza di 450 KVA mentre la potenza di punta di tutte le attività presenti nell'edificio non supera i 40 – 50 KVA. Alla sinistra dell'ingresso dell'officina, alloggiati nella parete all'esterno di questa, vi sono i quadri elettrici con i contatori di tutte le utenze dell'edificio nel numero di una quindicina, fra i quali il contatore trifase a 380 V per l'alimentazione dell'officina. Due delle pareti perimetrali dell'officina confinano con un largo androne interno all'edificio, la terza con un magazzino di pertinenza di un'altra attività commerciale mentre il fronte, con la porta di ingresso, è affacciato sul cortile.

All'interno dell'officina, di proprietà della ditta F.lli Magro S.n.C. sono presenti quattro grandi stazioni di lavoro a controllo numerico più macchine convenzionali come torni, presse, frese e tutti gli apparecchi ed accessori necessari per lavorazioni meccaniche a grande spettro. L'ambiente è diviso in due grandi spazi a pianta rettangolare per una superficie totale di circa 400 m². Il pavimento è impostato direttamente sul terreno ad eccezione di una breve porzione in un angolo del secondo vano al di sotto della quale vi è il passaggio di una grossa conduttura, probabilmente di tipo fognario.

L'alimentazione elettrica per le utenze interne all'officina è distribuita per mezzo di canalette metalliche aeree a partire da un grande quadro elettrico principale posto a sinistra immediatamente dopo la porta di ingresso. Un quadro secondario è presente nel secondo ambiente. L'impianto elettrico nel suo complesso è stato dichiarato rispondente alle norme vigenti.

2. Gli eventi

Illustreremo qui gli eventi dei quali è stata registrata ed è disponibile una documentazione sia fotografica che video e audio. I documenti di tipo fotografico sono per forza di cose tutti relativi a modifiche o trasformazioni di oggetti *dopo* che queste si sono verificate, ma la loro autenticità è attestata da testimonianze attendibili, mentre le registrazioni video e audio documentano eventi *durante* il loro verificarsi. Di queste ultime vengono prese in considerazione solamente quelle nelle quali è evidente la assenza di persone nelle vicinanze del luogo in cui l'evento si manifesta, e quindi sono da considerarsi *assolutamente* attendibili, al livello di autentiche prove nel senso più preciso del termine. Non essendo possibile incorporare in questo documento le registrazioni video e audio, esse potranno essere consultate accedendo ad un sito web¹, e verranno citate con il titolo con cui appaiono in quel sito fra parentesi quadre e in corsivo.

Gli eventi sono classificabili in tre grandi categorie.

- 2.1. *Eventi riguardanti dispositivi elettrici ed elettronici.* Fra questi: a) Il ripetuto distacco di cavi di potenza dalle morsettiere dei dispositivi presenti nei quadri elettrici anche dopo che tali morsettiere erano state strette molto a forza; segni di bruciature sui cavi sia di potenza che di trasferimento dati interni alle macchine a controllo numerico. b) Rotture meccaniche e frantumazioni negli interruttori e nei limitatori magnetotermici di potenza presenti nei quadri elettrici, con espulsioni di parti metalliche ed elettriche (bobine di relé e bobine su nuclei toroidali). Una vicenda particolare ha riguardato il contatore trifase di alimentazione dell'officina. È accaduto infatti che durante una stessa settimana, in giorni successivi, si sono verificate sette rotture del contatore, con fratture meccaniche esterne visibili. Per sette volte esso è stato prontamente sostituito dall'ENEL. Dopo una successiva rottura l'ENEL ha installato a monte del contatore una scatola di fusibili da 60 A, sigillata; simultaneamente l'autore ha fatto installare a valle del contatore una scatola di fusibili da 32 A e un interruttore magnetotermico da 25 A. Si sono allora verificate, in giorni successivi, fusioni di due dei fusibili, sempre gli stessi, relativi alle stesse fasi, nella scatola sigillata a monte, questa volta

senza danni al contatore e senza l'intervento dei due dispositivi a valle. A seguito di una ulteriore interruzione dei fusibili sigillati, l'ENEL ha tolto tutti i fusibili dalla scatola sigillata, privando in tal modo l'officina dell'alimentazione elettrica. Da questo momento l'officina ha prelevato energia monofase dall'impianto condominiale, solamente per alimentare alcuni piccoli carichi di servizio, come la macchina per Fax, un computer, alcune lampade. Malgrado tutto questo, i fenomeni come quelli che abbiamo descritto e come quelli che descriveremo in seguito sono continuati. c) Danni irreparabili a molte schede elettroniche dei sistemi computerizzati di controllo e programmazione delle macchine a controllo numerico e ai loro alimentatori. Tutte le macchine sono ora totalmente inutilizzabili. d) Espulsioni di intere file di relé dai loro zoccoli nelle sezioni di interfaccia delle macchine a controllo numerico, malgrado questi fossero assicurati con le relative molle di ritegno. Espulsione frequente di tutti i cavi che sono inseriti nella parte posteriore del computer presente nell'ufficio. e) Scintillii di breve durata ma intensi al livello delle morsettiere dei dispositivi di potenza all'ingresso del quadro principale; di uno di questi eventi è stata fortuitamente ottenuta una registrazione video [*sfiameggiamenti su un interruttore*]. f) Eventi riguardanti apparecchi e dispositivi non connessi alla rete elettrica: danni ripetuti e distruzione di telefoni cellulari, videocamere, telecamere, oltre a due casi a chiavi codificate per l'apertura a distanza di veicoli lasciate appoggiate su un tavolo. Ciò ha reso particolarmente difficile ottenere documentazione video.

- 2.2. *Spostamenti e deformazioni di oggetti.* Avendo notato che erano soggetti a deformazioni, sottili tondini e tubi metallici isolati da altri oggetti, di varia lunghezza, introdotti come test, hanno sempre subito piegature, torsioni e incurvature strette, vedi ad esempio la figura 1.



Figura 1. Tubetto di alluminio diametro 6 mm fortemente ritorto.

Non altrettanto è accaduto a grosse trecce di rame. Ancora: avendo notato che spesso alcuni piccoli fusibili ceramici subivano fratture senza l'interruzione del filo fusibile interno, molti di questi fusibili sono stati disposti in vari luoghi all'interno dell'officina, anch'essi per funzionare come una sorta di test. Questi fusibili hanno continuato sporadicamente ma regolarmente sia a spostarsi che a frantumarsi. Spostamenti di oggetti molto più pesanti si sono verificati in alcuni pochi casi: un pesante indotto di un motore trifase è caduto dal piano sul quale era stato appoggiato; la cornetta di un telefono da tavolo più volte è caduta per terra; un filo di stagno per saldature elettroniche più volte si è srotolato dal suo rocchetto per lunghezze variabili da 20 cm fino ad un metro e più.

- 2.3. *Voli di oggetti.* Verso la fine del 2009 ebbe inizio un nuovo tipo di fenomeni, di assai maggiore violenza. Cominciarono a prendere il volo oggetti di varia massa e dimensioni. Sono state ottenute, a seguito di pazienti e lunghe attese e di molta fortuna alcune riprese video di tali fenomeni. Le più impressionanti sono un volo di circa 4 m dello chassis alettato di alluminio di un inverter del peso di una diecina di chilogrammi [*oggetto pesante volato*] e il volo verso l'alto con conseguente rimbalzo sul soffitto di uno scanner [*volo di uno scanner*]. Oggetti più piccoli acquistavano la velocità di proiettili. Un esempio è il volo di un telefono cellulare [*volo di un telefonino*]. Un componente cilindrico di ferro del peso di circa 100 g ha sfondato il vetro di separazione fra l'ufficio e la prima sala dell'officina per fermarsi sulla parete di fondo. Un magnete cilindrico al Nd, diametro 1" e altezza 1/2", partito dalla prima sala, dopo un volo con una traiettoria complicata di una ventina di metri è andato ad attaccarsi alla porta metallica dell'ufficio dopo avere imboccato la porta di separazione, che era aperta, senza frantumarsi: come è noto tali magneti sono estremamente fragili. Sono state ottenute con l'aiuto della fortuna registrazioni video di due eventi violenti: i voli per più di 10 m di due dischi per macchine smerigliatrici [*volo disco 1, volo disco 2*].

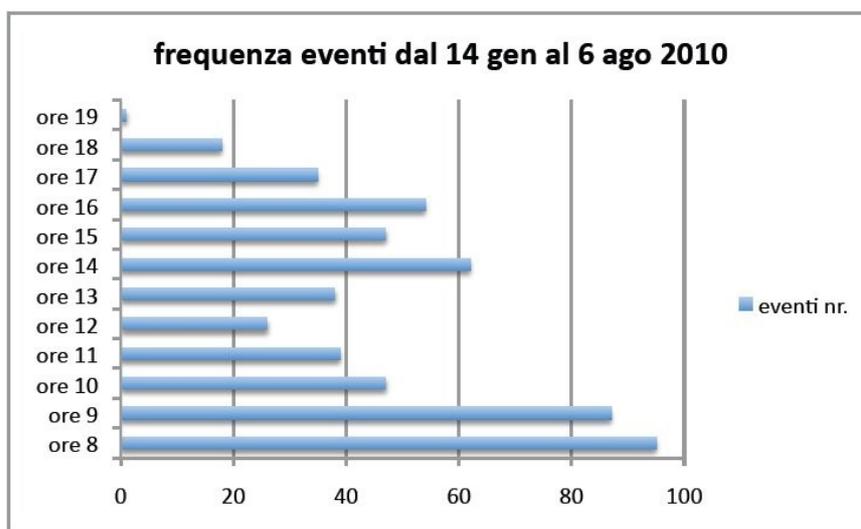
Si sono verificati più volte anche voli di oggetti che erano stati posti sul tetto della cabina di trasformazione o sostenuti da perni esistenti su una delle sue pareti. In particolare un tubetto diritto di alluminio è stato ritrovato, attorcigliato in due spire, attaccato ad un ramo di un albero del giardinetto che sta dietro la cabina.

- 2.4. *Altri eventi.* Testimonianze attendibili hanno riportato che in più occasioni, e molto probabilmente in coincidenza con qualcuno dei fenomeni sopra riportati, si è udito un forte e intermittente ronzio nella cabina ENEL sita nel cortile dell'edificio, proveniente plausibilmente dal trasformatore al suo interno. Una stufa elettrica presente in officina e scollegata dalla rete, come pure un saldatore elettrico, anch'esso non connesso alla rete sono stati trovati tiepidi. Tubi fluorescenti appoggiati qua e là sono stati spostati di uno o due

metri e frantumati. Un tubo fluorescente si è staccato dalla sua plafoniera dal soffitto dell'officina ed è caduto rimbalzando e frantumandosi [*scoppio lampada*].

3. Tempi, luoghi e modalità

Gli eventi descritti si verificavano solamente nei giorni di lavoro: mai di sabato pomeriggio, mai di domenica o in altri giorni festivi, mai nella gran parte del mese di agosto. Un istogramma della distribuzione oraria di tutti gli eventi, indipendentemente dalla loro modalità, che si sono verificati nel periodo fra il 14 gennaio e il 6 agosto 2010 è riportato nella figura 2.



In esso si evidenzia che la frequenza degli eventi si addensa prima o all'inizio dell'orario di lavoro mattutino delle attività commerciali presenti nello stesso edificio e durante l'intervallo fra il turno mattutino e quello pomeridiano. Queste ore di addensamento corrispondono abbastanza bene a minimi relativi delle richieste di energia dalla cabina di trasformazione.

L'officina è grande ed è strapiena di oggetti metallici di tutte le forme e dimensioni, residui e surplus di lavorazioni, materiali e utensili di scorta, ricambi di parti meccaniche, a migliaia. Gli eventi descritti riguardavano sempre oggetti metallici, indipendentemente dalla natura del metallo, o costituiti da parti isolanti contenenti elementi metallici. In certe giornate gli eventi erano frequenti: in media accadeva qualcosa ogni 10-20 minuti. In altre giornate o non accadeva nulla o eventualmente solamente uno o due fenomeni sporadici. Non è stato possibile individuare alcuna regolarità di posizione all'interno dell'officina.

Essendo stato notato per caso che in certi momenti un teleruttore collegato alla rete scattava ripetutamente con una frequenza di 8 – 10 scatti al secondo per la durata di qualche secondo, segnalando così la presenza di ripetuti buchi di alimentazione, alcuni teleruttori sono stati da quel momento permanentemente connessi alla rete. Quasi immediatamente è stato osservato che il verificarsi di questo fenomeno, udibile in tutta l'officina, costituiva un quasi sicuro preavviso del

verificarsi successivo di qualcuno degli eventi descritti. Tracce audio degli scatti di questi teleruttori sono riportate nel sito web citato [*scatti teleruttori1*, *scatti teleruttori2*].

4. I test effettuati

Campagne di misura sulla qualità e sulle modalità della fornitura di energia all'officina sono state effettuate per mezzo di strumentazione specifica a norma sia dall'ENEL che dal DIEE (Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica) dell'Università di Cagliari e da una ditta privata specializzata. Tutte queste campagne hanno rilevato che la fornitura è sostanzialmente corretta salvo un eccesso fuori norma di buchi di tensione e di qualche breve limitata sovratensione, ma nessuna di esse è pervenuta a scoprire la causa dei fenomeni, che accadevano anche durante la presenza in officina degli operatori. In nessuno dei rapporti presentati si fa alcun cenno alle possibili cause dei fenomeni sopra descritti.

Successivamente, a partire dal mese di marzo del 2010, su impulso del CTU (Consulente Tecnico di Ufficio) nominato dal tribunale di Cagliari in ordine alla causa di risarcimento intentata dalla proprietà dell'officina contro l'ENEL, l'autore del presente rapporto (GP) ha iniziato una sua ricerca sulle cause dei fenomeni.

Alla fine del primo mese di osservazioni l'autore era ormai del tutto convinto che i fenomeni erano reali e non frutto di dolo o di artefatti umani. Infatti alcuni eventi erano accaduti in sua presenza ed erano stati da lui osservati direttamente. Egli è perciò un testimone della "autenticità" dei fenomeni ed è pronto a mettere in gioco il suo onore per confermarla.

I primi test messi in atto erano concepiti solamente per mettere in evidenza e registrare la presenza di campi magnetici impulsivi, senza per effettuare misure. La situazione di aleatorietà dei fenomeni, la loro violenza e il fatto che tutti gli strumenti di registrazione audio e video venivano immediatamente danneggiati rendeva particolarmente difficile qualunque procedura sperimentale di indagine.

I primi test sono consistiti nel collegare una bobina di poche spire su nucleo di ferrite ad un registratore audio tenuto in funzione per tutta una giornata. Si sono rilevati alcuni tratti nei quali il rumore bianco di fondo spariva completamente, come accade quando viene registrato un segnale molto forte a frequenza ultraacustica. La traccia magnetica rivelava forti transitori di attacco. Immediatamente dopo si è installato un semplice dispositivo consistente in una spira circolare connessa attraverso un diodo in serie ai morsetti di un condensatore con dielettrico a bassissima perdita. La speranza era di accumulare cariche e memorizzarle per poi dedurre qualche valore dei campi inducenti con la misura della tensione ai morsetti del condensatore. Questo dispositivo ha subito immediatamente danni irreparabili con l'estirpazione dei morsetti dal condensatore e la deformazione della spira, ridotta ad uno strettissimo avvolgimento. Si sono di seguito sospese per mezzo di sottili fettucce di nylon alcune spire circolari di vari diametri, e una "pseudo bussola" costituita da un potente magnete al Nd con le espansioni polari accresciute per mezzo di due

cilindri di ferro dolce di 20 mm di diametro e lunghi 12 cm. Le spire circolari più volte hanno ruotato ampiamente attorno alla verticale [*spira gira 1, spira gira 2*] mentre la pseudo bussola, il cui momento di inerzia era molto maggiore, ha accusato eventualmente solo piccole deviazioni. L'autore ha personalmente assistito, in un caso, ad un progressivo aumento dell'ampiezza delle oscillazioni di una delle spire sospese. Tuttavia la pseudo bussola ha subito varie interessanti vicende: distacco delle espansioni polari, volo del magnete, sparizione del magnete e ricomparsa sulla punta di una scarpa antinfortunistica di un addetto dell'officina, attratta dalla corazzatura interna di acciaio.

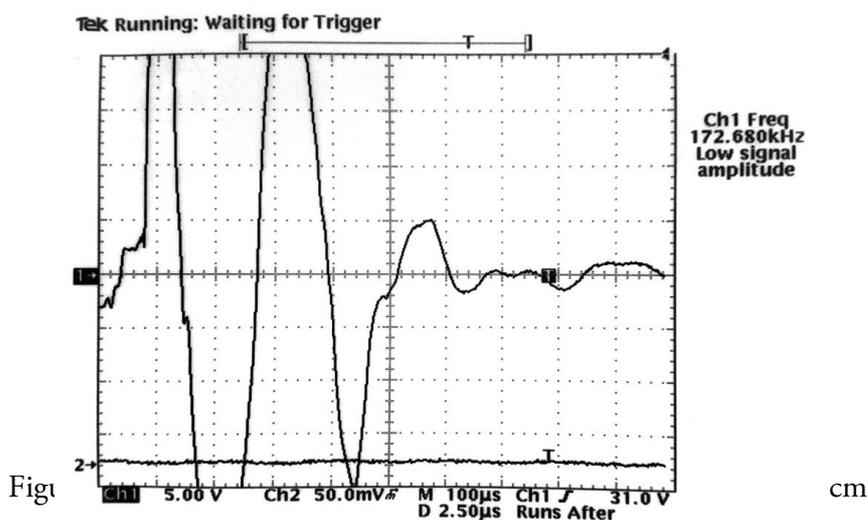
Avendo constatato che tutte le telecamere usate fino a quel momento erano state danneggiate, l'autore ha fatto costruire due scatole di ferro con pareti dello spessore di 10 mm entro cui alloggiare due videocamere e le batterie per una autonomia di registrazione di una intera giornata. In concomitanza è stato costruito un dispositivo che trasduce il valore del campo magnetico in una nota acustica, con uscita audio udibile a 400 Hz in corrispondenza del valore di fondo del campo magnetico locale e con una costante di trasferimento di 2,5 Hz/gauss. La speranza era di poter registrare simultaneamente in tutte le sue fasi un evento di volo o di spostamento di oggetti e in coincidenza il corrispondente valore istantaneo del campo magnetico presente. Le telecamere sono state tenute in funzione ininterrottamente per circa un mese. Malgrado il fatto che molti eventi di volo si siano verificati in quel periodo, di nessuno di questi si è avuta la ventura di una ripresa video. Si è dovuto constatare che per il limitato angolo di ripresa e per la intricata disposizione delle strutture presenti, sarebbero state necessarie molte più videocamere per coprire tutta la superficie dell'officina. Al contrario sono state invece ottenute ottime tracce audio di molti degli eventi di variazione del campo magnetico.

Una di queste tracce è ascoltabile in [*suono campo magnetico alto*]. La sua analisi in laboratorio ha portato a quantificare i picchi della componente orizzontale (nella direzione di sensibilità del trasduttore) del campo magnetico di questo fenomeno in circa 2.000 Gauss.

A seguito del parziale successo di questa indagine, che ha rivelato oltre all'andamento di una componente del campo magnetico anche quello delle sue variazioni a bassa frequenza, si è installato un sistema più semplice e diretto. Si tratta di una bobina di 2000 spire su nucleo di ferrite connessa direttamente all'ingresso di un amplificatore audio in modo da permettere la acquisizione del suono generato sulla traccia audio delle videocamere, oltre che all'ingresso di un oscilloscopio e di un registratore audio a nastro. Una delle registrazioni è ascoltabile [*suono bobina*]. Tali suoni sono generati dalle tensioni indotte nella bobina dalle variazioni del flusso del campo magnetico presente in quel momento in officina, e rappresentano fedelmente la derivata nel tempo delle variazioni del flusso inducente. In questi segnali l'informazione di intensità è perduta, mentre sono bene restituite le informazioni di frequenza.

Alla fine del mese di giugno 2010 l'autore ha ottenuto che venisse costruita e installata nell'officina una grande gabbia di Faraday abitabile, con tutti i sei lati di rete d'acciaio con maglie

da 10 mm e dotata di sistemi di alimentazione completamente svincolati dalla rete elettrica. Questa struttura assicura una ottima protezione contro i campi elettrici ma è trasparente per i campi magnetici. In essa è stato possibile installare varia strumentazione in condizioni di maggior sicurezza sia per gli strumenti che per l'operatore, fra i quali un oscilloscopio digitale a memoria, un analizzatore di spettro per radiofrequenze, un computer dotato di un software analizzatore di spettro per frequenze da zero a 20 KHz, oltre a registratori audio, amplificatori ecc. Da una antenna filare di 80 cm installata all'esterno sul tetto della gabbia è stato registrato all'oscilloscopio il segnale riportato in figura 3, che indica la rilevante potenza r.m.s. captata di circa 9 W di un fenomeno della durata di circa 12 μ s e frequenza di 172 KHz.



Purtroppo nel mese di ottobre 2010, poco dopo l'entrata in funzione di questo importante strumento, e in coincidenza con la acquisizione e relativa pubblicazione da parte del tribunale della relazione del CTU alla quale era allegata una documentata memoria dell'autore relativa ad una – si ritiene – ben fondata ipotesi sulla causa dei fenomeni, tutti gli eventi sono cessati.

5. Discussione

Nel nostro normale mondo di tutti i giorni, fenomeni come quelli descritti non solo non avvengono, ma vi è fiducia del fatto che *non possono* avvenire, pena il crollo delle certezze in base alle quali il nostro mondo procede. La ricerca della causa di ciò che avveniva costituisce – ha costituito – una sfida di portata straordinaria. Si tratta infatti di un tipico caso di fisica di fenomeni non riproducibili nel duplice senso del termine: sia per il fatto che i fenomeni accadono in modo del tutto random, sia perché non si vede in qual modo riprodurre in laboratorio anche il più lieve di essi.

Nelle relazioni di tutti i consulenti di parte intervenuti si lasciava intendere, pur senza ulteriormente specificare, che una plausibile causa degli eventi fosse da ricercarsi localmente, in una anomalia di qualche utenza dell'edificio o in qualche apparecchiatura "inquinante" la rete elettrica locale.

Facciamo un breve calcolo, relativo al più vistoso degli eventi realmente verificatisi, quello del volo dell'inverter, con dati approssimativi ma verosimili. Un corpo con massa di 10 Kg, partendo da fermo raggiunge la velocità di 10 m/s in un centesimo di secondo: 0,01 s. La sua variazione di energia cinetica è:

$$\Delta E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 10 \text{ kg} \cdot 10^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 500 \text{ J}$$

Questo è il lavoro effettuato su quell'oggetto da qualche forza la cui origine è da scoprire. La potenza necessaria è stata:

$$P = L/\Delta t = 500 \text{ J}/0,01 \text{ s} = 50.000 \text{ W}$$

Potenze ed energie di questi ordini di grandezza possono essere generate solamente da scariche di condensatori o di induttori o da una loro combinazione circuitale. La prima cosa che si constata è che all'interno dell'officina non esistono tali dispositivi; da indagini e sopralluoghi effettuate nell'edificio da parte altri organismi ed enti ufficiali è risultato che non esistono neanche presso altri utenti.

Ammettiamo che la causa dell'evento sia una forte variazione di un campo magnetico entro il quale era situato quell'oggetto. Tale variazione potrebbe avere indotto correnti di corto circuito nell'oggetto, che è un buon conduttore, le quali per la legge di Lenz genererebbero un campo magnetico che si oppone a quello che l'ha generato, da cui le forze magnetiche agenti sull'oggetto. La variazione di energia del campo magnetico (che può essere sia per una variazione nel tempo che nella posizione) deve essere stata:

$$\Delta E = \frac{1}{2} B^2 V/\mu_0 \mu_r, \quad (1)$$

dove $\mu_r \gg 1$ è la permeabilità magnetica relativa dell'oggetto (che è di alluminio), $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ è la permeabilità magnetica assoluta del vuoto, V è il volume dell'oggetto che vede il campo, valutabile in 4 litri = $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Per semplicità immaginiamo che la distribuzione spaziale del campo sia rimasta costante durante ogni istante dell'evoluzione del fenomeno. Dalla (1) possiamo ricavare il campo B visto dall'oggetto. Si ha:

$$B = \sqrt{2 \Delta E \mu_0 / V} = \sqrt{(2 \cdot 500 \cdot 12,6 \cdot 10^{-7} / 4 \cdot 10^{-3})} \text{ T} = \sqrt{0,31} \text{ T}$$

e quindi un campo $B \sim 0,6 \text{ T} = 6.000 \text{ Gauss}$. Questo è effettivamente un campo enorme.

Possiamo ora calcolare, sempre con una grande semplificazione e con approssimazioni difficili da valutare, che valore avere dovuto avere una corrente che avesse percorso la fittizia spira che circonda uno dei vani dell'officina, per esempio quella costituita dai conduttori alloggiati nelle canalette installate in alto lungo tutte le pareti. Poniamo $r = 6 \text{ m}$ il raggio della spira. Il campo magnetico al centro di una spira circolare di raggio r percorsa da una corrente i è dato da:

$$B = \mu_0 i / 2 r ,$$

da cui:

$$i = 2 B r / \mu_0 = 2 \cdot 0,6 \cdot 6 / 12,6 \cdot 10^{-7} \text{ A} = 5,7 \cdot 10^6 \text{ A}$$

L'intensità di corrente dovrebbe essere stata di 5,7 milioni di Ampere!

Questo è un valore assolutamente poco plausibile. Ma se, con tutte le approssimazioni fatte avessimo errato per eccesso di un fattore 100, una corrente impulsiva di parecchie decine di migliaia di Ampere per una durata di 10 ms non sarebbe ora affatto fuori misura: correnti di questo ordine di grandezza sono usuali nei circuiti in cui avvengono scariche di condensatori, di induttanze o fenomeni più complessi in circuiti in cui essi siano presenti.

6. L'ipotesi di spiegazione

Da quanto precede è evidente che valori delle grandezze in gioco di tale entità non possono essere generati localmente a partire dalle potenze disponibili presso le utenze elettriche "normali". L'energia nel caso degli eventi anomali accaduti in questa officina non può che essere quella disponibile in quantità sulla rete ENEL. Appare quindi logico e necessario rivolgere l'attenzione alla rete a MT e alla sua struttura, a partire dalle grandi sottostazioni cittadine o regionali fino al trasformatore in cabina compreso.

Un sistema di distribuzione dell'energia, alimentato da una tensione sinusoidale a 50 Hz che comprenda capacità, come per esempio quelle dei lunghi tratti di cavo interrato, e induttanze come quelle dei trasformatori di potenza, può diventare risonante quando si realizzano particolari combinazioni dei valori della corrente, della capacità e dell'induttanza. Normalmente tali sistemi sono progettati per evitare che ciò accada, poiché il realizzarsi del fenomeno provoca sempre gravi anomalie a causa dei valori eccezionalmente alti delle correnti che di conseguenza lo attraversano.

Ma esiste una ulteriore rarissima situazione nella quale si innescano fenomeni di risonanza anche se il sistema è stato progettato in modo corretto. Questa situazione, nota come *ferrorisonanza*, si innesca quando, a causa di eccezionali anomalie del sistema, o per transitori di particolari caratteristiche, il nucleo di un trasformatore si satura con conseguente forte diminuzione del valore della sua permeabilità magnetica. La chiave di questo fenomeno è la *non linearità degli induttori* che esistono nei sistemi di distribuzione dell'energia, in genere i primari e i secondari dei trasformatori. Il termine "non linearità" indica il fatto che il valore dell'induttanza L di un induttore con nucleo ferromagnetico dipende dal valore della corrente che lo attraversa.

Il fenomeno della ferrorisonanza, poco studiato, può manifestarsi secondo differenti dinamiche³⁻¹⁶. Gravi anomalie conseguenti a fenomeni di risonanza erano già state constatate fino dai primi anni del '90¹⁷, ma la ferrorisonanza è più insidiosa. Il sistema può diventare sede sia di oscillazioni periodiche a frequenza di rete che di oscillazioni a frequenze sia armoniche che sub-armoniche di quella di rete, ma sono possibili anche casi di comportamento caotico. In tutti questi casi si possono avere intensi picchi di corrente, forti distorsioni della forma d'onda, inversione rapida di una delle fasi del sistema trifase. Accompagnano il manifestarsi del fenomeno forte e intermittente ronzio del nucleo del trasformatore di potenza, surriscaldamento della cassa dello stesso, picchi di tensione di breve durata, picchi di corrente, campo magnetico impulsivo di elevata intensità.

È stato constatato che il meccanismo più frequente per lo scatenarsi del fenomeno consiste in una interruzione momentanea di una delle fasi che alimentano il trasformatore MT-BT in una

situazione di debole carico secondario. Questa situazione è certamente verificata nel caso in esame, come sopra riportato, e confermata dalla distribuzione oraria degli eventi riportata in figura 2.

7. I fatti a sostegno della ferrorisonanza

I fatti *documentati* fino ai primi di agosto 2010 che nel loro complesso sostengono l'ipotesi della ferrorisonanza

1. Buchi di tensione ripetuti e di breve durata ($\sim 0,1$ s) segnalati dai teleruttori spia sistemati allo scopo in officina e alimentati in continuità su una fase: vedi i file video registrati [*Scatti teleruttori1* e *Scatti teleruttori2*]. I buchi di tensione sono provocati o da manovre sulle linee a media tensione o da momentanei cortocircuiti eventualmente persistenti su quelle stesse linee, non recuperati e causanti interruzioni di una o di due fasi: costituiscono quindi importanti segni premonitori di scatenamento dei fenomeni di ferrorisonanza. Infatti l'esperienza ha dimostrato che ciò corrisponde alla realtà.
2. La massima parte dei casi di ferrorisonanza riportati in letteratura ha riguardato trasformatori alimentati da lunghi tratti di cavi sotterranei a media tensione. Questo è esattamente il caso presente.
3. La scrupolosamente documentata distribuzione oraria della frequenza degli eventi di tutti i tipi (v. figura 2) indicherebbe che questi tendono a verificarsi in momenti nei quali il carico è minore – prima dell'inizio delle attività lavorative di officine, centri commerciali, call center ed altri, e nella pausa di metà giornata – a conferma del fatto che i fenomeni di ferrorisonanza si verificano a seguito di anomalie sulle reti quando i carichi sono deboli.
4. Testimonianze sul rumore forte e intermittente prodotto dal trasformatore in cabina. Questo è un sintomo inequivocabile riportato costantemente in letteratura.
5. Tutte le “bruciature” dei fusibili di protezione del contatore trifase posto nella nicchia esterna hanno riguardato sempre due fusibili, e sempre quelli delle stesse due fasi. Questo fatto indica: a) che all'interno del contatore è presumibilmente presente un protettore da sovratensioni (un MOV: gapeless Metal-Oxyde Varistor) che tuttavia, a causa delle forti sovratensioni, non ha svolto appieno la funzione di impedire le numerose distruzioni dei contatori che si sono verificate, e b) che la rete a media tensione e i fenomeni che in essa si sono verificati sono più probabilmente della categoria di quelli causati da guasto su una o su due fasi.
6. Sfiameggiamento nei dispositivi di protezione e di interruzione nel quadro elettrico generale all'ingresso dell'officina, effetto di elevate intermittenti sovratensioni di breve durata: vedi filmato relativo [*Sfiameggiamenti su un interruttore*]. Anche i tipi e le caratteristiche dei danni distruttivi riportati da tutti i componenti degli altri quadri elettrici, sia di quelli per la distribuzione dell'energia che quelli di controllo delle macchine confermano quella causa.
7. Forti campi magnetici alternati a frequenze da sub-rete ad audio, di intensità lentamente variabile (secondi) e in alcuni casi di lunga durata (minuti): vedi registrazioni audio [*Suono Campo Magnetico alto* e *Suono Bobina*]. Questi campi magnetici possono venire generati dalle forti correnti che circolano nei conduttori presenti all'interno dell'officina ed eventualmente in quelli posti nelle canalette esterne a seguito delle enormi potenze messe in gioco dai fenomeni di ferrorisonanza. Nessuna potenza normalmente estraibile dalla rete verso l'interno dell'officina è

così elevata da giustificare il valore di questi campi magnetici e degli effetti riportati qui di seguito.

8. Rotazioni delle spire chiuse in corto circuito attorno alla verticale, vedi filmati [*Spira gira 1* e *Spira gira 2*]. Questo fenomeno è anch'esso indice di forze elettromotrici indotte da campi magnetici variabili che inducono correnti nella spira che a loro volta generano un campo magnetico che orienta la spira in modo tale che esso tende ad opporsi a quello che lo ha generato e nella stessa direzione (legge di Lenz).
9. Incredibili voli di un magnete al neodimio, sintomi questi di fortissimi campi magnetici impulsivi presenti nell'officina. Al contrario la potente "pseudo bussola" posta nell'officina, che ha un elevato momento di inerzia, ha compiuto sempre solamente piccole elongazioni. Questo indica che i campi magnetici sono di tipo alternato e rapido, coerentemente con le modalità di sviluppo della ferrorisonanza.
10. Il fatto che anche nelle altre due pertinenze Magro esterne all'officina si siano verificati fenomeni analoghi a quelli all'interno può trovare una spiegazione sia per il fatto che l'alimentazione di quei locali è la stessa dell'officina, sia nell'accoppiamento capacitivo fra i conduttori situati nelle canalette che trasporterebbero in quei locali energie sufficienti, dato che come riportato nel precedente punto 7 le frequenze in gioco delle elevate correnti di ferrorisonanza erano in alcuni casi elevate (fino a circa 1000 Hz).
11. I documentati voli di oggetti e la distruzione di tubi fluorescenti posti all'esterno della cabina di trasformazione e sul suo tetto, analoghi a quelli che si verificano all'interno dell'officina, confermano il fatto che la causa sia un fenomeno di ferrorisonanza che nasce nel trasformatore presente in cabina.
12. Il fatto che nelle altre utenze dello stesso complesso alimentato dallo stesso trasformatore i guasti e le anomalie siano state relativamente di molto minore entità può essere spiegato: gli effetti delle enormi sovracorrenti che si sviluppano a causa di fenomeni di ferrorisonanza sono presenti, come abbiamo visto nella precedente relazione, solamente su una o al massimo su due fasi, quindi presumibilmente non quelle su cui sono distribuite le altre utenze.

8. Fatti ancora da spiegare

1. Gli attorcigliamenti delle spire di rame sottile, delle grucce di filo di acciaio, le piegature anche complicate delle astine metalliche, gli schiacciamenti delle lattine di alluminio delle bibite, gli schiacciamenti dei fusibili, i distacchi dei cavi dalle morsettiere con formazione di un ricciolo a metà, sono tutti casi di "compressione e riduzione del volume occupato" tipici della classe di fenomeni elettromagnetici a cui appartengono anche gli effetti di "shrinking" e usati tecnicamente nei processi di "formazione elettromagnetica". Questi effetti sono causati da intensi campi magnetici impulsivi che producono, per la legge di Lenz, intense forze repulsive negli oggetti metallici che si trovano entro di essi.
2. I voli di oggetti metallici, sia leggeri che pesanti, la cui spiegazione è probabilmente, e per motivi di continuità logica, da ricercare ancora nelle potenti forze di origine elettromagnetica che per la legge di Lenz si oppongono a quelle messe in gioco dai fenomeni di ferrorisonanza. Ma il fatto che da una scatola che contiene moltissimi piccoli oggetti identici solo uno di essi spicchi il volo deve ancora essere capito. La realtà in questo caso potrebbe essere così complicata da

risultare non analizzabile. Quell'oggetto potrebbe trovarsi in una situazione speciale: per esempio essere l'ultimo di una catena fra i quali si realizza, per caso e in quel momento, una favorevole catena di contatti elettrici altrimenti imperfetti che costituirebbe una sorta di canale per le correnti impulsive indotte; oppure l'insieme degli oggetti sottostanti, se ferromagnetici, che si trovassero in un particolare assemblaggio o impilamento, subirebbero a causa delle forze elettromagnetiche una rapida compressione ed espansione elastica che potrebbe trasferire a quell'unico oggetto l'impulso per farlo schizzare via. Oppure ancora una combinazione dei precedenti effetti.

Una sintetica presentazione in Power Point documentata con immagini relative ai fenomeni descritti è consultabile nel già citato sito web².

9. Conclusioni

Poiché i fenomeni descritti sono completamente cessati a partire dal mese di ottobre 2010; poiché in tali condizioni lo studio dei fenomeni non può essere continuato, a meno di una eventuale collaborazione con l'ENEL, cosa che per il momento non è ipotizzabile a causa del contenzioso giudiziario in corso, questa relazione si ferma qui. L'ipotesi di spiegazione presentata appare fino ad ora la più verosimile e fondata in relazione agli indizi, ai fatti osservati e ai casi riportati nella bibliografia disponibile. C'è tuttavia da osservare che a nostra conoscenza fatti di tale violenza come quelli osservati e documentati non sono mai stati riportati precedentemente. Una spiegazione completa fino ai dettagli è dunque ancora mancante, ne' si vede oramai la possibilità di pervenirvi.

Tuttavia, se escludiamo che i fenomeni descritti abbiano origine paranormale o medianica, una spiegazione in termini rigorosamente scientifici basata sulle conoscenze disponibili deve esistere, anche se, come è presumibile, a causa della grande complessità dei fenomeni non sarà mai raggiunta. Ma ci conforta la fiducia che il presente lavoro possa contribuire a fare luce su altri casi clamorosi che si sono presentati in passato¹⁸, che potranno eventualmente verificarsi in futuro e a ristabilire un equilibrato e meno immaginifico ricorso a cause del tutto estranee a quelle di un ambito scientifico *normale*. Resta il rammarico che per motivi sostanzialmente burocratici ed estranei al suddetto ambito la ricerca abbia dovuto essere drasticamente interrotta. Rammarico che si concreta nel seguente dubbio: *è stato fatto tutto quello che si poteva fare?*

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il CTU ing. Gianluigi Marredda per avermi messo a disposizione molti dei materiali fotografici e video citati nel presente lavoro, e per la fruttuosa collaborazione e il grande aiuto prestatomi durante il periodo delle ricerche sui fatti riportati. Ringrazio molto calorosamente i Sig.ri Magro, proprietari dell'officina, per avermi concesso assoluta libertà di accesso e di azione.

Riferimenti

1. <http://www.pegna.com/page3137.html>
2. <http://www.pegna.com/page3138.html>
3. Una trattazione elementare si trova in:
ftp-dee.poliba.it:8000/.../Guasto%20inverso%20e%20ferrorisonanza
/.../Ferrorisonanza.doc
4. <http://www.google.it/#hl=it&source=hp&biw=1016&bih=566&q=>

ferroresonanza&aq=f&aqi=g1&aql=&aoq=&fp=cd0507362e656f1d

5. Boucherot, P., Existence de Deux Régimes en Ferrorésonance, *Rev. Gen. de L'Élec.*, vol. 8, no. 24, December 11, 1920, pp. 827-828.
6. Bruce A. Mork, Understanding and Dealing with Ferroresonance, Minnesota Power System Conference, Practical Aspects of Ferroresonance WG, Tampa, Florida (2007).
7. C. Damastra, Ferroresonance during single phase switching of distribution transformers, Eaton Holec, The Netherlands. www.offshore-industries.com.sg/.../ferroresonance_during_single-phase_switching_of_distribution_transformers.pdf
8. R.E. Dugan, Examples of ferroresonance in distribution systems, IEEE working group under the T&D general systems subcommittee, Prof. Bruce Mork, Chairman, "Practical aspects of ferroresonance," (2003).
9. A.E.A. Araujo, A.C. Soudack, J.R. Marti, Ferroresonance in power systems: chaotic behavior, IEE Proceedings-C, Vol. 140, N0.3, 237-240, (1993).
10. H. Lamba, M. Grinfeld, S. McKee, R. Simson, Subharmonic Ferroresonance in an LCR Circuit with Isteresis, IEEE Trans. Magn. 33 2495-5016, (1997) .
11. P. Ferracci, Cahier Technique n. 190, Ferroresonance, Groupe Schneider (1998). <http://www.schneider.com>, section "Mastering Electrical Power".
12. R.E. Dugan, Practical Aspects of Ferroresonance, IEEE Power Engineering Society General Meeting, Toronto (2003). http://www.ece.mtu.edu/faculty/bamork/FR_WG/Panel/MorkPanelFR03.pdf
13. P. Cadick Corporation, Technical Bulletin 004a: Ferroresonance, IPST International Conference on Power Systems Transients) New Orleans (2002). <http://www.panaceauniversity.org/Ferroresonance.pdf>
14. A.S. Abdallah and M.A. El-Kady, Ferroresonance Phenomenon in Power Transformers - Experimental Assessment, *JKAU: Eng. Sci.*, vol. 16 no. 1, pp. 71-82 (2005 A.D./1426 A.H.).
15. C. Stuckens, P.M. Momfils, N. Janssens, Th. Van Craenenbroeck, D. Van Dommelen, Risk of Ferroresonance in Isolated Neutral Networks and Remedies, 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Part 1: Contributions. CIRED (IEE Conf. Publ. No. 438), Birmingham, UK (1997).
16. P. Harnboonyanon, P. Fuangfoo, Effect of low voltage capacitor bank to ferroresonance on distribution system, <http://www.pea.co.th/peac3/PDF/book/b02.pdf>
17. L. Donati, G. Sartori, *Elettrotecnica*, pag. 546, Hoepli Milano (1930).
18. Vedi ad esempio, sui fatti di Canneto di Caronia, il rapporto del CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale) su <http://www.cicap.org/new/articolo.php?id=271832> nel quale peraltro non si giungeva ad alcuna conclusione e invece le conclusioni sugli stessi fatti alle quali sono pervenuti gli specialisti della Protezione Civile:
"Siamo di fronte a tecnologie militari evolute *anche di origine non terrestre* che potrebbero esporre in futuro intere popolazioni a conseguenze indesiderate.
Gli incidenti di Canneto di Caronia potrebbero essere stati tentativi di ingaggio militare tra forze non convenzionali oppure un test non aggressivo mirato allo studio dei comportamenti e delle azioni in un indeterminato campione territoriale scarsamente antropizzato".