

2 Laws of Engineering System Evolution

2.0 Introduzione

Sapete perché le persone talvolta risolvono i loro problemi nel modo sbagliato? Sapete perché non solo scolari e studenti, ma anche disegnatori e ingegneri, direttori e scrittori, presidenti e anche re possono risolvere nel modo sbagliato i loro problemi? Probabilmente ricorderete sia qualche esempio di soluzioni errate così come qualche esempio di soluzioni creative. Per trovare la risposta ad una questione così delicata vi proponiamo un viaggio di trentatré secondi in compagnia di Antoine de Saint Exupéry e del Piccolo Principe su un asteroide, il № 325 per l'esattezza, con l'intento di visitare un re...

Il Re regnava su tutto – sul suo piccolo pianeta, sugli altri pianeti e sulle stelle...E tutto gli obbediva. Un tale potere meravigliò il Piccolo Principe! E così chiese al Re di ordinare al Sole di coricarsi, perché gli piaceva tantissimo ammirare il tramonto.

«Ordinerò al Sole di tramontare» rispose il Re «ma, innanzitutto, aspetterò che le condizioni siano favorevoli perché la sapienza di un re include attente considerazioni».

«E quando le condizioni saranno favorevoli?» chiese il Piccolo Principe.

«Ehm! Ehm!» rispose il Re. E prima di dire altro consultò un grosso calendario «Ehm! Ehm! Saranno verso...sarà circa questa sera verso le diciannove e quaranta. E vedrai come sarò ubbidito a puntino!»

Non si dovrebbe certo dubitare che il Sole tramonti alle diciannove e quaranta perché è una legge della natura. Ed il Re è stato veramente astuto perché si comporta rispettando le leggi della natura senza infrangerle.

Il nostro mondo è composto di paradossi. E il più sorprendente di essi riguarda il fatto che le persone cercano continuamente collegamenti tra i vari processi e fenomeni. E anche lì dove questi collegamenti non ci sono! Tuttavia quest'ultima non è un'affermazione assoluta, perché può anche accadere che arrivi un nuovo ricercatore e trovi questo collegamento, che pensavamo impossibile.

Le leggi, vale a dire le interrelazioni dei processi e dei fenomeni della natura, costituiscono le basi di conoscenza del mondo che ci circonda e sono importanti non solo nelle diverse branche della scienza, ma anche nella nostra vita di tutti i giorni. Possiamo illustrare questo concetto con un semplice esempio: qualsiasi automobilista sa che se la strada è bagnata dopo la pioggia, la lunghezza della frenata aumenterà considerevolmente. Per quale scopo siamo interessati a conoscere le leggi della natura? Perché per una persona interessata ad un'attività intelligente e significativa è necessario guardare costantemente al futuro. O almeno, tentare di fare anche un solo passo in avanti. Ricordiamoci che anche quando passeggiamo semplicemente per strada, inconsciamente stiamo cercando uno spazio per il prossimo passo. Più difficoltosa è la strada, più attenzione richiederà. In egual modo, più il sistema è complesso, maggiori saranno gli sforzi necessari per la previsione della sua evoluzione. E soltanto se abbiamo definito le leggi in base alle quali i sistemi si evolvono è possibile stabilire con certezza il prossimo passo evolutivo di questo o di un altro sistema.

2.0.1 Il ruolo delle Leggi nel TRIZ

2.0.1.1 Le Leggi nella scienza

Ogni scienza diventa scienza in senso pieno soltanto quando inizia a descrivere il mondo sulla base delle leggi che sono state scoperte attraverso di essa. L'astronomia ad esempio diventa una scienza quando scopre le leggi del movimento dei pianeti; l'alchimia diventa chimica quando scopre le leggi di interazione e trasformazione delle sostanze.

TRIZ è la scienza che studia i processi sul confine di due mondi: la persona e la tecnologia. La sua sfera di studio include sia il pensiero di una persona sia le leggi di evoluzione dei sistemi tecnici. Ogni teoria ha un carattere fondamentale ma sviluppa anche i suoi strumenti di applicazione: TRIZ sviluppa strumenti per la soluzione creativa dei problemi, modi per restringere i campi di ricerca, metodi di gestione conscia di processi inconsci. Uno dei tipici errori nell'insegnamento e nell'apprendimento del TRIZ consiste nello studiare questa scienza come un altro soggetto al pari della fisica, l'astronomia o la chimica. Il nocciolo dello studio di queste scienze è il mondo che ci circonda, i fenomeni naturali, mentre nel TRIZ la maggiore attenzione dovrebbe essere rivolta ai processi del pensiero.

2.0.1.2 Le leggi nel TRIZ

Le leggi di evoluzione dei sistemi tecnici sono state pubblicate per la prima volta da G. S. Altshuller nel suo libro *Creativity as an Exact Science: the Theory of the Solution of Inventive Problems* nel 1979:

1. La legge della completezza delle parti di un sistema
2. La legge della conduttività dell'energia
3. La legge del coordinamento dei ritmi tra le parti del sistema
4. La legge di incremento del grado di idealità del sistema
5. La legge della non uniformità di sviluppo delle parti del sistema
6. La legge di transizione al super-system
7. La legge di transizione dal macro al micro livello
8. La legge di incremento del grado S-field

Se vogliamo parlare di TRIZ come un sistema, è importante dire che è molto armonico: gli strumenti inclusi nella sua struttura permettono infatti il buon funzionamento di tale sistema. Essi sono interconnessi e la base è formata dalle Leggi di Evoluzione dei sistemi tecnici.

Le leggi sono suddivise in tre gruppi: "leggi della statica" (1-3), "leggi della cinematica" (4-6), "leggi della dinamica" (7,8); inutile dire che in tale suddivisione è presente una certa analogia con la meccanica (nella sezione della fisica). Considerando la "life line" di sviluppo di un sistema tecnico, questi tre gruppi osservano l'andamento della Curva-S (*S-shaped curve*). Le leggi della statica sono quindi caratteristiche della fase iniziale (o "infanzia") del sistema tecnico; le leggi della cinematica della fase di sviluppo (o "crescita") del sistema tecnico; le leggi della dinamica della fase finale (o "maturità") sviluppo e passaggio al sub-system.

Il sistema tecnico si sviluppa e si modifica; in egual modo si modificherà il modello del sistema tecnico. Le nuove supposizioni risulteranno così formulate secondo la situazione reale, concreta, al fine di costruire un modello migliore. Così, ad esempio, finché si calcola la velocità in volo di un aereo da un luogo ad un altro, l'aereo viene rappresentato come un punto materiale. Ma, quando si deve definire la velocità minima necessaria per volare, dobbiamo prendere in esame una situazione completamente diversa, con altre leggi fisiche: la nostra attenzione si concentrerà ovviamente sulla forza di sollevamento (di "Lift"), il cui valore definisce le ali dell'aereo e anche il suo peso. Durante i calcoli per la velocità massima ammissibile per un atterraggio in sicurezza, dovremo trattare con oggetti ancora diversi. E' quindi molto importante

definire l'obiettivo e scegliere un modello appropriato.

2.0.1.3 Le caratteristiche delle leggi d'evoluzione di un sistema tecnico nelle sue diverse fasi di sviluppo

Nella fase di infanzia, durante la creazione del nuovo sistema tecnico, il sistema stesso viene studiato come un "oggetto in se stesso". I processi più importanti ed essenziali per la sua capacità di sopravvivenza si trovano all'interno del sistema. In questo caso, è possibile fare delle ipotesi di lavoro in merito al sistema che può essere studiato separatamente dai sistemi tecnici che lo circondano. Possono essere risolte ed affrontate le seguenti domande per il nostro sistema: «Esistere o non esistere?», «Che tipo di struttura dovrebbe essere utilizzata?». Dall'analogia con la meccanica: in meccanica, le leggi della statica studiano le condizioni di equilibrio di un corpo materiale a cui vengono applicate delle forze.

Nella fase di crescita del sistema tecnico vengono studiati i processi d'evoluzione dello stesso, ma indipendentemente dai fattori fisici e tecnici che definiscono tale sviluppo. I processi che definiscono lo sviluppo si trovano infatti ancora all'interno del sistema tecnico, ma l'aspetto principale non è più la sopravvivenza del sistema tecnico quanto il movimento, lo sviluppo, il raggiungimento di un certo livello in confronto ad altri sistemi tecnici. In tale fase lo scopo essenziale è il raggiungimento dei valori massimi dei parametri chiave del sistema tecnico. Questi parametri chiave comprendono la velocità di un aereo, la capacità di trasporto di un'auto, il numero di operazioni per secondo di un computer...

Nella fase di maturità le leggi di transizione verso nuovi sistemi vengono in primo piano. In realtà le risorse di sviluppo dei sistemi tecnici sono completamente esaurite: il sistema esistente viene studiato in un ambiente di altri sistemi tecnici. La domanda principale è adesso: «Come poter incoraggiarne lo sviluppo in un ambiente esistente?», mentre contemporaneamente viene esaminato sotto l'influenza di fattori fisici e tecnici concreti.

2.0.1.4 Definizione di Leggi di evoluzione dei sistemi tecnici nel presente libro di testo

Il sistema delle Leggi di evoluzione dei sistemi tecnici...è esso stesso in evoluzione: i lavori di molti ricercatori e sviluppatori hanno specificato ed ampliato gli strumenti di applicazione delle leggi. Lasciateci quindi menzionare i nomi di alcuni ricercatori di questo settore: Altshuller G.S., Zlotin B.L., Petrov V.M., Litvin S.S., Vertkin I.M., Fey V.R., Lubomirski A.L., Salamatov Y.P., Kondrakov I.M. e molti altri.

Nel TRIZ esistono diversi sistemi di Leggi di Evoluzione, con le proprie caratteristiche, specifiche e ipotesi; una ricerca approfondita viene condotta continuamente in ciascuno di questi sistemi. Esistono anche posizioni discutibili in alcune pubblicazioni, ma questa è la conseguenza del processo di ricerca e sviluppo. Tutti questi sistemi appoggiano comunque sul sistema di Leggi classico di G.S. Altshuller; quindi, ecco perché noi studiamo proprio questo sistema, e ci atterremo esclusivamente ad esso nel materiale fornito; in sostanza, tale scelta è determinata dalle finalità educative del materiale.

Tali leggi sono dunque otto, ciascuna delle quali descritta in un capitolo separato. E' possibile iniziare con la lettura introduttiva da qualsiasi di essi, anche se è più logico ed efficace studiare il materiale in successione, iniziando dal primo capitolo.

Ogni capitolo contiene le seguenti sezioni: Definizioni, Teoria, Modello, Strumenti e include anche domande per autoverifica. Al termine di ogni capitolo viene poi fornita la lista della letteratura di riferimento (abbiamo cercato di non usare ulteriori esempi da altri libri ed articoli che si occupano di TRIZ). Un gran numero di schemi, immagini e foto sono inoltre utilizzati nei testi col fine di illustrare il materiale via via presentato.

Vi auguriamo una lettura piacevole ed utile e soprattutto soluzioni creative!

2.1: La legge della completezza delle parti di un sistema

Nel *Musée des Arts et Métiers* di Parigi, sopra alla grande scalinata, è sospesa una macchina volante costruita dall'inventore francese Clément Ader. Nel 1890 questa macchina volante è riuscita a compiere un breve volo staccandosi di qualche centimetro da terra. Questo oggi può farci sorridere, ma in quel momento è stato veramente un grande passo avanti.

La macchina di Ader può essere vista come un aeroplano? Come è stata tecnicamente possibile la sua realizzazione in quegli anni? Chi e quale paese produsse il primo veicolo aeronautico? Quali errori ha fatto il primo aviatore?



Prototipo dell'Avion III de [fr:Clément Ader](#). Musée des Arts et Métiers, Parigi (Fonte, www.wikipedia.org , Photo et photo-montage © [Roby](#))

Citiamo il professore americano, Samuel Langley, che si è occupato per molto tempo di teoria dell'aviazione. Quando gli fu chiesto perché i primi aviatori avevano accumulato così tanti fallimenti, rispose "Forse, perché l'uomo si è avvicinato alla questione partendo dalla fine ed ha provato a costruire macchine volanti prima di aver imparato le leggi su cui si basa il volo".

Prima di provare a rispondere alle domande appena poste, e non solo riguardo le macchine volanti, ma qualsiasi altro sistema tecnico, è necessario conoscere ed essere in grado di applicare le Leggi di Evoluzione dei Sistemi tecnici. Inizieremo con la Legge della completezza delle parti di un sistema.

2.1.1. Definizione



Condizione necessaria per l'esistenza di un sistema tecnico è la presenza dei quattro elementi fondamentali e della minima energia per il loro funzionamento.

G. S. Altshuller. *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (Trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 223.

La conseguenza:

Perché un sistema tecnico sia controllabile è necessario che almeno una delle sue parti sia controllabile. "Essere controllabile" significa cambiare le proprie proprietà in base alle richieste dell'elemento di controllo.

G. S. Altshuller. *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (Trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 224.

La Legge della completezza delle parti di un sistema appartiene alla più ampia categoria delle Leggi della "statica", che sono quelle leggi che definiscono la parte iniziale della vita dei sistemi tecnici.

Tuttavia, è importante capire che la legge non si riferisce solo ai sistemi tecnici degli albori della tecnologia come un arco, un'ascia di pietra o una catapulta, perché qualunque sistema tecnico si modifica durante la sua evoluzione. Molto spesso si assiste infatti a una sostituzione totale di una o più parti fondamentali del sistema tecnico: nel momento in cui queste parti ven-

gono cambiate, compare in effetti un nuovo sistema e la legge della completezza delle parti del sistema è applicabile a questo come a qualunque sistema tecnico nuovo.

2.1.2. Teoria

Particolari

Ogni sistema tecnico è costituito da alcune parti: esaminando il sistema tecnico possiamo sempre distinguere queste parti. Così ad esempio una penna sarà costituita dal contenitore, pennino, serbatoio dell'inchiostro e dal cappuccio nella parte finale. Utilizziamo tale descrizione per poter meglio illustrare il sistema tecnico ed avere una migliore comprensione del principio di funzionamento di tale sistema; la concezione di un sistema come costituito dalle sue parti è un modello del sistema dato dai componenti del suo sub-system. Vi sono molti modelli di sistema.

Ad esempio, l'immagine di un aereo o di un'automobile, lo schema elettronico di un telefono, una descrizione di cosa è un computer, una scheda tecnica di un paio d'occhiali, tutti questi sono tipi di modelli di sistemi tecnici.

Il **modello** che viene utilizzato in questa legge determina gli elementi principali di *qualsiasi* sistema tecnico dal punto di vista del suo funzionamento e della sua evoluzione nel tempo. Il fine principale di tale modello è semplicemente il suo uso durante la soluzione di un problema. Questo modello è costruito con obiettivi definiti (come ad esempio la fotografia di un dispositivo fornisce una vista generale attraverso il suo aspetto o il disegno di un componente ne descrive le sue parti). Il modello sarà buono se permetterà di raggiungere gli obiettivi preposti e le risposte alle domande date (come ad esempio un altro tipo di modello, il modello aerodinamico di un'auto, sarà buono se porterà a risolvere il problema della diminuzione di resistenza all'impatto con l'aria).

Lo scopo del modello utilizzato in questa legge è quello di generalizzare tutti i sistemi tecnici e mostrare così le peculiarità più generali del sistema tecnico in esame. Per costruire e valutare il modello che tra breve presenteremo, introduciamo un altro concetto.

La **capacità di lavoro minimo** delle parti del sistema è una proprietà delle parti di partecipare al lavoro di squadra che ha lo scopo di svolgere la funzione principale del sistema tecnico. Il criterio di prestazione della funzione è il cambiamento dei valori dei parametri dell'elemento (durante la descrizione della funzione in termini di OTSM – modello ENV).

Il cambiamento minimo ammissibile del valore di un parametro è stabilito dalle richieste dell'utilizzatore del sistema tecnico dato. [Una descrizione più approfondita dell'algoritmo che definisce la funzione è riportata nella sezione 1.4 di questo capitolo: Strumenti → *Come determinare correttamente la funzione del sistema tecnico*]

Prendiamo ad esempio la funzione di un'auto, che può essere modellata come segue: cambiare la posizione (N= Nome della Proprietà) di una persona (E= Elemento) dalla casa (V1= Valore 1) al luogo di lavoro (V2= valore 2). Se un nuovo tipo di auto può trasportare una persona solo di qualche metro (cambiando comunque la posizione di una persona, quindi svolgendo la funzione), ovviamente non sarà sufficiente per l'utilizzatore: difficilmente qualcuno comprerà un'auto come questa. Tuttavia potrebbe tranquillamente soddisfare il designer e magari semplificare una determinata fase dello sviluppo dell'auto.

Diversamente, il sistema tecnico dato possiede le condizioni minime necessarie alla sua capacità di sopravvivenza. Contiene le parti fondamentali in accordo con il **modello a 4-elementi** (o *modello del minimo sistema tecnico*). E queste parti possiedono all'interno della sua struttura

una energia minima di funzionamento.

Gli errori tipici

Spesso il collegamento tra la legge e la sua conseguenza, ovvero la controllabilità, sembra non essere così ovvio, ma è fondamentale capire tale passaggio. La controllabilità è concepita come la possibilità di modificare un parametro o il valore di un parametro di un sistema tecnico e delle sue parti durante il tempo operativo. Ciascuna parte del sistema tecnico lavora in un “organismo” ed è utilizzata col fine di compiere la funzione generale. E’ corretto anche dire il contrario: se non è possibile far funzionare qualsiasi parte principale del sistema, l’intero sistema non può funzionare (ad esempio, non possiamo cambiare il valore dei parametri di una delle parti con l’idea di cambiare i parametri dell’intero sistema).

2.1.3. Modello

Il **modello a 4-elementi** (o *del minimo sistema tecnico*) include le parti principali del sistema tecnico: il motore (Engine o Supply), la trasmissione (Transmission), lo strumento (Tool), l’unità di controllo (Control). (Le parti principali del sistema tecnico sono separate nello schema sotto riportato da una linea tratteggiata).

In generale, la sorgente di energia e l’oggetto non formano nessuna parte del sistema tecnico. Ad esempio l’acqua di un fiume, che porta le ruote di un mulino in rotazione, o il vento, che mette in rotazione le pale di un aerogeneratore. Tuttavia, vi sono casi in cui la *Sorgente di Energia* è inclusa all’interno del sistema, come ad esempio le «batterie» in una torcia elettrica. Il motore e la sorgente di energia sono spesso la stessa cosa, ma non sempre. Procediamo considerando più in dettaglio il modello a 4-elementi e iniziando prima di tutto con la definizione di funzione di un sistema tecnico.

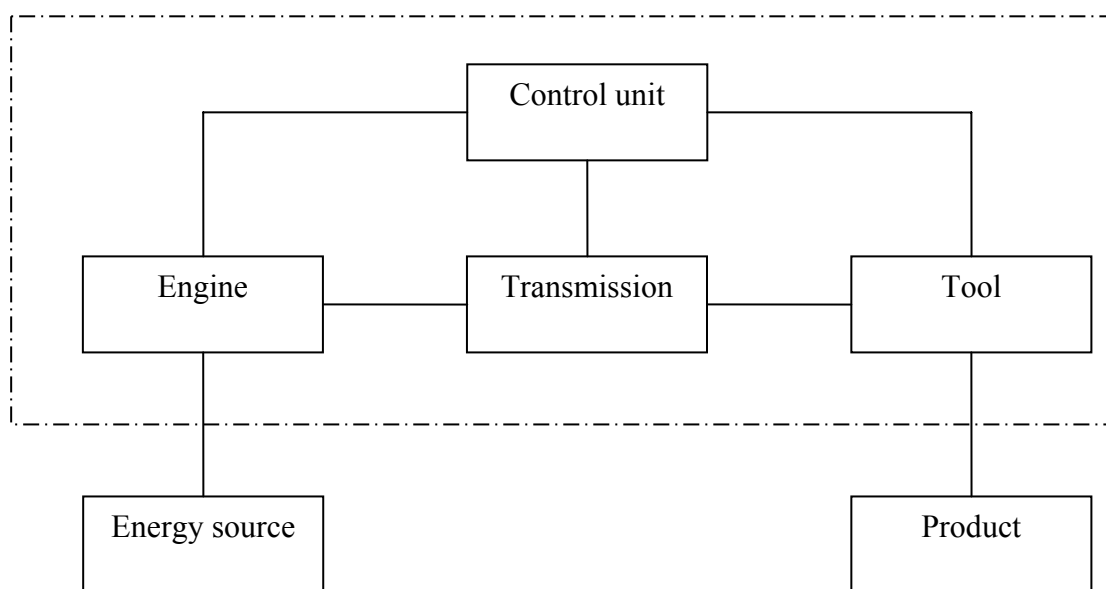


Fig. 1.3. Le parti principali di un sistema tecnico

2.1.4. Strumenti (come usarli)

2.1.4.1. Come determinare correttamente la funzione del sistema tecnico

La funzione del sistema tecnico dovrebbe essere definita **prima** di utilizzare la Legge della completezza delle parti di un sistema e la sua definizione è un passaggio molto importante. La funzione è lo scopo dell'esistenza del sistema o, in altre parole, con quale fine utilizziamo il sistema. Quando non abbiamo un'idea chiara sulla funzione, non possiamo definire la composizione del sistema secondo il modello a 4-elementi: in questo caso, non conoscendone appunto la funzione, non ha assolutamente senso parlare di sistema.



Qualche annotazione preliminare

*) Un sistema tecnico può essere utilizzato per svolgere diverse funzioni, quindi può tranquillamente essere rappresentato attraverso più modelli a 4-elementi al fine di soddisfare le diverse funzioni.



**) Va sottolineato che una situazione analoga può verificarsi durante l'analisi mediante schema multi-schermo. Se la funzione non è definita infatti, non sarà possibile definire in maniera appropriata e coerente il supersystem ed arriveremo pertanto ad un "non senso" durante l'analisi. Se non conosciamo la funzione di un sistema tecnico, non è possibile esaminare la struttura di tale sistema secondo la teoria OTSM-TRIZ.

La struttura del sistema

Che cosa intendiamo per struttura del sistema? Essa è l'unione dei componenti del sistema e il complesso delle interconnessioni nel sistema: Queste determinano la peculiarità del sistema stesso che determina la sua capacità di compiere la «funzione», che costituisce l'obiettivo ultimo, la motivazione dell'esistenza del sistema.



Ma altri fenomeni, che non hanno funzioni, non definiscono i componenti del sistema, anche se si trovano all'interno di esso. D'altro canto elementi collocati molto lontano dal sistema e che non hanno alcuna relazione con esso, spesso, una volta definita la funzione, si scoprono far parte del sistema. Per essere più precisi, se definiamo correttamente una funzione, spesso accade che si dia luogo ad una nuova visione del sistema tecnico e si scoprono interconnessioni non individuate in precedenza e questo è uno degli obiettivi principali dell'analisi. In altre parole, con la funzione definita formiamo il modello del minimo sistema tecnico.

L'algoritmo della funzione definibile

L'algoritmo della funzione definibile si compone di tre fasi:

1.(Modello di Funzione nel linguaggio comune). Una persona spiega a parole cosa desidera ottenere dal sistema in esame; solitamente gli studenti completano velocemente questa fase e passano rapidamente alla seconda. Tuttavia ci sono anche altrettanti casi in cui non è facile raggiungere un accordo sulla descrizione verbale della funzione. Con lo scopo di raggiungere tale accordo, abbiamo bisogno della seconda fase.



2.(Verb-Noun model – Value Analysis model). E' questo il modello del Codice Universale Semantico (USC) e il modello della Value Analysis. In pratica spesso accade che compaiano molti verbi durante l'analisi della funzione del sistema tecnico; questo è caratteristico in special modo dei sistemi complessi. Un «nome» descrive solitamente un prodotto, che verrà modificato; il «verbo» caratterizzerà il modo in cui tale prodotto verrà modificato. Tale approccio è un ottimo aiuto per l'analisi funzionale, ed è molto meglio utilizzare questo approccio che applicare il modello "orale" usando il linguaggio universale. Tuttavia possono presentarsi i seguenti problemi: primo, l'esistenza dei verbi-sinonimi (ciascuno di essi provoca la sua propria associazione mentale e l'inerzia psicologica sembra impedire la risoluzione del problema); secon-

do, la nostra esperienza mostra che in molti casi questo modello (Verb-Noun model – Value Analysis model) porta ad un punto morto o può portare nella direzione errata.

3. Modello ENV dei Quattro verbi – OTSM ENV model della Descrizione Funzionale. Il modello ENV (dove E sta per “Element”, N sta per “Nome del parametro” e V sta per “Valore del parametro”) permette di compiere un’analisi più profonda e descrivere la funzione di un sistema tecnico più dettagliatamente. Vi sono anche margini di sviluppo e miglioramento per questo modello e risulta migliore del Verb-Noun Model. Dovremo usare quattro verbi specifici e descrivere la funzione utilizzando lo OTSM – ENV Model.

- I. Prima di tutto, dovremo definire l’«Elemento». Nella seconda fase abbiamo infatti definito il “verbo” e il “nome”. Il nome è un elemento o, per essere più precisi, il prodotto. Se abbiamo bisogno di un altro elemento durante il passaggio alla terza fase, questo significa che lo abbiamo definito in maniera errata. In questo caso è necessario ritornare alla seconda fase ed eseguire nuovamente il Verb-Noun model.

Un verbo descrive il cambiamento di qualcosa, mentre la funzione è il cambiamento di qualcosa. Esistono quattro tipi di verbi, quattro tipi di modifica, di cambiamento di qualcosa: «cambiare», «diminuire», «aumentare» (tali sono le varietà di cambiamento, ma talvolta è importante specificare tale cambiamento), e il quarto tipo verbale - «mantenere». Quando parliamo di controllo/gestione in particolare abbiamo senz’altro bisogno di «cambiare»; per essere precisi, usiamo un doppio cambiamento – diminuire e aumentare.

- II. Cosa cambiamo in particolare? Cosa significa «modificare l’elemento E»? Significa cambiare un certo parametro di questo elemento – N, “Nome del parametro”.
- III. Come modifichiamo questo parametro? Modificando il significato del parametro: “il Valore del Parametro”. Durante la descrizione del modello dovremo indicare: «il cambiamento del valore del parametro N dell’elemento E dal valore V1 al valore V2». Prendiamo ad esempio il cambiamento del valore di un prodotto semi-lavorato: le materie prime cambiano il valore del prodotto. Abbiamo almeno un parametro.

Note:

*) In realtà è necessario sottolineare che una funzione compie il cambiamento di un parametro. Se abbiamo molti parametri significa che abbiamo molte funzioni, e questo porta alla conclusione che abbiamo molti sistemi intrecciati.

Ecco perché, esiste anche il quarto tipo di verbo: «mantenere», non cambiare. In realtà, è un trucco puramente psicologico che sfruttiamo durante l’apprendimento. E’ spesso più facile per uno studente usare il verbo «mantenere» piuttosto che «non cambiare»: citiamo a riguardo un tipico esempio didattico – quale è la funzione di una bottiglia? Mantenere l’acqua. Secondo la definizione, la funzione rappresenta un qualche tipo di cambiamento. Il verbo “mantenere” serve da indicatore di qualche processo più profondo, che dobbiamo comprendere. Se diciamo «mantenere» dovremmo riflettere sul seguente passaggio, cioè che cosa dovremmo cambiare al fine di «mantenere» (per prevenire cambiamenti indesiderati e «mantenere» lo stato corrente).

Continuiamo a sviluppare l’esempio proposto al fine di definire la funzione del sistema tecnico e capire **cosa deve essere cambiato**. Per capire meglio la situazione descritta, dovremo fare un

piccolo esperimento mentale – togliere l’oggetto. C’è una bottiglia d’acqua sul tavolo. Il nostro scopo è quello di definire la funzione della bottiglia. Mentalmente, toglieremo via la bottiglia (ma non l’acqua!). Cosa accadrà? Che l’acqua fluirà via...Perché? Perché le forze di gravità influiscono su questo processo. Pertanto, la funzione della bottiglia è compensare, cambiare e correggere l’influenza delle forze di gravità. La sua funzione è prevenire e modificare il flusso d’acqua.

Questo algoritmo permette di eseguire una analisi più profonda, formulare la funzione in modo più preciso e definire le parti del sistema.

Esempio

Consideriamo adesso la tradizionale applicazione dell’auto per il trasporto di persone e beni e applichiamo l’algoritmo introdotto.



Primo step

(Modello di Funzione nel linguaggio comune)

La prima fase è il modello in linguaggio comune della funzione: le auto vengono solitamente utilizzate per trasportare persone e beni da un luogo ad un altro. In questo contesto non considereremo altre funzioni dell’auto, quali ad esempio riparare dalla pioggia, misurare la distanza tra due punti, fungere da magazzino per vecchi oggetti e le sue molte altre funzioni (questo argomento è più appropriato per il corso di sviluppo dell’immaginazione creativa).

Secondo step

Un oggetto, un prodotto: una persona. La funzione: trasferire una persona, trasportarla.

Terzo step

La terza fase è l’ENV model, dove, ricordiamo: E sta per “Element”, N sta per “Nome del parametro” e V sta per “Valore del parametro”.

Usando l’esempio dell’auto: E – l’elemento: una persona; N – il nome del parametro: l’ubicazione della persona; V il valore del parametro: V1 – da casa; V2 – al lavoro.

La funzione dell’auto perciò risulta formulata in questo modo: cambiare l’ubicazione (N) della persona (E) da casa (V1) al lavoro (V2).

2.1.4.2.Come determinare correttamente le parti di un sistema tecnico

Nota preliminare

Un tipico errore è cercare di definire le parti principali del sistema secondo il modello a 4-elementi prima di aver definito le funzioni del sistema. In questo caso l’analisi del sistema tecnico che definisce le sue parti principali rappresenta un punto di vista soggettivo: “A me sembra così, lo vedo in questo modo”. Quindi, dando per assodato che abbiamo definito la funzione, passiamo alla determinazione delle parti di un sistema, analizzandole singolarmente.

Il Prodotto

Quando definiamo la funzione, definiremo automaticamente il Prodotto, l’entità che viene modificata nel processo di realizzazione della funzione. Lo strumento è la parte del sistema che interagisce con il prodotto. Ad esempio: l’utensile del tornio, non il tornio in sé, la lama del coltello, non il coltello in sé. Abbiamo bisogno di qualche tipo di energia per realizzare la funzione (il cambiamento dell’oggetto materiale): ecco perché necessitiamo di un motore. Il motore è la parte del sistema che trasforma un tipo di energia accessibile in una forma necessaria per lo strumento al fine di realizzare la funzione. La trasmissione include parti del sistema che tra-

sformano il tipo di energia accessibile per lo strumento dal motore.

*) Nella vita di tutti i giorni utilizziamo il concetto di «prodotto» con il significato di prodotto finito, un oggetto pronto ad essere usato. Dal punto di vista comune, le verdure crude cotte in acqua bollente per un po' di tempo sono prodotti finiti, che possono essere mangiati. I modelli più efficaci proposti in OTSM-TRIZ vengono utilizzati per l'analisi delle situazioni con lo scopo di risolvere un problema. Ciò che noi chiamiamo Prodotto non è quindi un prodotto finito, ma la trasformazione di un prodotto semilavorato (Prodotto 1) in un prodotto pronto ad essere usato (Prodotto 2) in un altro sistema o essere utilizzato dalle persone. In questo caso particolare, esaminiamo il Prodotto in termini di schema multi-schermo, lungo l'asse del tempo. Il prodotto 1 mostra le sue qualità prima del cambiamento e il prodotto 2 dopo il cambiamento.

Il Prodotto 1 esiste nel momento iniziale. Sotto l'influenza del Tool (Strumento), otteniamo un altro Prodotto durante il completamento della Funzione. E, come risultato del processo, otteniamo il Prodotto 2, pronto per essere usato. Così, nello schema multi-schermo abbiamo almeno tre schermi sull'asse del tempo. Tutti i tre schemi sono inclusi nel "Prodotto" il cui obiettivo è quello di soddisfare la funzione. Durante la realizzazione della funzione, il prodotto intermedio passo dopo passo si trasforma nel prodotto pronto ad essere usato in un altro sistema o essere utilizzato dalle persone.

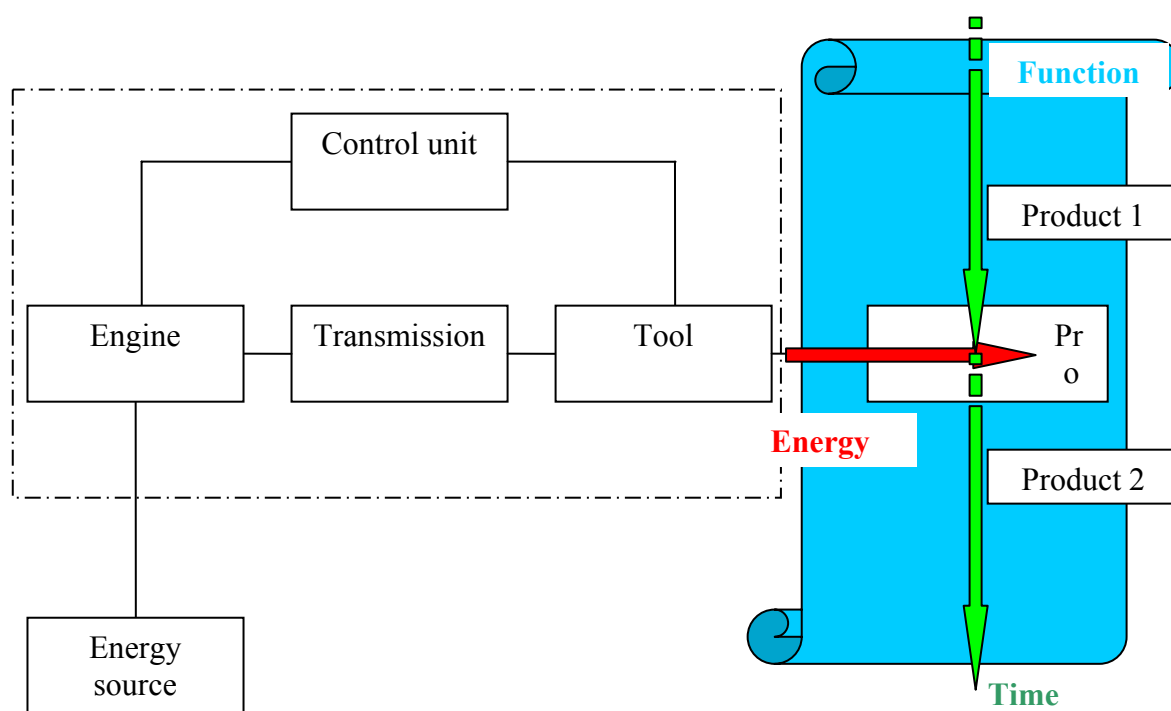


Fig. 1.4. Trasformazione del Prodotto 1 in Prodotto 2

L'errore tipico

Di solito tutti sono in grado di dare una definizione di schema multi-schermo; tuttavia, nella pratica, quando esaminiamo il Prodotto risulta molto più difficile da comprendere e utilizzare, perché è necessario vedere il tutto in sviluppo, in movimento.

Il Tool

Se avviene il cambiamento di qualcosa, almeno un parametro cambierà il proprio valore. Se ad

esempio abbiamo il sistema materiale di solito dovremmo cambiare l'oggetto materiale per cambiare il valore del parametro; anche se cambiamo la posizione di un oggetto, è comunque richiesta dell'energia. Esiste qualcosa che produce questo cambiamento. Chiamiamo questo qualcosa Tool (Strumento). Il Tool è qualcosa che coopera direttamente con il Prodotto; nell'esempio dell'auto il Prodotto è la persona ed è necessario modificare l'ubicazione del prodotto. Che cosa modifica tale ubicazione? Non l'auto, ma la parte che coopera direttamente con il Prodotto: il sedile.

G.S. Altshuller fornisce il classico esempio: il Tool non è il tornio, ma l'utensile del tornio. Così, quando tagli una mela con un coltello, il Tool non è il coltello ma la sua lama. Questa è una sfumatura molto importante.

L'Engine

Definito il Tool, ritorniamo alla questione che riguarda l'energia. Abbiamo bisogno di spendere energia per cambiare un qualunque parametro dell'oggetto materiale, di conseguenza è necessario comprendere che tipo di energia dovremo spendere (che tipo di energia è coinvolta durante la realizzazione della Funzione?).

Dobbiamo considerare non solo la presenza di un passaggio di energia, ma anche una catena di trasformazioni di vari tipi di energie.

Nell'esempio dell'automobile è necessario trasportare una persona da un punto ad un altro: questo è un moto lineare. Se spendiamo energia cinetica per questo scopo, dovremmo riceverla da qualche parte avendo evidentemente bisogno di energia cinetica lineare per il trasporto. Dovremmo trovare il luogo in cui l'energia cinetica lineare appare in un'auto e come questa raggiunge il Tool. E' quindi necessario definire l'Engine (non un motore fisico di un'auto, ma la definizione di «Engine» in accordo con la classificazione del modello a 4-elementi).

*) Facciamo notare che il motore di un'auto potrebbe essere un motore a vapore, un motore a combustione interna, un motore diesel, un motore di Stirling, un convertitore meccanico sulla base di una molla o della gomma; un jet, un volano (come nei giocattoli dei bambini) e molte altre cose.

**) Nel precedente paragrafo abbiamo parlato di una parte dell'auto che chiamiamo motore nella nostra vita di tutti i giorni. Cosa può essere un Engine in un'auto tradizionale in termini del modello a 4-elementi prendendo in esame le diverse situazioni? Non è necessariamente il motore dell'auto. Per esempio, dei barili riempiti d'aria, chiamati anche «galleggianti», possono essere il Motore quando sono usati per svolgere la funzione “sollevare l'auto infossata dal letto del fiume verso la superficie”.

Quando parliamo di «Engine» secondo l'approccio OTSM per la risoluzione del problema, parliamo dell'ultimo convertitore di energia da qualche forma (l'energia primaria dalla “fonte di energia”) ad una accessibile da parte del sistema tecnico dato. Questa energia è trasformata mediante uno o più passaggi di trasformazione nel tipo di energia necessaria per il «Tool». Esiste una catena di trasformazioni e noi scegliamo l'ultima di queste, come risultato della quale riceviamo energia necessaria alla realizzazione della funzione. Il confine del minimo sistema tecnico si posiziona così dove avviene la trasmissione di energia da un tipo in un altro tipo, necessario per il Tool al fine di realizzare la funzione. Questo momento riveste una grande importanza per l'analisi della situazione, quando è necessario trovare una spiegazione a quegli effetti dubbi ed indesiderati.

La Transmission

La Transmission include tutti gli elementi (sub-system) del sistema attraverso i quali l'energia

è trasformata senza alcun cambiamento della sua tipologia. L'energia viene così trasformata dall'Engine (motore) al Tool (strumento). E' giusto ricordare che l'analisi di questo processo è molto importante nella ricerca delle cause di effetti ancora non chiari.

L'algoritmo schematico che definisce i componenti del minimo sistema tecnico è rappresentato di seguito:

1. Funzione. Algoritmo OTSM.
2. Product.
3. Tool.
4. Engine.
5. Transmission.

2.1.4.3 Come stimare la capacità di lavoro delle parti del sistema tecnico

1. Presenza delle quattro parti del sistema.
 2. Capacità di lavoro di ogni parte fuori dal sistema
 3. Capacità di lavoro di ogni parte come parte del sistema
- Valutazione conformemente alle altre leggi d'evoluzione dei sistemi tecnici.

2.1.4.4 Come stimare il funzionamento delle parti del sistema tecnico

1. Presenza del controllo – Abbiamo parti controllate nel sistema?
2. Qual è il grado di controllabilità degli altri tre elementi? (Per stimare se svolgono il loro compito bene o male).

Quali parametri di gestione abbiamo?

2.1.5. Esempio (Problema-Soluzione)

Consideriamo adesso la seguente funzione di un'auto sulla base del motore a combustione: "Muovere se stesso da un posto ad un altro".

Poniamoci la domanda: sotto quali condizioni l'auto non soddisferà la propria funzione, non si muoverà né trasporterà se stessa, persone e beni?

E' possibile nel caso in cui una delle parti del modello a 4-elementi sia assente: «Engine», «Transmission», «Tool», o «Control». Questo cosa significa? Analizziamo caso per caso.

Esempio: Incapacità dell'«Engine»

Facciamo un esempio in cui «Engine» è assente o inattivo: per esempio, sulla Luna. La questione è che l'ossigeno dell'aria, che non è presente sulla Luna, è necessario per il funzionamento del motore a combustione interna. La causa dell'incapacità dell'«Engine» è l'assenza di una delle parti della «Fonte d'Energia»: carburante + ossigeno dell'aria. Descriviamo un esempio affine: abbiamo bisogno di carburante non puro per il motore, ma un mix di combustibile e ossigeno dell'aria in certe proporzioni. Necessiteremo quindi di gocce molto piccole di combustibile nell'aria, carburante cioè che viene nebulizzato grazie a una delle unità dell'«Engine»: il carburatore. Infatti è cosa nota che il motore non funzionerà se riempiamo il cilindro di carburante.

Se cambiamo la qualità del combustibile in modo che la nebulizzazione non possa avvenire, come risultato il combustibile non potrà bruciare e il motore non trasformerà l'energia chimica del combustibile in energia meccanica attraverso il moto dei pistoni. In un film poliziesco l'eroe versa dello zucchero nel serbatoio dell'auto per annullare le chances del suo inseguitore di guidare l'auto e poterlo catturare. Lo "sciropo di carburante" ha infatti proprietà diverse, ad esempio una viscosità molto maggiore. In questo caso il combustibile necessario per la combustione non è disponibile – non potrà essere nebulizzato, il motore non partirà, l'auto non potrà essere guidata (Ovviamente consigliamo di non ripetere l'esperimento, visto che può distruggere completamente il motore!).

Note:

E' molto importante analizzare l'intera filiera di trasformazione dell'energia, il funzionamento



del sistema tecnico e la sua struttura in dettaglio al fine di analizzare il sistema stesso e risolvere il problema.

Esempio: Incapacità della «Transmission»

L'auto non può realizzare la funzione formulata nel caso di assenza o inattività della «Transmission». La «Transmission» è la parte di un sistema tecnico che trasforma l'energia del tipo dato dall'«Engine» con lo scopo di fornirla al «Tool». Nel caso di un'auto con motore a combustione interna, parliamo di energia meccanica (rotazioni). Come risultato della combustione del combustibile nei cilindri in un motore tradizionale si ha però un moto alternato dei pistoni. Se vogliamo semplicemente trasferire questo movimento (come quello “avanti indietro” di un'altalena) alle ruote, l'auto non si muoverà. E' quindi necessario che avvenga la trasformazione di un tipo di energia meccanica in un altro e di conseguenza il movimento dei pistoni porterà alla rotazione delle ruote. A tal fine si trovano infatti un gran numero di meccanismi in un'auto: albero motore, ingranaggi, giunti...



Esempio: Incapacità del «Tool»

L'auto non può realizzare la funzione formulata, “Muovere se stessa da un posto ad un altro”, se il «Tool» (lo strumento) è assente o rotto o inattivo. La ruota sostiene l'auto sulla superficie stradale. Una ruota ad esempio non può partire sopra un manto stradale scivoloso: è necessario avere attrito tra la ruota e la strada per portare l'auto in movimento. L'auto standard, che è parzialmente capace di galleggiare sull'acqua, non può muoversi in un fiume o in un lago. In questo caso necessitiamo di un altro dispositivo, per esempio ruote speciali con lame o propulsori come quelli di una nave.

Nella foto sottostante è illustrata “Amphicar”: i suoi Tools durante i movimenti sull'acqua (in accordo con il modello a 4-elementi) sono due piccole eliche.



2.1.5.4. Esempio: Incapacità del «Control»

L'auto non può realizzare la funzione neanche se è assente o rotto o inattivo il «Control» (il Sistema di Controllo). Il «Control» comprende normalmente sterzo, freni, specchietto retrovisore. Ma in primo luogo è necessario fornire il lavoro dell'«Engine». Non è sufficiente riempire di carburante nebulizzato i cilindri, vi dovrebbe essere trasportato in un istante preciso, né prima né dopo. E' necessario accenderlo o meglio accendere una scintilla in quel momento, quando il carburante nebulizzato viene erogato nel cilindro. E' necessario poi rilasciare i gas esausti formati nel cilindro. In molti casi tutto ciò è “programmato” nel sistema operativo del motore, ma anche il conducente può controllare alcune operazioni.



2.1.6. Autovalutazione

Domande, compiti

1. Che differenza c'è tra il sistema tecnico e altri oggetti tecnici?
2. Quali parti sono incluse nella composizione del modello a 4-elementi di un sistema tecnico?
3. Come potremmo definire la «legge della completezza delle parti di un sistema»? Quale condizione è necessaria per l'esistenza di un sistema tecnico controllato?



Sommario

Possiamo immaginare qualsiasi sistema tecnico come un modello costituito da quattro parti principali – Engine, Transmisison, Tool e Control.

Il sistema tecnico sarà operativo se includerà queste quattro parti minime operative.

2.1.7 Bibliografia



1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity As an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 123.
2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), pp. 223-224.
3. **Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), pp. 62-67.
4. **Khomenko, N.**, *Handbook for Advanced Master in Innovative Design course*. (Strasbourg, 2003–2009).
5. **Khomenko, N.**, “The law of completeness of parts of the system with OTCM-TRIZ interpretation” (Russian) (manuscript, Karlsruhe, 9 July 2008).

2.2 Legge della “conduttività dell’energia” di un sistema

In Germania, secondo il codice della strada, un ciclista che si muove di notte deve essere sempre dotato di un fanale di testa e uno di coda sulla bicicletta. Di regola la sorgente di energia di questi sistemi **dovrebbe essere necessariamente una dinamo**, invece di batterie, accumulatori o in special modo batterie solari. Perché? Sappiamo che molte regole e leggi, come dicono gli avvocati, «sono scritte con il sangue». Per essere più precisi, in esse è concentrata una lunga esperienza di molte persone, anche esperienze negative, e modi di superamento delle situazioni problematiche. Per dirla diversamente, nelle leggi si trovano delle raccomandazioni riguardo la loro applicazione e il costo per errori possibili.

Ma ritorniamo alla bicicletta o, per meglio dire, al sistema di segnalazione e di illuminazione. Ricordiamo che sulla bicicletta il dispositivo d’illuminazione stradale diventa il più importante nelle ore notturne. Una fonte di energia per la bicicletta è la forza muscolare della persona; durante il movimento della bicicletta è sempre presente energia meccanica che la dinamo trasforma in energia elettrica. Tale fonte è di più facile realizzazione che con l’uso di batterie o accumulatori e non dipende dalla smemoratezza del ciclista. (Senza dubbi questo sistema tecnico ha qualche mancanza, ma ci soffermeremo su questi problemi e sul modo di risolverli più dettagliatamente in altre sezioni).

2.2.1. Definizione

La legge della “conduttività dell’energia” di un sistema: condizione necessaria per l’esistenza di un sistema tecnico è il libero passaggio di energia dall’engine al tool del sistema.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.), p. 225.

Il corollario alla seconda Legge è altrettanto significativo: E’ necessario assicurare la conduttività di energia tra una parte e gli organi di controllo al fine di controllare tale parte del sistema tecnico.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.), p. 226-227.

Anche questa legge si riferisce alla categoria “Statica” ovvero quel gruppo di leggi che definiscono l’inizio della vita dei sistemi tecnici.



2.2.2. Teoria

2.2.2.1. Il passaggio di energia come parametro di stima del sistema tecnico

La prima condizione per la viabilità (ovvero la capacità di sopravvivenza) del sistema tecnico è descritta dalla Legge della completezza delle parti di un sistema: presenza e minima energia per il funzionamento delle parti principali del sistema (che, ricordiamo, prendono il nome di: Engine, Transmission, Tool e Control).

La viabilità è considerata una caratteristica qualitativa che include un certo numero di parametri di stima.

L’abilità di un sistema tecnico di realizzare la funzione, essere gestito, coesistere, cooperare e anche competere con gli altri TS (Sistemi Tecnici) dipende da molti parametri di valutazione (definiti per ogni sistema tecnico): velocità, affidabilità, costi, casi di utilizzo etc... Nel processo di sviluppo concreto del sistema tecnico la definizione di “viabilità” si estende: essa viene integrato con nuovi parametri di valutazione.

Pertanto, ulteriori criteri (parametri di valutazione) sono necessari per l'evoluzione del sistema tecnico nei vari processi di: aumento dei requisiti da parte dell'utilizzatore, aumento della prestazione della funzione eseguita, sviluppo del sistema tecnico, inasprimento dell'ambiente competitivo...

Tornando all'esempio illustrato all'inizio del capitolo, trarremo le conclusioni su queste basi. Che significato ha l'affermazione: "mantenimento della minima energia per il funzionamento del sistema tecnico mediante il passaggio di energia attraverso tutte le parti del TS" e perché è necessaria oltre alla presenza delle parti principali del sistema tecnico: Engine, Transmission, Tool e Control?

Per il sistema tecnico di illuminazione in esame l'Engine "batterie" è estraneo dal punto di vista del passaggio e della trasformazione di energia meccanica: batterie, accumulatori possono essere usati come "sorgente" e "motore" addizionali del TS ma non sono necessari.

Il passaggio di energia è prodotto dalla fonte di energia (forza muscolare della persona), attraverso l'Engine, è trasmessa al Tool e oltre – fino al Prodotto (organi di senso della persona, l'occhio).

2.2.2.2. Gli errori tipici

Per capire e comprendere l'essenza della legge, è necessario leggere attentamente le definizioni, la teoria, gli esempi. E non avere fretta: le nuove idee vengono riconosciute con difficoltà non solo dalla nostra società e dal mondo, ma anche dalla nostra testa.

Il passaggio di energia è importante innanzitutto non per il sistema tecnico, ma per l'utilizzatore di tale sistema. Si presti attenzione alle parole nella definizione: «condizioni minime per la viabilità». Per essere più precisi, l'abilità di un sistema tecnico è descritta qui, cioè la sua capacità di realizzare la funzione.

2.2.2.3. Esempio.

Filo rosso (spiegazione della teoria)



A partire dal 1776, seguendo l'ordine del Ministero della Marina inglese, gli operai delle fabbriche della flotta militare iniziarono, durante la produzione di corde, ad intrecciare quest'ultime con un filo rosso. Il filo era intrecciato in modo da non poter essere rimosso neanche da un piccolo pezzo di corda. Qual era lo scopo di questa azione? In tal modo erano stati risolti due importanti problemi! Partendo dal primo, nel processo di utilizzo le corde si consumavano e i successivi utilizzi diventavano pericolosi ad uno spessore definito: il filo rosso era stato intrecciato in modo che la riduzione dello spessore della corda al di sotto di una certa dimensione potesse essere segnalata. Il secondo problema riguardava il furto delle corde dalle fabbriche per uso personale: essendoci un filo rosso in ogni pezzo di corda era semplice smascherare i criminali.

Questo esempio dà una buona visione della Legge della «conduttività dell'energia»: per mantenere la viabilità minima del sistema l'energia dovrebbe passare come "un filo rosso" attraverso tutte le parti del TS.

2.2.3. Modello

2.2.3.1. Lo schema a 4-elementi

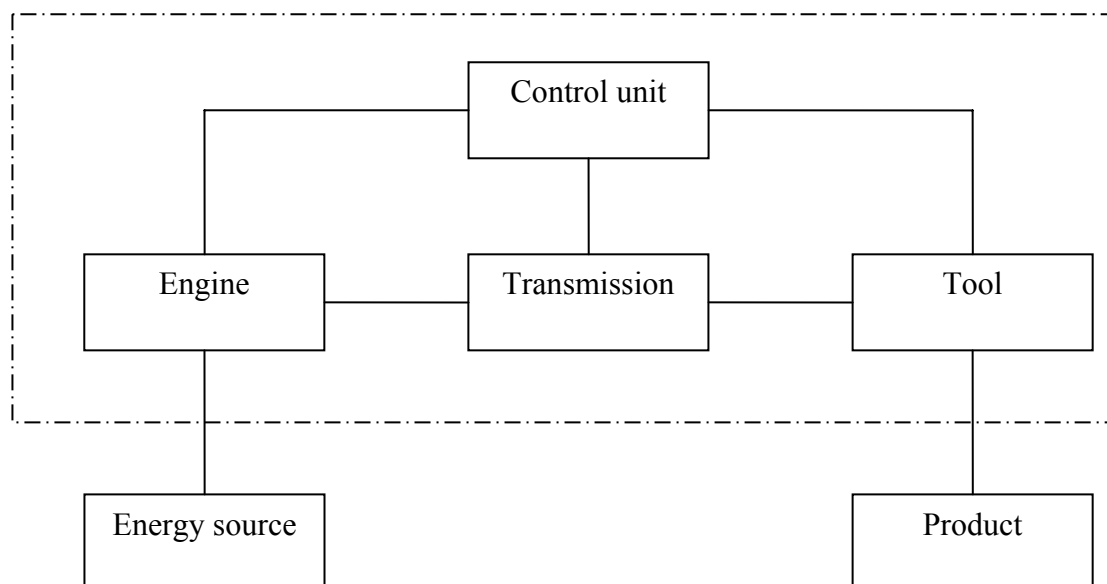
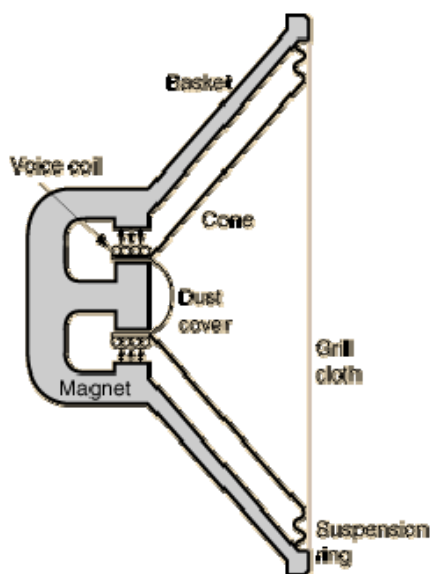


Fig. 2.1. Le parti principali del sistema tecnico

2.2.3.2. Esempio

L'altoparlante di Sokolov – conduttività d'energia



Per la bobina dell'altoparlante si usava generalmente un filo di rame, avvolto a formare uno strato. Tuttavia nei primi anni di sviluppo e di applicazioni di massa degli altoparlanti i magneti non possedevano sufficiente forza magnetica per generare la pressione sonora necessaria all'uscita dell'altoparlante. (Nota: la pressione del suono dipende dalla forza della corrente in un conduttore e dalle forze del campo magnetico. L'orecchio umano percepisce la pressione sonora come l'intensità acustica di quel suono; questa dipendenza ha un carattere complesso, che non affronteremo in questa sede).

Figura 2.2. Sezione trasversale di un altoparlante

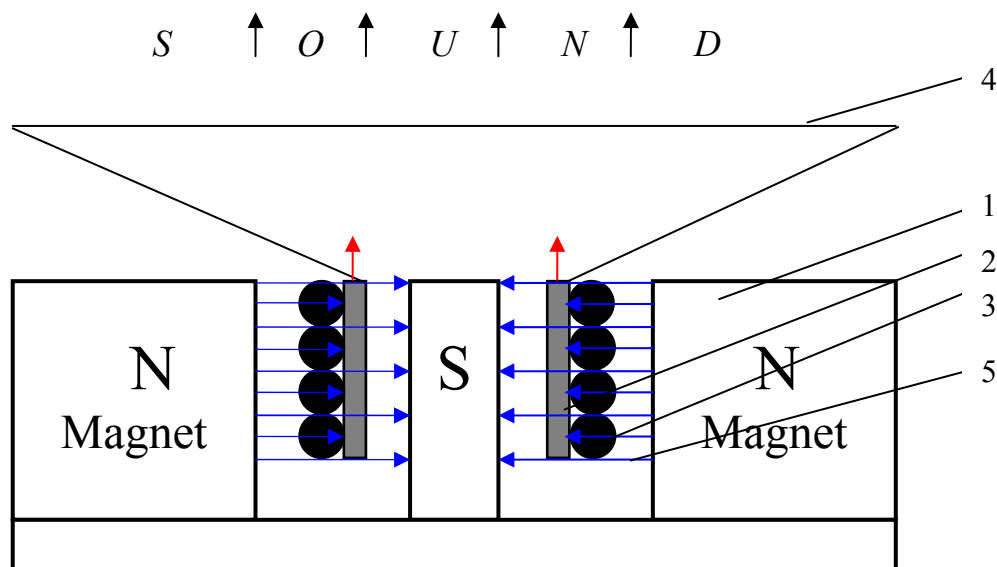


Figure 2.3. Sezione trasversale di un altoparlante con evidenziato il circuito magnetico.

La figura rappresenta:

- 1 – magnete
- 2 – Sostegno della bobina
- 3 – avvolgimenti della bobina
- 4 – diffusore
- 5 – linee di forza di un campo magnetico

Sono presenti tre ostacoli alle linee di forza del campo magnetico, sono posizionati tra i due poli del magnete e ne indeboliscono il campo. Questi ostacoli sono: un intervallo d'aria; una carcassa di materiale isolante per la bobina; il filo di rame. Più piccolo è l'intervallo d'aria e più è sottile la carcassa della bobina, più piccole appariranno le perdite nella catena magnetica: il campo magnetico risulterà così più forte (questo comporta che la pressione sonora e l'intensità acustica saranno più forti).

Per quanto riguarda il filo di rame, ricordiamo che un conduttore metallico genera perdite in un campo magnetico.

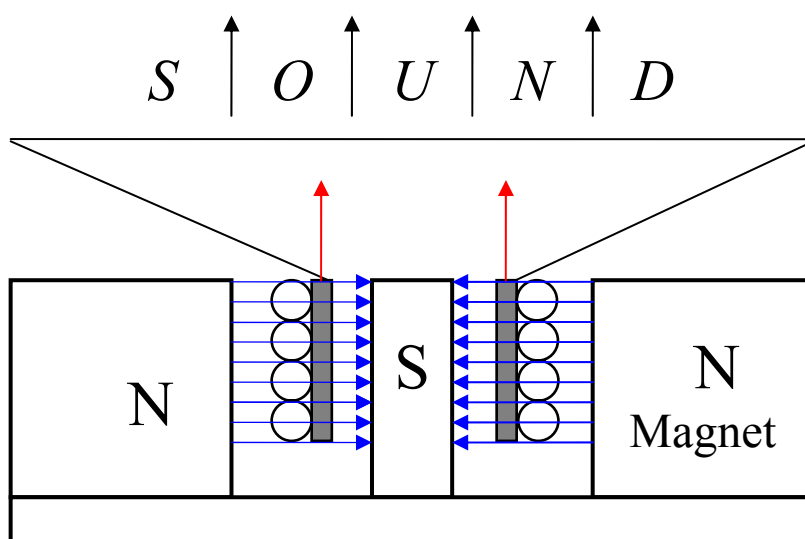


Figure. 2.4. Sezione trasversale di un altoparlante con evidenziato il circuito magnetico.

La figura illustra le modifiche apportate: al posto di un filo di rame viene utilizzato un filo di materiale ferromagnetico, ad esempio l'acciaio.

L'inventore, Sokolov, ha brevettato nel 1936 un altoparlante in cui la parte di avvolgimento viene realizzata da un materiale ferromagnetico proprio per aumentare l'efficienza. Il materiale ferromagnetico conduce bene il campo magnetico senza generare perdite nel circuito magnetico.

2.2.3.3. La conduttività dell'energia del modello a 4-elementi

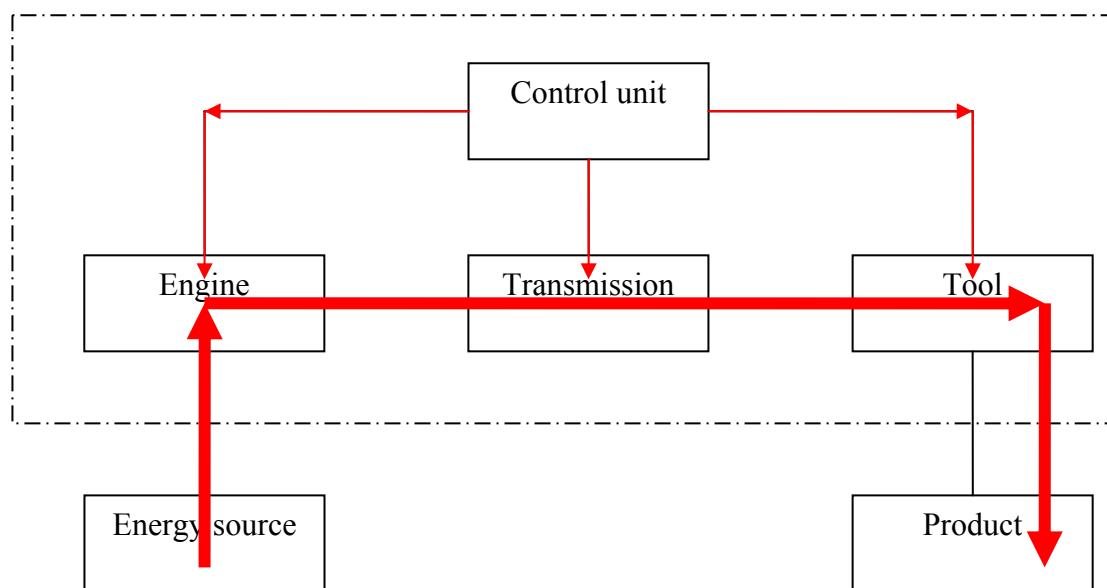


Figure. 2.5. Conduttività dell'energia del modello a 4-elementi

La conseguenza della controllabilità

«E' necessario assicurare la conduttività di energia tra la parte e gli organi di controllo, al fine di controllare tale parte del sistema tecnico». Che cosa significa? Come dovremmo utilizzare questa affermazione?

E' necessario costruire il modello a 4-elementi del TS.

Analizzare se è presente un passaggio di energia tra le parti del sistema tecnico.

Analizzare se c'è un passaggio di energia tra le parti del sistema tecnico e l'unità di controllo.

Stabilire quali sono i **campi** utilizzati per la gestione del sistema ed analizzare la necessità e la possibilità di sostituire i campi mal gestiti con campi gestiti, controllati in modo migliore, secondo il seguente ordine: gravitazionale – meccanico – termico – magnetico – elettrico – elettromagnetico.

Il problema inverso – interrompere la conduttività d'energia

Durante la risoluzione di alcuni problemi è richiesta un'azione inversa. E' necessario **non** permettere un passaggio di energia col fine di prevenire un'influenza negativa del sistema tecnico sul prodotto. In questo caso è necessario (come di consueto, quindi come nel caso non invertito) definire in primo luogo la funzione.



2.2.3.4. Esempio

Interruttore di sicurezza di una pressa

In alcune fabbriche vengono utilizzate forbici meccaniche avviate a mano o presse meccaniche (una parte dell'attrezzatura utilizzata per far gravare del peso su qualcosa, al fine di renderlo piatto o forzare del liquido fuori da esso): l'operatore posiziona manualmente il materiale semilavorato nella zona di processamento e poi accende la pressa. Possono verificarsi situazioni pericolose perché nel momento dell'accensione della pressa la mano dell'operatore può trovarsi in una zona di pericolo. Come prevenire l'accensione della pressa nel caso in cui la mano sia in una zona di pericolo?

Rappresenteremo nello schema del TS quale azione pericolosa dovrebbe essere prevenuta (fig 2.6).

E' quindi necessario migliorare la controllabilità della pressa: la pressa non dovrebbe poter essere accesa se una mano si trova in una zona di pericolo. Così, la funzione del nuovo sistema tecnico sarà «accendere la pressa solo nel caso in cui nessuna mano dell'operatore si trova in una zona di pericolo».

L'operazione di una pressa è completata in questo caso se accade che l'accensione della stessa non è permessa nel momento in cui la mano dell'operatore è presente in una zona di pericolo. Per dirlo diversamente, il meccanismo nel problema descritto è incontrollabile perché lavora anche nel caso in cui almeno una mano si trova in una zona di pericolo. Nello schema (fig 2.6) non ci sono comunicazioni di energia – frecce rosse – in una catena operativa tra il Control e le altre parti del sistema. L'unicità di questa situazione è spiegata dal fatto che ci sono alcuni momenti pericolosi, quando il primo operatore posiziona un semilavorato nella zona di processamento usando una mano, mentre il secondo operatore accende la pressa. E' quindi necessario distruggere, interrompere il passaggio di energia in qualunque parte della catena nel momento in cui una mano compare nella zona di pericolo.

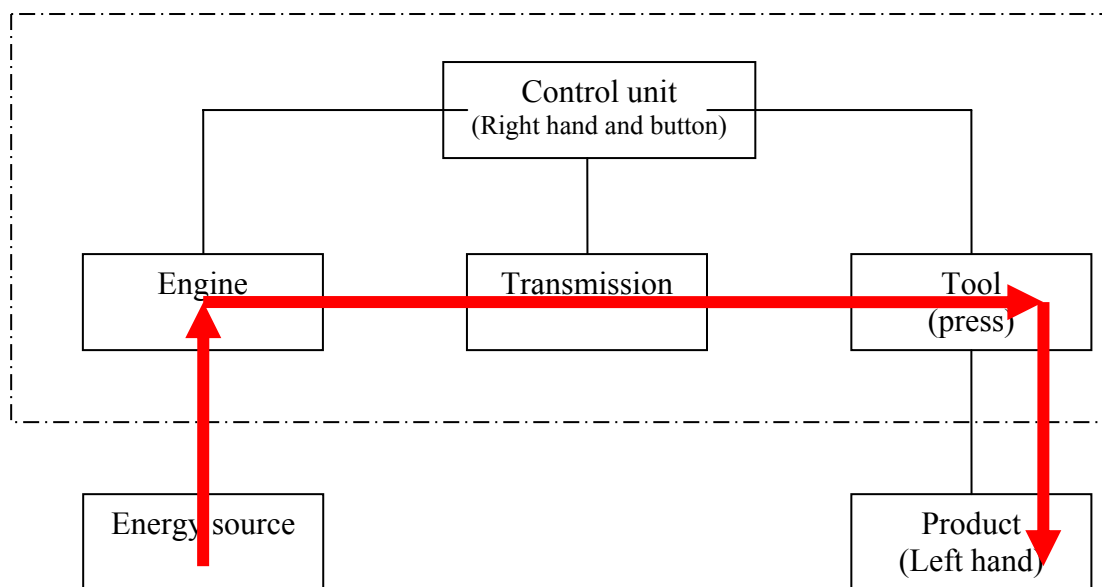


Figura 2.6.

La soluzione si basa sulla necessità di utilizzare entrambe le mani per l'accensione della pressa: e' possibile accendere la pressa soltanto quando l'operatore preme simultaneamente due bottoni con entrambe le mani. Nonostante la sua semplicità, tale compito non è stato risolto in modo ottimale per molti anni: diversi sensori che segnalavano la presenza di una mano in una

zona di pericolo hanno funzionato in modo inaffidabile. Adesso la necessità di un controllo a due mani nei meccanismi pericolosi è scritta negli standard europei EN574 “Sicurezza delle macchine” ed è per questo che esistono numerosi dispositivi di interruttori a due mani; ci sono aspetti funzionali che vengono applicati da tutte le case produttrici di questi macchinari.

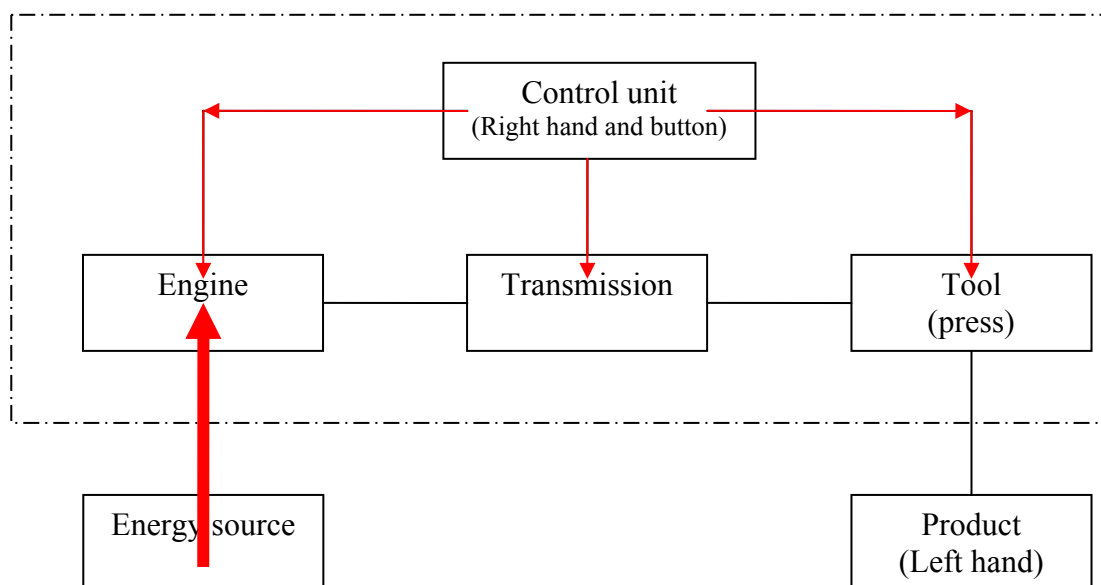
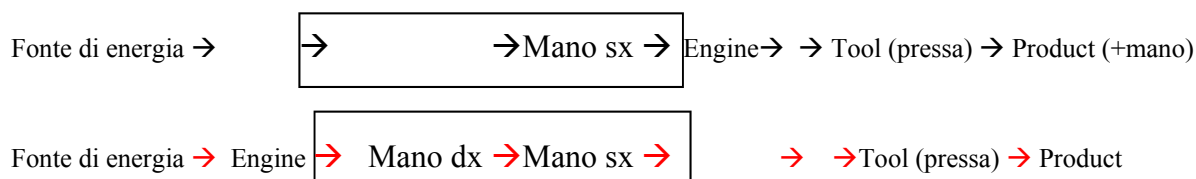


Figura 2.7.

I cambiamenti sono riportati nel seguente schema secondo la decisione di azionare una pressa con due mani. Il dispositivo di controllo accende la pressa solo quando due bottoni sono premuti contemporaneamente da due mani. Il passaggio di energia attraverso il sistema e poi fino al prodotto viene quindi interrotto nel caso in cui una mano appaia insieme al prodotto processato nella zona pericolosa.



Esempio

Protezione contro la scansione elettronica

Mostreremo un ulteriore esempio illustrando un caso in cui risulta necessario interrompere la conduttività d'energia del sistema.



La bellezza delle pareti esterne e delle finestre degli edifici influenza grandemente il business delle moderne banche e dei casinò.

Tuttavia in questi edifici sono anche largamente utilizzati dispositivi elettronici, le cui attività (vari codici, passwords ecc) possono essere facilmente analizzate, scannerizzate dall'esterno utilizzando i radio-segnali emessi. Il presupposto di base dovrebbe quindi essere l'impenetrabilità per le onde elettromagnetiche al fine di evitare questi problemi, tenendo conto delle condizioni di sicurezza. E' anche vero che chiudere tutte le finestre con pannelli di metallo non è molto bello per un esterno: cosa potrebbe essere fatto?

Spesso è possibile vedere delle graziose tende alle finestre delle banche locali, fatte di catene di metallo (Foto 2.8; 2.9). Per quale scopo vengono utilizzate?



Fig. 2.8.

La foto mostra le tende di un famoso casinò europeo

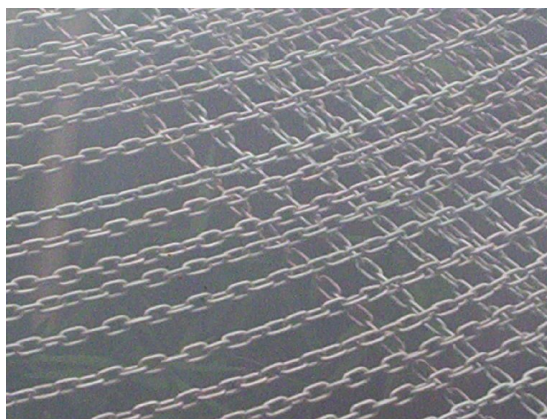


Fig. 2.9.

La foto mostra la struttura della tenda (l'immagine è ingrandita)

Il modello della macchina negativa

Per risolvere problemi simili è utilizzato il modello della “**macchina negativa**”. La questione è che mentre si ha a che fare con problemi pratici si ha spesso l'imposizione dell'elemento nocivo sull'effetto positivo (efficienza). Il modello della “macchina negativa” è creato col fine di definire correttamente le parti di un sistema che causano questa influenza dannosa, e porta alla selezione degli elementi che possono essere cambiati.

La costruzione logica di una “macchina negativa” è la stessa di un sistema tecnico ordinario, iniziamo quindi l'analisi con la formulazione della funzione “negativa” che ci disturba. La Funzione negativa è “individuare e catturare i segnali emessi dai dispositivi elettronici posizionati in ambienti chiusi”.

Product: un segnale

Tool: un dispositivo di scannerizzazione

Transmission: spazio al chiuso e all'aperto, un edificio, una finestra che si trova tra i dispositivi elettronici e lo scanner.

Engine: Dispositivo elettronico

Il sistema tecnico utile

La Funzione: Comunicare una buona impressione dell'impresa (un casinò, una banca) con la propria immagine.

Product: L'occhio di una persona

Tool: Onde elettromagnetiche nel campo del visibile.

Transmission: **Il volume interno di un edificio, una finestra, le tende. E l'ambiente che è visibile da una finestra e raggiunge l'occhio di un osservatore.**

Engine: Riflessione della luce solare o di una luce artificiale da parte dei muri interni e delle superfici degli oggetti che si trovano all'interno.

La fonte di energia: Luce solare o illuminazione artificiale.

Il sistema tecnico negativo

La Funzione: Leggere dall'esterno i dati dei dispositivi elettronici che si trovano all'interno.

Product: Radiazione dei dispositivi elettronici

Tool: Uno scanner posto all'esterno

Transmission: Volume interno di un locale, di un muro, una finestra, le tende. E l'ambiente tra la finestra e lo scanner elettronico

Engine: Dispositivo elettronico

Fonte di energia: Rete elettrica

Se i due modelli di sistemi tecnici, utile e negativo, sono rappresentati graficamente, è facile notare che la parte generale della Transmission coincide per entrambi i sistemi.

2.2.4. Strumenti (come usarli)

Con quale scopo possiamo applicare gli strumenti? Per:

Soluzione di problemi pratici: creazione della «macchina utile»;

Soluzione di problemi pratici: distruzione della «macchina negativa»;

L'analisi del sistema tecnico secondo la Legge – una stima dei vantaggi competitivi del sistema tecnico (TS); stima delle parti deboli del TS.

Un elemento costitutivo che preveda lo sviluppo del sistema tecnico: quale parte del sistema tecnico o quali parametri del sistema tecnico causano le maggiori difficoltà durante il funzionamento?



Come usarli?

1. Conduttività energetica – Esempi: 2.2, 2.5, 2.6.

2. Controllo – Esempi: 2.5, 2.6.

Interruzione della conduttività energetica – Esempi: una pressa; le tende 2.4, 2.5.

2.2.5. Esempio (Problema-Soluzione)

Previsioni per il «controllo» dell'auto

Immaginiamo di vivere nel 1901 e lavorare per la famosa casa “Mercedes”. E' necessario fornire una previsione di mercato riguardo la domanda di auto nel mondo per i prossimi 25 anni; sarà quindi necessario definire correttamente i fattori che limitano la crescita del consumo del prodotto.

Secondo voi quale è stato uno dei deterrenti per l'aumento della distribuzione e vendita delle auto dal punto di vista del livello di sviluppo del sistema tecnico “auto”?

Il costo dell'auto?

La velocità dell'auto?

I risparmi del motore?

Il livello di inquinamento dei gas combusti?

La complessità della guida?



Sì, in particolare la guida era difficile e spesso pericolosa: le prime auto coinvolgevano solo gli sportivi e molti proprietari d'auto assumevano autisti (che avevano bisogno di esercitarsi alla guida per molto tempo).

Immaginiamoci che ci venga offerto di andare a guidare ad una velocità di 50 Km/h in un'auto instabile, senza le pareti laterali, parabrezza, tergicristalli con una complessa serie di meccanismi, freni deboli e pneumatici inaffidabili. La postazione del conducente era dotata di così tante maniglie e leve di controllo che l'abilità ad usarle velocemente richiedeva molto allenamento. Ci sono state a lungo tre leve per i freni: sull'albero di trasmissione, sulle ruote posteriori e sul cosiddetto “puntone a goccia”, un nocciolo appuntito che si abbassava sulla strada con un movimento di sollevamento finché i freni non iniziavano a trattenere l'auto (un prototipo del

moderno freno a mano). Il progettista non si preoccupò se la leva era comodamente raggiungibile o se era conveniente usarla. La leva fu infatti installata là dove era stata richiesta dal progetto, richiedendo in tal modo al guidatore di dimostrare improbabili abilità da acrobata. Come applicare la Legge «Conduttività dell'energia tra le parti di un sistema» per migliorare le capacità di guida? Senz'altro in accordo con la seconda conseguenza di questa legge «E' necessario assicurare la conduttività di energia tra la parte e gli organi di controllo al fine di controllare tale parte del sistema tecnico». L'assenza di tali comunicazioni tra le parti porta ad una guida difficile ed inaffidabile, richiedendo al conducente una lunga e particolare preparazione. In altre parole, tali assenze hanno limitato lo sviluppo del sistema tecnico e la quantità di auto prodotte. Per le case produttrici questo significò perdita di profitto...

Conoscere le leggi d'evoluzione dei sistemi tecnici è utile ed importante non solo per gli ingegneri ma anche per i ricercatori di mercato; la loro mancanza di conoscenza o la loro ignoranza può portare infatti a delle previsioni che ci possono far sorridere:

"La domanda mondiale di autovetture non sarà mai superiore a un milione - principalmente a causa di una limitazione del numero di autisti".

Market Research Study, Mercedes Benz, 1901.

Wehnert, Timon, European energy futures 2030 : technology and social visions from the European energy Delphi survey / Timon Wehnert - Berlin ; Heidelberg : Springer Berlin, 2007. (page 53).

Fortunatamente, i direttori e i progettisti delle case automobilistiche non ascoltarono le previsioni ed hanno migliorato l'auto, rendendone più semplice il funzionamento...

Esempio

La gestione di un'impresa

Il problema operativo di un'auto più veloce apparirà una sciocchezza in confronto al problema della gestione di un'impresa. La legge della «Conduttività dell'energia» tuttavia si applica bene anche in questo caso. Noti consulenti che si occupano di gestione di società (Josef O'Connor, Ian McDermott) forniscono nel loro libro un esempio di un'innovazione fallimentare all'interno di una società:

Una compagnia invitò alcuni esperti (non gli autori del libro) per migliorare il lavoro del proprio settore di contabilità amministrativa. Grazie alle indicazioni ricevute la divisione iniziò a lavorare in modo più efficace. Tuttavia, per questo scopo richiese molte più informazioni dagli altri reparti della società, ad esempio dalla divisione marketing. Il carico di lavoro supplementare concernente il trasferimento dati indebolì la divisione marketing distogliendo gli impiegati dal loro lavoro di routine. Come risultato di tale innovazione, l'impresa ebbe difficoltà con la produzione standard e con la vendita dei prodotti per molto tempo...

Come risultato dell'approccio descritto, la «conduttività dell'energia» nella struttura dell'impresa è stata interrotta, rendendo quest'ultima in un certo modo incontrollabile.

Come risultato dell'innovazione introdotta, il reparto di contabilità amministrativa ha compromesso la «conduttività dell'energia» della divisione marketing e questo significa che ha compromesso la «conduttività dell'energia» dell'intero sistema, ovvero di tutta l'impresa.

2.2.6. Auto-valutazione

Sommario

Abbiamo bisogno di passaggio di energia attraverso tutte le parti del sistema (Legge della «Conduttività dell'energia») perché il sistema tecnico funzioni ad un livello minimo, oltre alla presenza di tutte le parti del sistema tecnico (Legge della «Completezza della parti di un siste-

ma»).

E' necessario fornire conduttività di energia tra la parte e l'unità di controllo al fine di controllare tale parte del sistema tecnico.



Domande:

1. Quali parti sono incluse nel modello a 4-elementi di un sistema tecnico?
 2. Quali sono le condizioni minime per il funzionamento di un sistema tecnico (secondo la legge della Completezza delle parti di un sistema)?
 3. Quali sono le condizioni minime per il funzionamento di un sistema tecnico (secondo la legge di Conduttività d'energia tra le parti di un sistema)?
 4. Specificare i nomi delle parti che sono incluse nel modello a 4-elementi del sistema tecnico: Transmission, Energy source, Engine, Product, Tool, Su-Field, Ambiente, Control...
 5. (*) Specificare i nomi degli elementi del modello a 4-elementi del sistema tecnico: Transmission, Energy source, Engine, Product, Tool, Su-Field, Ambiente, Control...
- (*) Che cosa manca alla dinamo col meccanismo di trasmissione sulla ruota di una bicicletta dal nostro punto di vista? (Dal punto di vista cioè delle Leggi d'evoluzione dei sistemi tecnici)

La dinamo tradizionale (il generatore elettrico) è installato come una fonte di energia elettrica per i dispositivi di illuminazione della bicicletta. L'energia di rotazione è trasferita alla dinamo attraverso la ruota; per questo scopo la dinamo ha un gommino montato sull'albero del generatore.



Fig. 2.10.



Fig. 2.11.



Fig. 2.12.

La foto mostra la dinamo tradizionale installata sulla bicicletta.

Esercizi



Comporre il modello a 4-elementi del sistema tecnico per l'illuminazione stradale su una bicicletta. Il sistema tecnico consiste di una luce di testa (con una lampadina, vetro e riflettore), linee di alimentazione (fili), il telaio (che serve come un conduttore), l'interruttore, il generatore di corrente elettrica (la dinamo) e la ruota in movimento.

(*) Quale è la funzione principale di un'auto, secondo voi? Qual è il "Tool", la "Transmission", "Engine", "Energy source", "Control" in un'auto secondo il modello a 4-elementi?

La prima bicicletta. Alcuni modelli delle prime biciclette non avevano freni né il manubrio come dispositivi per operazioni sulla ruota anteriore quali il movimento di rotazione. Costruire il modello a 4-elementi di una bicicletta come mezzo di trasporto e sottolineare in esso la conduttività d'energia: sia il passaggio di energia tra le parti, che il passaggio d'energia tra le parti del sistema tecnico e l'unità di controllo.

Compiti



Le figure 2.2 e 2.3 illustrano lo spaccato del circuito magnetico di un altoparlante. Per esempio, i magneti più potenti sono utilizzati nei grandi altoparlanti per concerti: per l'ulteriore aumento di prestazioni, è auspicabile una diminuzione delle perdite nel circuito magnetico, ottenuto a spese del contenitore della bobina. Inoltre, poiché negli altoparlanti potenti la bobina è attraversata da una corrente di grande intensità, si trova sottoposta ad un forte surriscaldamento e può fondersi: in tali condizioni diventa molto importante soffiare aria sulla bobina da molteplici direzioni per raffreddarla. La bobina tuttavia è composta anche da materiale elettricamente isolante, che funge anche da isolante termico, impedendone il raffreddamento. Che cosa fare?

Suggerimento-1: Esaminare il sistema tecnico dal punto di vista della legge presentata «conduttività dell'energia» come mostrato nell'Esempio 2.3.

Suggerimento-2: dobbiamo formulare la contraddizione «Il contenitore della bobina dovrebbe essere usato per***; il contenitore della bobina non dovrebbe essere usato per***».

Il record di velocità di un'auto. L'auto con il motore a reazione «Blue Flame» diventò nel 1970 la prima auto ad aver superato i 1000 km/h. Quest'auto raggiunse la velocità di 1001,452 Km/h sulla superficie completamente piatta di un lago salato estinto nello Stato dello Utah, sotto il controllo del pilota Gari Gabelich. Uno dei problemi con cui i progettisti si sono dovuti interfacciare: come attuare la frenatura di questa auto?

2.2.7 Bibliografia



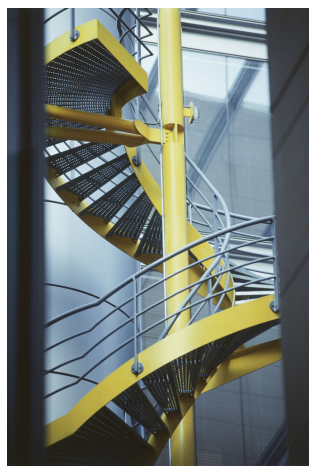
1. **Altshuller, G. S.** Creativity as an exact science. — M.: Soviet Radio, 1979. (Russian), Pages 124-125.
2. **Altshuller, G. S.** (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.). Pages: 225-227.
3. **Salamatov J.**, System of development of creativity laws. /In book: «Chance of adventure»/ Copiler. A.B. Selutsky. — Petrozavodsk: Karelia. 1991. (Russian). — Pages 68-75.
4. **Wehnert, Timon.** European energy futures 2030: technology and social visions from the European energy Delphi survey / Timon Wehnert - Berlin; Heidelberg: Springer Berlin, 2007.
5. **Josef O'Connor, Ian McDermott.** The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers Ltd., 1997.



2.3: La legge del coordinamento dei ritmi tra le parti del sistema

Salimmo al primo piano usando una vasta scala a chiocciola per spostarci dalla hall agli uffici di una nota banca europea. Questa scala ricordava le scale a chiocciola viste molte volte in castelli e fortezze medievali... Che somiglianza hanno?

Gli abitanti di una fortezza dovevano proteggere ogni mattone della stessa, ogni scalino della scala, ogni corridoio del castello. Queste scale, che potevano diventare un ostacolo per i nemici percorrendole dal basso verso l'alto, nella loro forma si avvolgono da sinistra verso destra, se viste dal basso verso l'alto. Il punto è che un soldato che saliva le scale e combatteva con una spada nella mano destra (e la percentuale di tali soldati era del 90%), doveva esporre il lato sinistro del petto, dove si trova il cuore. Un soldato, che proteggeva il passaggio su una scala e che si trovava al di sopra degli avversari, aveva invece una grande probabilità di ottenere la vittoria perché il lato sinistro del petto era coperto dalla mano sinistra e dal muro centrale... e tutto questo grazie semplicemente al verso di avvolgimento di una scala.



2.3.1. Definizione

Condizione essenziale per la viabilità di un sistema tecnico è il coordinamento dei ritmi (frequenze di vibrazione, alternanza) di tutte le parti del sistema.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.), p. 227



2.3.2. Teoria (Particolari)

Nella prima e nella seconda legge sono descritte due condizioni per la viabilità (capacità di sopravvivenza) minima di un sistema tecnico:

1. Presenza e minima energia per il funzionamento delle parti principali del sistema tecnico (Engine, Transmission, Tool, Control).
2. Il passaggio di energia in tutte le parti del sistema tecnico.

La terza legge introduce un'ulteriore condizione, un ulteriore parametro di valutazione del TS: il coordinamento dei **ritmi** delle parti del sistema tecnico. Il tipico errore durante l'analisi del sistema tecnico secondo le Leggi dell'Evoluzione è che l'utilizzatore inizia tale analisi senza una formulazione appropriata della funzione svolta dal sistema tecnico in esame. E' sempre bene evitare questo errore, ed in particolare per la terza legge: a seconda della funzione infatti è richiesto in alcuni casi di coordinare i ritmi delle parti del sistema, in altri di discorderli.

I **parametri di controllo** del sistema tecnico possono essere: frequenza, alternanza, una direzione, la velocità, una fase, la sequenza, la porosità ed altri.

Nell'esempio all'inizio del capitolo, il coordinamento tra la direzione del movimento su una scala e la direzione del movimento delle mani durante una battaglia risulta essere positiva per il

difensore e contemporaneamente una discordanza di questi parametri per l'attaccante. Per dirla diversamente, la scelta della discordanza e del coordinamento dipende dalla funzione che desideriamo realizzare.

L'incongruenza dei ritmi tra le parti del sistema tecnico è una delle ragioni della non uniformità di sviluppo del sistema tecnico (oltre ad altri motivi esterni: il verificarsi di nuove richieste di chi usa il sistema tecnico, interazione con altri sistemi tecnici ecc). La descrizione dettagliata della Legge della «Non-uniformità di sviluppo delle parti del sistema» è riportata nel capitolo 2.5.

2.3.3. Modello

Per l'analisi del sistema tecnico riguardante il coordinamento dei ritmi delle parti del sistema viene utilizzato il modello a 4-elementi. Durante l'analisi dei parametri è necessario porre attenzione non solo alla presenza delle parti principali del sistema e alla conduttività di energia tra di esse, ma anche ai parametri di questa conduttività – fluttuazioni, alternanze ecc

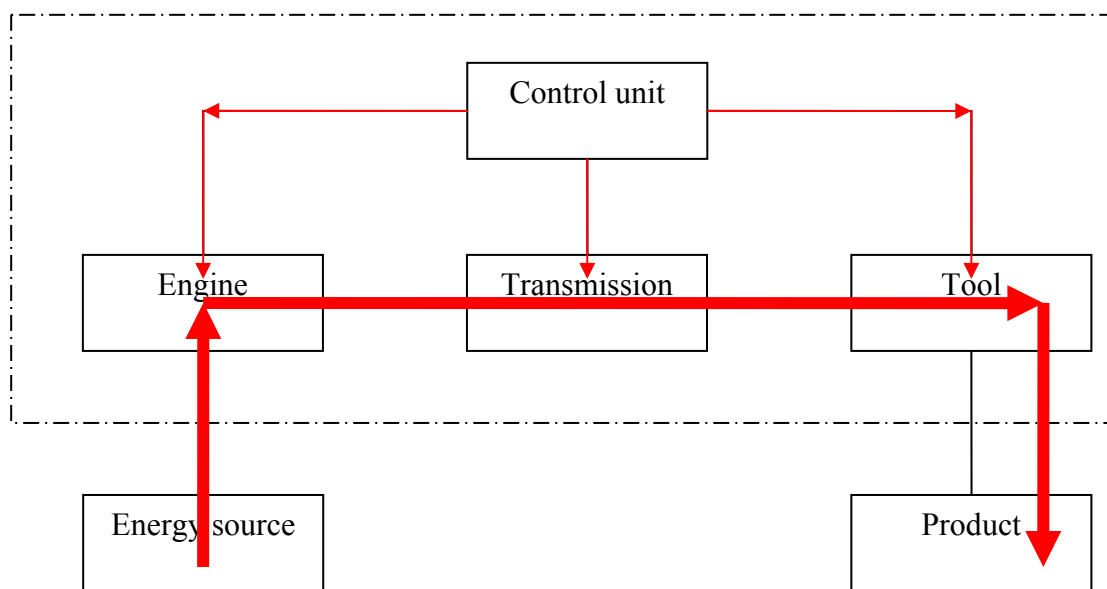


Fig. 3.1.

2.3.4. Strumenti (Come usarli)

Con quale scopo applicarli? Per:

- soluzione di problemi pratici: problemi di cambiamento;
- soluzione di problemi pratici: problemi di misurazione;
- analisi del sistema tecnico secondo la Legge – una stima dei vantaggi competitivi del sistema tecnico; identificazione delle parti deboli del sistema tecnico.
- un componente per lo sviluppo della capacità d'analisi del TS: quale parte (o parti) del sistema tecnico non sono coordinate ritmicamente?

Come applicarli?

Analisi del sistema tecnico alla luce delle parti principali del sistema stesso usando il modello a 4-elementi, la definizione – quali parti del sistema fungono da Fonte di Energia,





Engine, Transmission, Tool, Control?

Analizzare il sistema tecnico alla luce delle contraddizioni tra i parametri delle varie parti del sistema.

Usare il modello della «macchina negativa» per l'analisi. E' necessario porre attenzione principalmente ai parametri riguardanti la conduttività dell'energia.

Con quale scopo applicarli? Per:

soluzione di compiti pratici: una ricerca di cause degli effetti indesiderati;

soluzione di compiti pratici: rimozione della cause degli effetti indesiderati;

l'analisi di un sistema tecnico secondo la Legge – stima dei vantaggi competitivi; identificazione delle parti deboli del sistema tecnico;

previsione di sviluppo; uno degli approcci viene utilizzato per prevedere lo sviluppo del sistema tecnico: la presenza del coordinamento e discordanza tra le parti del sistema tecnico.

Come applicarli?

1. Cercare e rimuovere le cause degli effetti indesiderati: la presenza della discordanza e l'organizzazione delle condizioni per il coordinamento – Esempi 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.
2. Cercare e rimuovere le cause degli effetti indesiderati: la presenza della discordanza e l'organizzazione delle condizioni per la discordanza – Esempi 2.3, 2.4, 3.3

2.3.4.1. Esempio

Giochi Paralimpici

Il seguente problema sorse ai Giochi “Paralimpici”, organizzati per i diversamente abili, durante una gara di corsa sulla lunga distanza per persone con totale assenza di vista e udito. Ogni atleta dei Giochi “Paralimpici” ha un assistente: le loro mani sono collegate da un nastro sottile. In questo modo non ci sono problemi concernenti una falsa direzione: ogni assistente conduce in modo affidabile lo sportivo che gli è stato affidato: Gli sportivi correvano tuttavia con incertezza, senza la sensazione dell'atmosfera competitiva. Come trasferire l'atmosfera della presenza dei fans, le loro emozioni e il tifo a degli sportivi senza vista e udito?!



Il commentatore della competizione risolse questo problema in qualche secondo, avendo notato una corsa incerta degli sportivi dei Giochi “Paralimpici”: si indirizzò agli spettatori con una richiesta... (con quale richiesta – lo vedremo dopo una piccola spiegazione teorica).

Le soluzioni tradizionali:

l'assistente dello sportivo dovrebbe tirare la corda per rappresentare gli applausi;

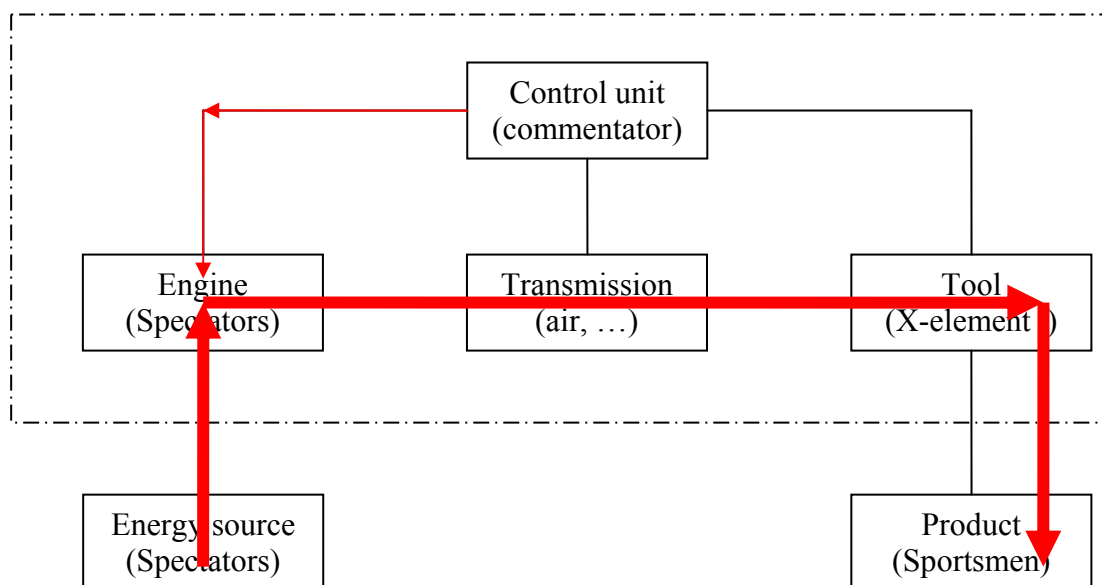
dare un ricevitore con un anello vibrante ad ogni sportivo dei Giochi “Paraolimpici” e dare il trasmettitore al commentatore;

non disputare questo tipo di competizioni...

Note:

- I Giochi “Paraolimpici”- sono una competizione sportiva internazionale per diversamente abili; essi si svolgono tradizionalmente dopo i Giochi Olimpici e dal 1992 anche nella stessa città. Questa pratica è fissata dall'accordo del 2001 tra “International Olympic Committee” e “International Paralympic Committee”. I Giochi Paraolimpici estivi si svolgono dal 1960 e i Giochi Paraolimpici invernali dal 1976. Il nome “Paraolimpico” è formato dal prefisso greco « para » - « vicino, come tutti gli altri»; e vuol significare corrispondenza, uguaglianza delle competizioni Paraolimpiche con i Giochi Olimpici.

Cerchiamo dunque di risolvere questo problema. E' necessario creare il canale di «conduttività dell'energia» tra gli spettatori e gli sportivi. Inizieremo con la definizione della funzione. **Fun-
ction.** Abbiamo detto che lo sportivo dovrebbe ricevere il sostegno degli spettatori: ogni tipo di energia potrebbe essere usata come vettore di questa informazione. Così, la funzione del sistema tecnico è: trasferire l'informazione dagli spettatori agli sportivi con totale assenza di vista e



udito.

Fig. 3.2.

Engine – gli spettatori

Trasmission – una serie di oggetti che circondano lo sportivo, tra il suo corpo e gli spettatori.

Tool – ciò che circonda direttamente lo sportivo. Secondo le condizioni della competizione l'assistente dello sportivo non dovrebbe aiutarlo se non a mantenersi nella direzione giusta, sulla sua traiettoria. Nessun mezzo tecnico è ammesso (vari ricevitori, dispositivi di rilevazione, ecc). Altre risorse dall'ambiente: aria, la copertura della pista.

Product – nel nostro caso lo sportivo dei Giochi Paralimpici

Un campo meccanico (acustico) e un campo elettromagnetico di lunghezze d'onda del visibile sono accessibili allo sportive con udito e vista; solo la percezione tattile (un campo meccanico forte) è accessibile invece a sportivi senza udito né vista. Le esclamazioni dei tifosi non sono infatti udibili dagli sportivi: e' necessario rinforzare questa influenza. E se le azioni degli spettatori fossero coordinate?

Il commentatore sportivo chiese infatti agli spettatori di applaudire ritmicamente e lui stesso dava il ritmo. Gli applausi degli spettatori diventarono così ritmici e coordinati, le fluttuazioni dell'aria si rinforzarono attraverso la risonanza e raggiunsero così l'oggetto – gli sportivi sentirono il saluto amichevole degli spettatori attraverso la pelle. (Le persone senza vista né udito hanno la sensibilità tattile aumentata. Da una parte è la compensazione dell'organismo, dall'altra l'abilità rinforzata attraverso l'esperienza).



Nota: si compari la soluzione ricevuta con le soluzioni tradizionali presentate poc'anzi, che vengono di solito proposte nel primo minuto di analisi del problema.

2.3.5. Esempio (Problema-Soluzione)

Esempio

Al fine di aumentare la potenza degli altoparlanti, spesso sono uniti in coppia o in gruppi e posizionati in configurazioni speciali. In questo caso tutti gli altoparlanti nel gruppo devono essere connessi in fase! Questo cosa significa? Quando viene fornito un segnale sugli avvolgimenti delle bobine audio, tutti i diffusori di tutti gli altoparlanti dovrebbero muoversi in un'unica direzione e non in direzioni opposte.



Fig. 3.3. Altoparlante

Esempio

Nel disegno è rappresentato un frammento di storia dell'evoluzione degli altoparlanti. In realtà, la testa dell'altoparlante senza alcuna registrazione riproduce molto male le basse frequenze: la ragione è il cortocircuito acustico. La pressione sonora non è creata prima del diffusore, in quanto l'altoparlante pompa l'aria dalla parete anteriore del diffusore alla parete posteriore, che

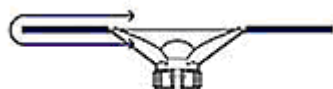


si muove già nella direzione opposta al momento della formazione di un'onda dalla parete anteriore. Così, un'onda estingue un'altra secondo i termini del modello a 4-elementi. (Il movimento di un diffusore e dell'aria che da lui è mossa non sono

coordinati per la realizzazione della funzione «creare vibrazioni nell'aria »).

Fig. 3.4.

Per evitare che ciò accada, nel corso dell'evoluzione dell'altoparlante, lo stesso venne installato in uno «scudo sonoro». E' una tavola le cui dimensioni sono calcolate in modo tale che la distanza più breve tra la parete esterna del diffusore e la parete retrostante sia uguale alla metà della lunghezza dell'onda sonora secondo la frequenza calcolata. In questo modo si raggiunse il coordinamento dei ritmi, delle fluttuazioni delle parti del sistema tecnico «Altoparlante». (In questo caso, i movimenti della massa d'aria causati dal moto diretto e di ritorno del diffusore non si sopprimono a vicenda, ma al contrario si sommano al fine di aumentare la potenza delle vibrazioni).



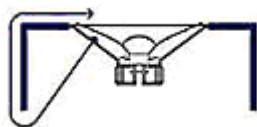
* E' una questione di Transmission, delle sue varie parti in termini di modello a 4-elementi.

* Considerare l'interazione del sistema tecnico utile e di quello

«negativo»

Fig. 3.5.

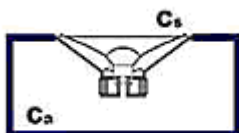
Tuttavia, in questo caso, sorse il seguente problema: le dimensioni dello scudo sonoro non permettevano di applicare questa soluzione nei dispositivi domestici. Le dimensioni dello scudo infatti sarebbero dovute essere 3x3 metri, per evitare il cortocircuito acustico con frequenze di 50 Hz. Per essere più precisi, queste dimensioni dovrebbero corrispondere a quelle di metà lunghezza d'onda di questa frequenza. In definitiva lo schermo dovrebbe essere grande proprio per evitare il cortocircuito acustico e lo schermo dovrebbe non essere grande affinché l'altoparlante possa essere installato nei dispositivi domestici. (In questo caso le dimensioni dello scudo sonoro non coincidono con quelle del dispositivo domestico – radio, registratore, ecc). E' necessario specificare i parametri « dimensione dello schermo sonoro » e «dimensione del dispositivo domestico» al fine di risolvere il problema. La contraddizione fu risolta utilizzando la



delle apparecchiature diminuirono di dieci o più volte.

Fig. 3.6.

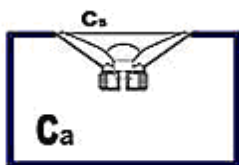
Come passo successivo il box è stato chiuso interamente al fine di prevenire completamente il corto-circuito acustico in un piccolo volume (fig. 3.7). Tuttavia, è sorto un ulteriore problema: le basse frequenze iniziavano infatti ad essere riprodotte male. Se il volume d'aria non resisteva alle fluttuazioni di un diffusore dinamico in un box aperto, il box chiuso è diventato simile



ad una molla. La frequenza di risonanza dinamica è aumentata, a scapito però dell'elasticità del volume d'aria nel box. (In questo caso, le vibrazioni del volume d'aria del box non coincidono con le vibrazioni del diffusore. Per essere più precisi, il volume d'aria interno al box e il cono dell'altoparlante non coincidono secondo il parametro «elasticità»).

Fig. 3.7.

E' risultato così necessario produrre box di grandi dimensioni perché l'elasticità dell'aria fosse molto più bassa dell'elasticità degli stessi mezzi di supporto. Questa soluzione ci permette di



specificare il volume d'aria interno al box e il diffusore in termini di parametro «elasticità». Tuttavia, questa soluzione porta ad una discordanza tra le dimensioni del box dell'altoparlante e quelle della costruzione. La direzione dello sviluppo dell'Hi-Fi (High Fidelity – High Fidelity of reproduction) ha generato altoparlanti di dimensioni enormi. Il più complicato e il più grande altoparlante stereo al mondo (il cui volume è di circa 50000 litri) appartiene alla ditta americana *Wilson Audio* e occupa il volume di una stanza di 20 metri quadrati.

Fig. 3.8.

Durante la storia semplificata dello sviluppo della progettazione dell'acustica degli altoparlanti si è illustrato l'approccio alla soluzione di un solo problema – la riproduzione qualitativa delle basse frequenze – i bassi: il coordinamento dei ritmi delle parti del sistema tecnico è il meccanismo base delle decisioni individuate.

Come risolvere la contraddizione «il volume dell'altoparlante dovrebbe essere grande per diminuire la frequenza di risonanza dinamica; il volume dell'altoparlante dovrebbe essere piccolo per poterlo utilizzare nei locali»? A questa domanda troveremo risposta in un esempio del capitolo 6 «Legge di transizione al super-system (cioè al sistema al livello superiore)».



Esempio

Nel secolo scorso, in molti paesi, le chiamate d'emergenza (vigili del fuoco, polizia, pronto soccorso...) venivano fatte utilizzando numeri telefonici diversi. Dopo aver capito che tale discordanza portava a perdite di tempo, furono offerte chiamate di emergenza utilizzando un numero di telefono unico.

Il tempo di arrivo dei servizi di emergenza si ridusse notevolmente. Tuttavia, in alcuni casi, è molto importante che tutti i servizi lavorino insieme: il lavoro di tutti i servizi dovrebbe essere coordinato ed essi non dovrebbero disturbarsi l'un l'altro. Ad esempio i vigili del fuoco che arrivano prima dei medici e della polizia non sono capaci di fornire il primo soccorso ai feriti o raccogliere le prove disponibili; polizia o medici che arrivano per primi non sono in grado di

fermare l'avanzata del fuoco e di raggiungere i feriti... E' quindi molto importante fornire il coordinamento degli arrivi di tutti i servizi.

La nuova soluzione a questo problema comparve in Sud Corea: essi vollero coordinare le chiamate d'emergenza e gli arrivi di tutti e tre i servizi sui luoghi degli incidenti. Così, automobili e personale di questi servizi sono stati posizionati in un unico edificio, da dove possono partire tutti insieme.



Esempio

In molti paesi nordici il materiale tradizionale per la costruzione delle case sono i tronchi; i tronchi sono stati usati per l'edilizia per secoli e tale metodo è ancora usato in Finlandia, Svezia, Russia e in molte altre nazioni.



Fig. 3.9. Cottage realizzato con tronchi
(source Kon Corporation, <http://www.dom.kon.ru/>)



Fig. 3.10. I blocchi finali dei tronchi
(source: www.lesoryb.ru)

Tronchi sviluppati in direzione longitudinale sono stati posizionati in modo che il lato del tronco che era stato orientato a nord durante la vita dell'albero fosse disposto verso l'esterno durante la costruzione dell'edificio: gli anelli annuali sul lato nord sono infatti più sottili, il legno di questo lato più denso, possiede una struttura più piccola ed ha un comportamento più stabile nel tempo rispetto al condizionamento dei fattori naturali (sole e umidità).

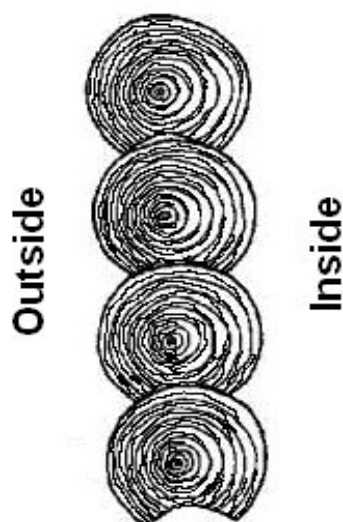


Fig. 3.11. Orientazione dei tronchi



Fig. 3.12 I capi dei tronchi
(source: www.lesoryb.ru)

Così, la naturale struttura del tronco è stata utilizzata nella costruzione della casa secondo fattori naturali, con lo scopo di migliorarne la qualità.

2.3.6. Auto-valutazione

Sommario

Il coordinamento dei ritmi delle parti del sistema è necessario perché il sistema tecnico sia vivibile (ovvero capace di sopravvivere), oltre alla presenza delle parti principali del sistema e il passaggio d'energia tra queste.



Domande:



1. Quali parti sono incluse nel modello a 4-elementi di un sistema tecnico?
 2. Quali sono le condizioni minime per il funzionamento di un sistema tecnico (secondo la legge della Completezza delle parti di un sistema)?
 3. Quali sono le condizioni minime per il funzionamento di un sistema tecnico (secondo la legge di Conduttività d'energia tra le parti di un sistema)?
- Quali sono le condizioni minime per il funzionamento di un sistema tecnico (secondo la legge di Coordinamento dei ritmi delle parti di un sistema)?

Esercizi



I paraurti in un'auto sono finalizzati ad ammortizzare la forza di un colpo conseguenza di una collisione con un ostacolo o con un'altra macchina. Analizzare se i parametri di un paraurti sono coordinati con i valori dei parametri dei paraurti di un'altra auto.

Compiti



Protezione dei farmaci dalla portata dei bambini. E' noto che i bambini sono molto curiosi e spesso tentano di aprire e di assaggiare le cose che trovano; ci sono però cose che non possono essere date ai bambini. Ad esempio, i farmaci devono sempre essere sufficientemente protetti dall'apertura da parte loro. Analizzare il sistema tecnico di un «contenitore per i farmaci con un coperchio svitabile» in termini di passaggio di energia. Come interrompere questo collegamento di energia, vista come il tentativo di aprire il contenitore da parte dei bambini?

2.3.7 Bibliografia



1. **Altshuller, G. S.** Creativity as an exact science. — M.: Soviet Radio, 1979. (Russian), Page 125.
2. **Altshuller, G. S.** (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.). Page: 227.
3. **Salamatov J.**, System of development of creativity laws. /In book: «Chance of adventure»/ Copiler. A.B. Selutsky. — Petrozavodsk: Karelia. 1991. (Russian). — Pages 75-97.

2.4 La legge di incremento del grado di idealità del sistema

I trasporti pubblici sono nati più di 100 anni fa e insieme ad essi ovviamente i biglietti di viaggio. E' possibile solo immaginare quante tonnellate di carta saranno state utilizzate per questo sistema tecnico dalla vita così breve...

Annunci del tipo «il nuovo servizio di mobile ticketing, il biglietto che ciascuno può acquistare usando il proprio cellulare» sono apparsi recentemente nel sito di Trenitalia, oltre che in molte altre realtà di trasporto pubblico in tutto il mondo: l'acquisto viene fatto direttamente attraverso un messaggio SMS alla compagnia di trasporto. E l'SMS diventa il biglietto di viaggio: non è più presente il biglietto tradizionale, ma la funzione del sistema tecnico «biglietto di viaggio» è comunque soddisfatta. In questo caso, la funzione del biglietto è svolta dal telefono cellulare e dalle sue dotazioni.

Abbiamo fatto l'esempio del caso estremo, dove il sistema tecnico non solo modifica i suoi parametri verso un livello più alto, ma scompare anche, «si dissolve» in un altro sistema tecnico, trasferendo ad esso la funzione. Una soluzione analoga è nota ormai da tempo anche negli acquisti quotidiani: il bancomat. Come si comporta la legge di incremento del grado di Idealità dei sistemi, quali sono le sue caratteristiche, i suoi strumenti? Nel seguente capitolo affronteremo tutto questo.

2.4.1. Definizione

Lo sviluppo di tutti i sistemi procede verso l'incremento del grado di Idealità.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.), p. 227-228.



2.4.2. Teoria (Particolari)

Utilizziamo descrizioni **idealizzate** di soggetti reali, processi e fenomeni con l'aiuto di modelli nelle branche più diverse della scienza. Nei modelli i dettagli più piccoli e insignificanti vengono omessi, non vengono rappresentati per sottolineare gli aspetti principali. Per esempio, non abbiamo bisogno della documentazione tecnica completa della Torre Eiffel per rappresentare uno dei simboli di Parigi. Talvolta è già sufficiente disegnare la sagoma della torre tracciando qualche linea su un foglio.

I concetti idealizzati sono utilizzati non solo nei modelli, ma in varie teorie e branche della scienza (fisica, matematica, geometria ecc).

Per esempio: «un punto infinitamente distante», «la macchina termica ideale», «un gas ideale», «dimensioni infinitesime» e molti altri concetti.

Consideriamo in dettaglio una serie di definizioni fondamentali utilizzate in TRIZ e collegate al concetto di Idealità.

La definizione fondamentale di Idealità

Nella nostra pratica quotidiana avremmo sempre bisogno di un punto di riferimento «all'infinito», che è irraggiungibile nella realtà, ma può servire come standard per il confronto, al fine di valutare il sistema tecnico reale o la soluzione del problema.

E' possibile spiegare il concetto di Idealità introducendo una frazione: il rapporto tra il massimo effetto (beneficio) (E) e il minimo costo (C).

$$I = E/C$$

Nel caso generale più il risultato che otterremo sarà significativo a fronte di costi più bassi pos-

sibili, più avremo raggiunto un'Idealità maggiore.

Considereremo invece adesso due casi particolari: 1. Incremento di Idealità con i costi fissi e attraverso l'aumento dei Benefici. 2. Incremento d'Idealità sulla base di benefici fissi attraverso una riduzione dei costi.

Quando abbiamo i fattori di costo fissati (economici, sociali, ecologici ecc), il concetto di Idealità riflette il raggiungimento del massimo risultato possibile. Per esempio, il raggiungimento di un ulteriore beneficio, che non era stato previsto in precedenza. La causa dell'incremento di Idealità è spesso il miglioramento dei parametri in un'altra area; di conseguenza, durante la soluzione di un problema tecnico, gli indicatori economici, ecologici, sociali possono essere senz'altro migliorati.

Ottenere il risultato desiderato usando fattori di costo minimi. L'ideale ovviamente è avere zero fattori di costo. (vedi «Sistema Ideale»)

Il Sistema Ideale

Si definisce Sistema Ideale il sistema che svolge la funzione senza alcuna spesa, cioè utilizzando zero fattori di costo (economico, sociale, ecologico o altri aspetti).

La soluzione ideale

La Soluzione Ideale non è mai realizzabile fino in fondo e viene utilizzata come punto di riferimento per la valutazione delle soluzioni ottenute.

La soluzione ideale è una soluzione che non crea alcun effetto negativo, a prescindere da quanto si estendano i limiti del System Operator (In ottica Multi Schermo: la quantità degli schermi dello Schema tende all'infinito su tutti gli assi).

L'uso dello schema Multi-schermo

Di solito, durante la valutazione di una soluzione, ne stimiamo i potenziali effetti negativi analizzando una situazione concreta mediante l'utilizzo dello schema multi-schermo.

Lo schema multi-schermo, che rappresenta una situazione problematica concreta, ha di norma una quantità limitata di schermi. Innanzitutto, perché la quantità di schermi è limitata dai nostri stereotipi (inerzia psicologica); in secondo luogo per le richieste, le esigenze, i bisogni di una situazione concreta, che contiene molti fattori soggettivi.

Il concetto di **soluzione ideale**, che abbiamo descritto pocanzi, viene rappresentato per aumentare il livello di oggettività di una valutazione della soluzione individuata. Tenendo conto della definizione di soluzione ideale, dovremmo evitare al massimo la nostra tendenza ad usare stereotipi e valutare la soluzione raggiunta da diversi punti di vista, che scaturisce da tutte le categorie di persone potenzialmente interessate, in un intervallo di tempo illimitato.

Il miglior risultato desiderabile (MDR) della soluzione di un problema

Il Massimo Risultato finale Desiderabile (MDR) è il massimo scopo raggiunto o il sistema degli scopi che vorremmo raggiungere come risultato della soluzione del problema (MDR – Most Desirable Result).

Anche se abbiamo la sensazione che ci siano dei limiti di fattibilità nel problema che stiamo affrontando, dobbiamo immaginare di avere una “bacchetta magica” che ci aiuta ad ottenere i risultati impossibili.

L'MDR è definito integrando il concetto di **Sistema Ideale** e di risultato finale ideale (vedi in seguito **IFR**, Ideal Final Result), col fine di avvicinarsi il più possibile alla soluzione ideale.

E' necessario fare una distinzione tra l'MDR e la Soluzione Ideale. L'MDR è una soluzione che è rappresentata come un ideale entro i limiti degli stereotipi di una situazione concreta, in un intervallo di tempo, in un certo spazio, con certe risorse, cioè in accordo con il terzo postulato della teoria TRIZ classica (postulato della “situazione specifica”).

Il massimo risultato desiderabile finale (MDR) è un concetto di media che si trova tra l'IFR (Ideal Final Result) e il Sistema Ideale, da una parte, e la Soluzione Ideale dall'altra.

L'IFR è formulato per una contraddizione concreta che è inclusa nella descrizione del problema concreto. Il sistema ideale è una descrizione di uno dei sistemi coinvolti in questo problema concreto. L'MDR è un'integrazione delle nostre visualizzazioni riguardo l'IFR e il sistema ideale nel problema concreto. Queste visualizzazioni vengono modificate e dettagliate nel corso della soluzione del problema.

La nota

E' necessario notare che nelle prime fasi di sviluppo del TRIZ non esistevano praticamente distinzioni tra Sistema Ideale, IFR (Ideal Final Result) e Soluzione Ideale, ma nel corso dell'evoluzione del TRIZ, è sorta la necessità di dividere questi concetti. Pertanto, in OTSM-TRIZ, l'IFR e il Sistema Ideale sono i mattoni per la costruzione dell'immagine dell'MDR. E la Soluzione Ideale è utilizzata per valutare le soluzioni ottenute.

Un'ulteriore funzione della Soluzione Ideale è quella di fungere da strumento per il superamento dell'inerzia psicologica. Quando abbiamo ottenuto una soluzione vicina o coincidente con l'MDR, dovremmo provare a cercare parti dello schema multi-schermo dove questa soluzione crea o può creare un effetto negativo. Dobbiamo individuare quelle parti del System Operator (lo schema Multi-schermo) che non sono state prese in considerazione durante la costruzione dell'immagine dell'MDR. In altre parole, il modello di una Soluzione Ideale ci aiuta a uscire dai limiti designati da una situazione problematica iniziale e nella cui struttura è stata definita l'immagine dell'MDR e guardare alla situazione problematica con gli occhi di osservatori che sono posti fuori dalle nostre considerazioni sul problema definito, e che reagiranno comunque alla nostra soluzione.

L'IFR (The Ideal Final Result)

Secondo le regole di ARIZ-85-B riguardo l'IFR, questo è formulato come la contraddizione concreta in cui sono accuratamente definite le due richieste incompatibili, che dovrebbero essere combinate come risultato della soluzione contraddittoria. L'IFR definisce lo scopo e i criteri di valutazione dell'efficienza della contraddizione risolvibile: più la nostra soluzione è vicina all'IFR meglio è. Così, l'IFR funge da punto di riferimento nel corso del lavoro su un problema. Ecco perché nel corso dell'evoluzione dell'ARIZ, l'IFR è stato sviluppato da uno scalino ad un sistema di scalini che G.S.Altshuller chiamava «Il pacchetto dell'IFR»: IFR-1; IFR rafforzato; IFR-2.

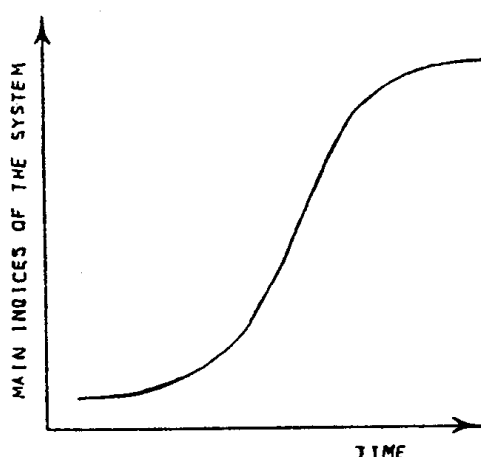
Nelle tecnologie OTSM (delle «Contraddizioni») il pacchetto dell'IFR è stato allargato con step ulteriori: IFR-2 suddiviso in «IFR-2 parziale» e «IFR-2 completo»

Ciascuno degli IFR-2 parziali si abbina all'IFR Rafforzato ed è anche definito dopo le corrispondenti formulazioni della contraddizione fisica (nell'OTSM – la Contraddizione dei parametri) al macro-livello e al micro-livello. Così, ogni IFR Rafforzato eguaglia almeno due IFR-2 parziali: nel macro- e nel micro-livello

Ogni IFR-2 parziale è un elemento del mosaico, che disegna l'IFR-2 Completo.

2.4.3. Modello

La vita del sistema tecnico (così come di altri sistemi, ad esempio sistemi biologici) può essere illustrata con la rappresentazione della dipendenza dei parametri principali del sistema dal tempo. Tale modello del sistema tecnico con la forma di una curva-S è largamente usato nell'OTSM-TRIZ. La curva-S mostra chiaramente come i parametri principali (velocità, capacità, produttività ecc) del sistema tecnico vengono modificati durante la sua vita. Ogni sistema ha le sue proprie peculiarità, il suo “ritratto” della curva-S, ma c'è qualcosa che accomuna ogni “ritratto”, che è caratteristico di tutti i sistemi: tali segmenti sono: 1 - «Infanzia», 2 -



«Crescita», 3 - «Maturità»

Durante l'evoluzione del sistema tecnico i suoi parametri principali aumentano, il sistema diventa migliore, più ideale. E' necessario costruire lo schema del cambiamento nel tempo di uno degli indicatori principali del sistema, usando i brevetti trovati e altre risorse concernenti lo sviluppo previsto del TS analizzato. Inoltre, si usa la curva-S ottenuta per trarre conclusioni riguardo lo stadio di sviluppo in cui si trova il sistema tecnico.

Fig.4.1 Curva-S

Ci sono diverse fasi di incremento dell'Idealità:

- miglioramento dei parametri del sistema (aree 1-2) con aumento dei costi;
- miglioramento dei parametri del sistema (aree 1-2) con i costi invariati;
- miglioramento dei parametri del sistema (la comparsa di nuove funzioni) con aumento dei costi;
- miglioramento dei parametri del sistema (la comparsa di nuove funzioni) con i costi invariati;
- miglioramento dei parametri del sistema con riduzione dei costi;
- miglioramento dei parametri del sistema (la comparsa di nuove funzioni) con riduzione dei costi;

La notevole diminuzione delle spese – affrontate per sostenere l'esistenza del sistema e la comparsa di nuove funzioni, e che estendono in maniera significativa l'applicazione del sistema – avviene attraverso la completa scomparsa del sistema tecnico (per esempio, dal suo collegamento con un altro sistema o la sua transizione verso il sub-system, con trasferimento delle sue funzioni principali al nuovo sistema).

2.4.4. Strumenti – Come usarli

Strumenti utilizzati per raggiungere la soluzione corretta: Leggi strumentali – la Legge della completezza delle parti del sistema; la Legge della “conduttività dell'energia”; la Legge del coordinamento dei ritmi delle parti del sistema.

Fasi di incremento dell'Idealità	Metodi per il conseguimento
Miglioramento dei parametri di un sistema con incremento dei costi	L'uso intenso delle risorse. Metodi ingegnerizzati di progettazione strutturale
miglioramento dei parametri del sistema con i costi invariati;	Tecnologie per il risparmio delle risorse; soluzioni ottimali; soluzioni standard per il risparmio delle risorse
Comparsa di nuove funzioni con aumento dei costi;	Metodi ingegnerizzati di progettazione; Value Analysis (con un aumento delle spese non significativo)
Comparsa di nuove funzioni con i costi invariati	Metodi ingegnerizzati di progettazione; Value Analysis
Miglioramento dei parametri del sistema con una diminuzione dei costi	Value Analysis, OTSM-TRIZ
Comparsa di nuove funzioni con una diminuzione dei costi	Value Analysis, OTSM-TRIZ
Significativa diminuzione dei costi per sostenere l'esistenza del sistema e la comparsa di nuove funzioni del sistema.	Value Analysis, OTSM-TRIZ;



2.4.5. Esempi

Esempio

I marinai hanno usato per molto tempo le stelle del cielo per l'orientamento in mare; sappiamo che nessun marinaio ha mai raggiunto una stella. Tuttavia, pensiamo quante navi hanno trovato il porto senza perdere la rotta e quante vite umane sono state salvate grazie a questa forma di orientamento.



L'ideale non è raggiungibile, ma con il solo orientamento verso di esso, siamo in grado procedere nella giusta direzione.



Esempio

La zattera per il trasporto dei tronchi è un sistema ideale (si ricorda che per sistemi e soluzioni reali possiamo parlare di Idealità solo a livello di comparazione, perché la soluzione ideale è per definizione irraggiungibile). Così, possiamo asserire che una zattera fatta col proprio carico – tronchi trasportati, è una soluzione più ideale rispetto ad una nave per il trasporto del legname.



Ma il mondo è intessuto di contraddizioni: possiamo notare che i tronchi trasportati su una nave rimangono asciutti rispetto a quelli trasportati con la zattera. Quindi, un altro parametro – l'integrità del carico – ha un valore molto piccolo. Sorge così un nuovo problema...

Esempio

Ogni kilogrammo di carico in una navicella in orbita attorno alla Terra ha un valore immenso, e non è un'esagerazione: per portare un kilogrammo di carico nell'orbita della Terra, è necessario spendere risorse e mezzi comparabili con il costo di un kilo d'oro.



Alla fine del XX secolo è stato proposto di realizzare elementi per l'arredamento interno della cabina della navicella con generi alimentari pressati. In caso di emergenza, quando saranno finite le scorte alimentari, sarà così possibile usare parti di una poltrona o di un muro interno della nave come cibo.

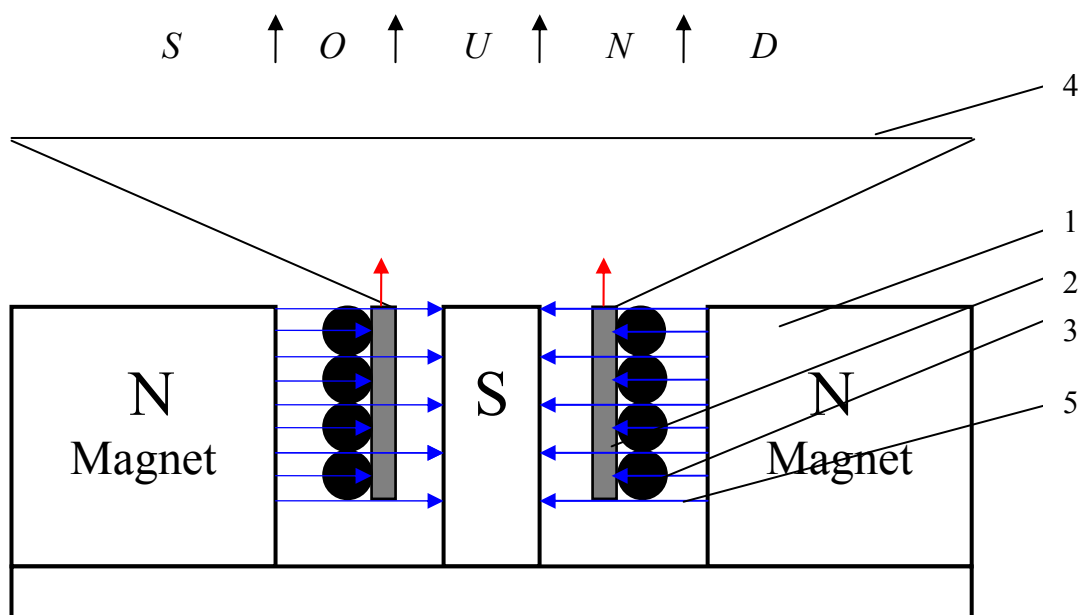
Esempio

Restando in ambito spaziale, è necessario avere una sufficiente fornitura di carburante durante i viaggi spaziali. Come fornire movimento alla nave senza combustibile? La traiettoria delle navicelle spaziali è calcolata in modo che sia sfruttata la spinta gravitazionale dei vari pianeti. Il combustibile non c'è, ma la funzione «muovere la navicella da un punto dello spazio ad un altro» viene egualmente eseguita.



Esempio

Qui la quarta figura illustra la sezione del circuito magnetico di un altoparlante.



La figura include:

- 1 – Magnete
- 2 – Sostegno bobina
- 3 – Avvolgimenti della bobina
- 4 – Diffusore
- 5 – Linee di forza del campo magnetico

La bobina con il conduttore, che è posizionato nel campo magnetico, sono l'“Engine”, il convertitore di energia dei campi elettrico e magnetico in fluttuazioni meccaniche del diffusore e poi dell'aria.

In precedenza (capitolo 2, esempio 2.2, il compito alla fine del paragrafo), abbiamo già analizzato il circuito magnetico di un altoparlante.

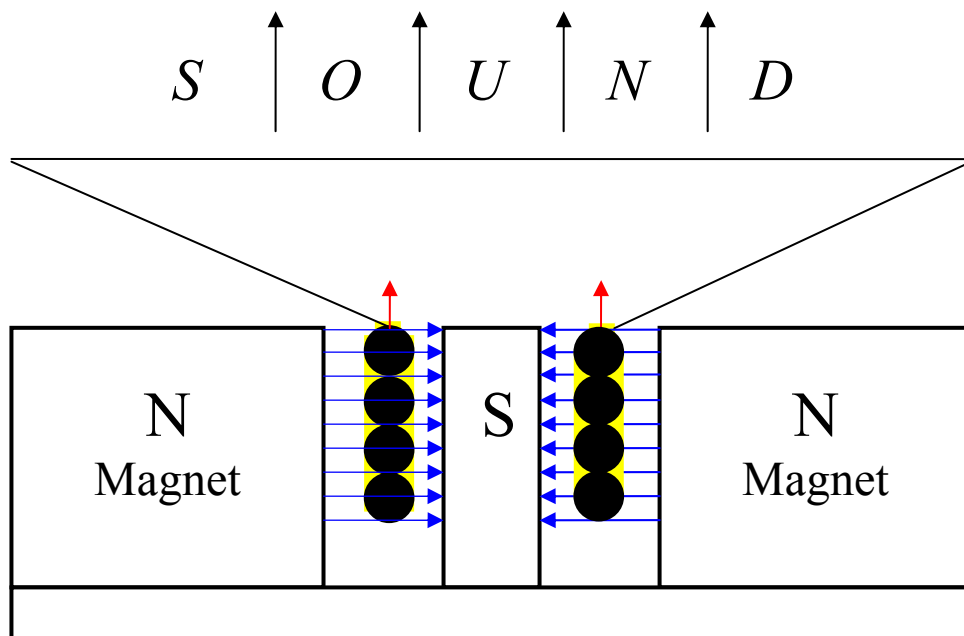
Di solito la bobina di un altoparlante è avvolta su uno speciale sostegno di cartone o plastica ed è installata tra i magneti. Qual è la funzione del sostegno della bobina? Esso mantiene le bobine del conduttore al centro della catena magnetica dell'altoparlante, tra i poli dei magneti. Secondo le regole riportate in precedenza (vedi Capitolo 1 “La Legge della completezza delle parti del sistema” → “Come determinare correttamente la funzione di un sistema tecnico”) specificheremo la formulazione: «compensare l'azione delle forze elastiche degli avvolgimenti della bobina e delle forze di gravità col cambiamento della posizione della bobina».

Tuttavia, il sostegno della bobina porta ad effetti indesiderati. Innanzitutto, comporta perdite di flusso magnetico. Esso occupa un piccolo spazio definito nell'apertura tra i magneti. E quanto più è grande la distanza tra i magneti, tanto più debole sarà il flusso magnetico, e quindi la capacità di un altoparlante sarà minore.

In secondo luogo, l'effetto più indesiderato è il peggioramento del raffreddamento del conduttore della bobina. Negli altoparlanti potenti, una corrente elevata attraversa la bobina, che è fortemente riscaldata e può fondersi. In queste condizioni è importante raffreddare la bobina con aria soffiata da diverse direzioni al fine di raffreddarla. Ma nel caso della bobina realizzata con

materiale elettricamente isolante, questo funge anche da isolante termico, impedendone il raffreddamento.

Quale è il sostegno ideale per la bobina? E' il sostegno che soddisfa la funzione specifica ma non è presente e le spese per la sua fabbricazione tendono a zero. In altre parole, il sostegno che non è presente, ma la funzione viene realizzata.



Le bobine senza sostegno sono state create fissando gli avvolgimenti con un composto collosale speciale. E' necessario notare che nel sistema precedente il prototipo del composto esisteva già – gli avvolgimenti della bobina erano ricoperti con una vernice per raggiungere un'alta resistenza e per proteggere la superficie contro danneggiamenti meccanici – ma la sua resistenza era insufficiente a fissare gli avvolgimenti della bobina nelle condizioni dettate dall'assenza della sua struttura. Inoltre, il problema degli effetti positivi e negativi, prodotti dalla struttura della bobina, non furono discussi né descritti e quindi, di conseguenza, furono risolti solo molto tempo dopo.

Esempio

La dinamo su una bicicletta è installata di solito come dispositivo separato e l'energia meccanica di rotazione della ruota è trasferita alla dinamo attraverso il contatto del gommino della stessa con la superficie della ruota. Per il raggiungimento di parametri più alti di un sistema di illuminazione di una bicicletta (potere d'illuminazione e quindi capacità della lampadina e quindi capacità elettrica) è necessaria una dinamo con più potenza. Il contatto meccanico tra la superficie della ruota e il gommino della dinamo è basato sull'attrito e trasferisce la sua forza alla dinamo con grande sforzo. Lo sviluppo del sistema di illuminazione e del sistema d'allarme della bicicletta è stato limitato dalla costruzione di dinamo basate sul trasferimento dell'energia meccanica attraverso l'attrito di contatto diretto tra dinamo e superficie della ruota.

Negli ultimi modelli di biciclette sono presenti dinamo installate nell'asse della ruota posteriore: l'asse della ruota con i magneti posizionati al suo interno funge contemporaneamente anche da rotore della dinamo. La Transmission, il gommino tra la dinamo e la superficie della ruota è scomparso perché superfluo. Le perdite per attrito per il trasferimento dell'energia meccanica sono scomparse con esso. In tali casi, affermiamo che il sistema è diventato più ideale.



2.4.6. Auto-valutazione

Sommario

Le peculiarità dell'esistenza dei sistemi tecnici in una fase del loro sviluppo (nella seconda e nella terza fase della curva-S) sono descritte dalla quarta Legge: lo sviluppo di tutti i sistemi si sposta nella direzione dell'incremento dell'Idealità. Include molti meccanismi diversi ed è formato da varie fasi. Per primo, include l'incremento dei parametri chiave, poi la diminuzione dei costi per la realizzazione della funzione e la comparsa di nuove funzioni e infine, nella fase finale, la connessione con un altro sistema ed il trasferimento della funzione a questo sistema o il compimento di funzioni di un altro sistema.

Domande:



1. Come definiamo il concetto di Idealità?
2. Come definiamo il concetto di Sistema Ideale?
3. Quale è la soluzione Ideale?
4. Quale è la differenza tra MDR e IFR?
5. Come possiamo definire il concetto di Ideal Final Result?

2.4.7 Bibliografia



1. **Altshuller, G. S.** Creativity as an exact science. — M.: Soviet Radio, 1979. (Russian), Page 126.
2. **Altshuller, G. S.** (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.). Pages: 227-228.
3. **Salamatov J.**, System of development of creativity laws. /In book: «Chance of adventure»/ Copiler. A.B. Selutsky. – Petrozavodsk: Karelia. 1991. (Russian). – Pages 138-168.
4. **Khomenko N.**, “The law of the completeness of parts of the system” with OTCM-TRIZ interpretation. Karlsruhe, 2008. (Russian, manuscript, 09.07.2008)
5. **Khomenko N.**, “The law of increasing of the degree of Ideality of the system” with OTCM-TRIZ interpretation. Karlsruhe, 2008. (Russian, manuscript, 18.07.2008)



2.5 La legge della non uniformità di sviluppo delle parti del sistema

Ipotizziamo di spostarci con un nuovo treno TGV ad alta velocità, che viaggia per l'Europa a 350 Km/h...una velocità impressionante. Domandiamoci quale può essere stato il problema più difficile per la costruzione di un treno come questo: un motore più potente? La costruzione di nuove ferrovie? Un sistema di frenatura più avanzato? Sì, in parte anche questo. Tuttavia, secondo i progettisti, la sfida più grande è stata...il contatto elettrico.

In un treno TGV il contatto elettrico ha una grande somiglianza esterna con quello dei treni comuni...(in questo contesto non approfondiremo però le soluzioni tecnologiche applicate sui TGV).

Segnaliamo tuttavia le questioni più importanti che possiamo evincere da questo esempio: durante la vita di ogni sistema tecnico (TS) le sue parti subiscono uno sviluppo non uniforme. Innanzitutto, in ogni periodo di tempo le parti del TS hanno un livello di sviluppo diverso. In secondo luogo, i cambiamenti nelle parti del sistema non avvengono uniformemente, ma con l'effetto valanga. E' sempre presente una parte che frena il TS dai suoi ulteriori avanzamenti e dall'incremento dei suoi parametri principali: è questa parte (il «collo di bottiglia», la «strozzatura») che dà luogo a forti contraddizioni. Pertanto, è di grande importanza identificarla.



Fig. 5.1 Nuovo treno ad alta velocità TGV

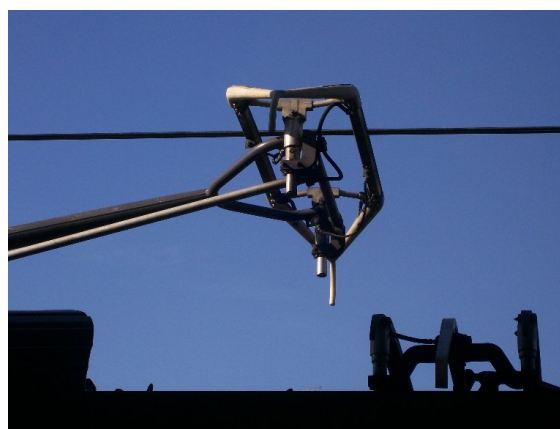


Fig. 5.2. Contatto elettrico di un TGV

Nella storia dello sviluppo dei treni ci sono stati vari fattori che hanno agito come forza frenante nel raggiungimento di parametri necessari (velocità, lunghezza e peso del treno, spazi di frenata...). La potenza di un motore a vapore ad esempio è cresciuta gradualmente finché non è entrata in conflitto con la qualità del binario ferroviario; qualche anno più tardi i successi tecnologici nel campo della metallurgia hanno permesso di creare rotaie per la produzione di massa più durature, più lunghe e meno costose. Come risultato, la tecnologia ferroviaria è stata responsabile della qualità del binario e di tutta la rete; i treni sono diventati più veloci, trasportate più merci e connesse città remote...ma i motori non erano più in grado di fornire la potenza necessaria per raggiungere la velocità che i nuovi binari potevano consentire.

L'ultimo «passo avanti» per una macchina a vapore è stato il passaggio alla realizzazione di

una maggiore potenza, con un prezioso combustibile: al posto del carbone sono stati utilizzati prodotti petroliferi. Sicuramente anche il motore è stato modificato (necessità di una maggiore pressione del vapore per produrre più energia); a tal fine, è stato richiesto un motore più resistente (e più pesante!). Un ulteriore incremento dei parametri principali del treno è stato reso possibile con la transizione verso un nuovo tipo di motore, vale a dire il motore elettrico.



Così per la soluzione di problemi pratici e previsione dello sviluppo tecnico è veramente importante definire correttamente la «strozzatura» nelle parti di un TS. Inoltre, è necessario identificare le contraddizioni esistenti e indirizzare gli sforzi per un miglioramento continuo esattamente verso le parti individuate.

2.5.1. Definizione



Lo sviluppo delle parti di un sistema procede in modo non uniforme; più il sistema è complesso, più non uniforme sarà lo sviluppo delle sue parti.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (A. Williams, Trans.): Gordon and Breach Science Publishers.), p. 229.

2.5.2. Teoria (Particolari)

La legge appartiene al gruppo «Cinematica», vale a dire per i sistemi tecnici avanzati che si trovano nella seconda e terza fase di sviluppo (vedi le fasi della Curva-S).

Sappiamo che nella fase di nascita di un nuovo sistema tecnico, lo stesso deve contenere almeno le parti principali, per una capacità minima di lavoro; inoltre, deve esserci conduttività di energia tra le parti del TS così come tra le parti e il controllo; il ritmo tra queste parti deve poi essere coordinato per lo sviluppo del TS e il miglioramento dei suoi parametri. Tutto ciò riguarda i sistemi tecnici che sono nel primo stadio di sviluppo (vedi curva-S).

Con lo sviluppo, le parti di un TS subiscono modifiche in base alla richiesta di cambiamento dell'uomo e dell'ambiente. Il TS include parti con livello di sviluppo differente nelle varie fasi della sua vita: queste incongruenze possono essere descritte con l'aiuto delle contraddizioni; in special modo, le contraddizioni più forti sorgono nella parte «più debole» del sistema, nel «collo di bottiglia».

Una delle ragioni della non uniformità di sviluppo delle parti del sistema è la ristrettezza di risorse: in primo luogo sono risorse materiali e di tempo per lo sviluppo, implementazione ed ingresso nel mercato. Inoltre, restrizioni sostanziali in questa fase sono solitamente introdotte da risorse disponibili dei metodi di risoluzione.

L'errore tipico:

Molto spesso lo sviluppo di un TS inizia con...una semplice modifica ad una parte del sistema. In particolare, è tipico per il superamento dei problemi legati a compiti complessi del sistema ed è localizzato nella parte più debole. Una delle ragioni di questo fenomeno sono le possibilità limitate dei tradizionali metodi di risoluzione dei problemi.

L'erroneità di questo approccio è brillantemente evidenziata dalla seguente barzelletta:

Un signore sta cercando qualcosa sul marciapiedi, sotto ad un lampione. Il dialogo si svolge tra un poliziotto ed il signore.

Signore, posso aiutarla?

Sì, ho perso le chiavi del mio appartamento!

Ricordate il posto in cui potreste averle perse?

Certamente, laggiù, vicino alla mia auto (indicando un'auto più in là)

*E perché le state cercando qui, sotto un lampione?
Ma perché è più illuminato!*

Sorridiamo di questo signore, ma spesso agiamo nello stesso modo mentre lavoriamo al miglioramento dei sistemi tecnici...

E solo quando abbiamo esaurito completamente tutte le risorse per lo sviluppo delle parti del sistema, torniamo indietro alla nostra «strozzatura».

Se continuiamo l'illustrazione dell'esempio con lo sviluppo di un TS «treno», noteremo quanto segue: per far avanzare un TS, è importante formulare correttamente la funzione. Questo significa anche definire i limiti di variazione del TS; nel caso di un treno TGV, a suo tempo i limiti furono stabiliti in modo tale che le modifiche non riguardassero il principio «ruota-rotaia». Ma è esattamente la parte «ruota-rotaia» del sistema «treno» che rappresenta un «collo di bottiglia».

Osservazione:

La prossima fase di sviluppo del treno è un treno su piastre elettromagnetiche. Nella costruzione di tale treno si compie la transizione dalla coppia «ruota-rotaia» (macro livello) all'interazione elettromagnetica (micro livello). Anche il contatto elettrico ha subito qualche modifica: non ci sono più contatti striscianti «linea aerea – strisciante»; la funzione di trasmissione dell'energia è realizzata attraverso il campo elettromagnetico.

(Informazioni più dettagliate riguardo la prossima fase di sviluppo del treno e riguardo la legge di sviluppo dei sistemi tecnici che sta alla base di questa fase può essere trovata nel Capitolo 2.7, Esempio 7.5)

2.5.3. Modello

La Curva-S

La vita del sistema tecnico (così come di altri sistemi, ad esempio sistemi biologici) può essere illustrata con la rappresentazione della dipendenza dei parametri principali del sistema dal tempo; tale modello del sistema tecnico con la forma di una curva-S è largamente usato nell'OTSM-TRIZ. La curva-S mostra chiaramente come i parametri principali (velocità, capacità, produttività ecc) del sistema tecnico vengono modificati durante la sua vita. Ogni sistema ha le sue proprie peculiarità, il suo «ritratto» della curva-S, ma c'è qualcosa che accomuna ogni «ritratto», che è caratteristico di tutti i sistemi. Tali segmenti sono: «Infanzia», «Crescita», «Maturità».

Va sottolineato che lo sviluppo dell'intero TS si verifica in modo non uniforme a causa dello sviluppo non uniforme delle sue parti.

Nell'«Infanzia» un sistema tecnico si sviluppa lentamente. Di regola, questa fase dello sviluppo coincide con la fase di «Maturità» o «Anzianità» del sistema suo predecessore (Fig. 5.4). Un nuovo sistema è ancora debole; i suoi parametri principali possono essere peggiori dei parametri del vecchio sistema: vi è mancanza di risorse per lo sviluppo di un sistema giovane (ma un nuovo principio di funzionamento ha un significato potenziale).

L'esistenza di sistemi vecchi frena la comparsa di giovani competitori. E solo dopo che un vecchio sistema se ne è andato, può iniziare un rapido sviluppo di un nuovo sistema (il punto di flesso **a**); si arriva poi alla fase di crescita (Segmento 2).

Da un certo momento in poi (il punto di flesso **b**), lo sviluppo del sistema comincia a diminuire e la fase «Maturità» ha inizio. Un TS nuovo, giovane è pronto a fare la sua comparsa. Dopo il punto **g** il TS è rimpiazzato da uno nuovo o mantiene le condizioni raggiunte per molto tempo (ad esempio la bicicletta).

Linee d'evoluzione del sistema

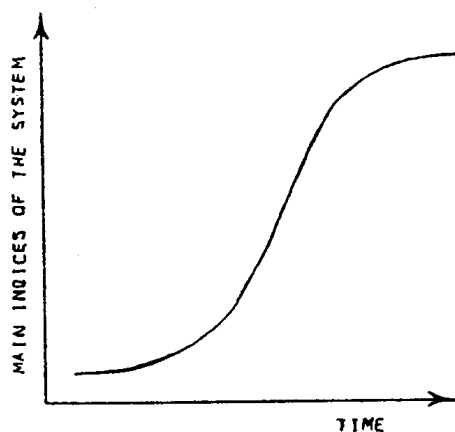


Fig. 5.3. Curva-S (Vedi: G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 205-216).

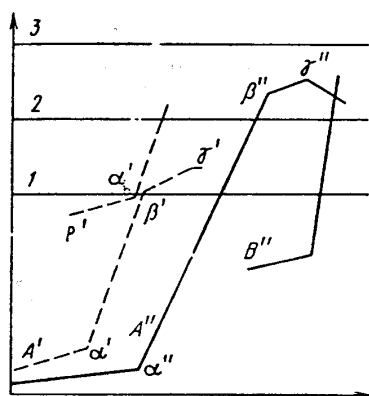


Fig. 5.4. (Vedi: **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving (Russian)* (Moscow, Sovetskoye Radio, 1979), p. 113-119).

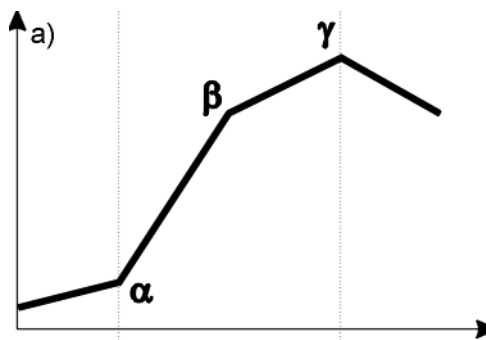


Fig. 5.5. Performance – Utilizzazione

Nel corso del suo sviluppo, un TS è soggetto a continui cambiamenti: i materiali vengono cambiati, alcune parti vengono rimpiazzate da altre più evolute. La life-line di un sistema tecnico specifico può presentarsi nella forma di un gran numero di curve-S (vedi figura 5.6).

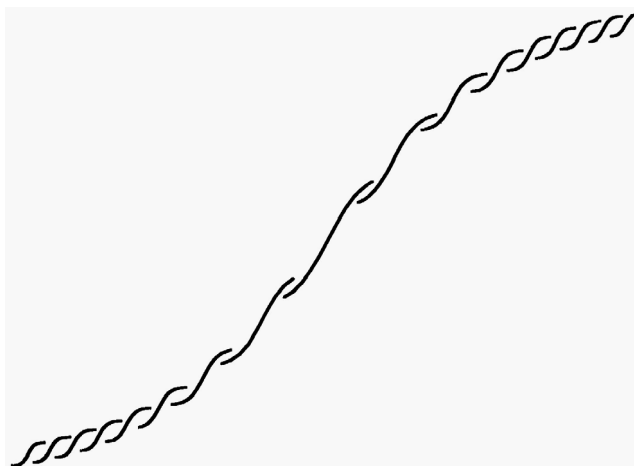


Fig. 5.6. Curva-S, composta da altre curve-S che rappresentano i sub-systems. L'asse orizzontale rappresenta il tempo.

Lo sviluppo di un TS si verifica in modo non uniforme, per molti aspetti. Molti di questi sono evidenziati di seguito:

- TS ha velocità di sviluppo diverse nelle varie fasi della sua vita.
- Sub-systems, parti di un TS hanno livelli di sviluppo diversi in qualunque momento della vita del TS.
- I sub-systems hanno durate di vita diverse.
- Le velocità di sviluppo di TS non sono uguali neanche all'interno di una singola fase della sua vita
- E' possibile una rinascita temporale di vecchi sub-systems, che erano stati esclusi in precedenza, sotto nuove condizioni.

2.5.4. Strumenti (come usarli)

2.5.4.1. Sviluppo delle leggi e loro strumenti

E' necessario:

Costruire un modello del TS costituito da quattro elementi (vedi Capitolo 1)

Analizzare il TS per la capacità di condurre energia (vedi Capitolo 2) così come per il coordinamento (o discordanza, in base alla funzione da noi richiesta) il ritmo del sistema (vedi Capitolo 3)

Comparare l'intero sistema ed ogni sua parte con il Sistema Ideale (vedi Capitolo 4).

Durante l'analisi preliminare, vengono definite le contraddizioni che caratterizzano le varie parti del TS: è necessario valutare quale contraddizione è la più limitante; per esempio, in termini di numero di effetti indesiderati e di contraddizioni (nel contesto della prestazione della funzione da noi scelta).



2.5.4.2. Curva-S

Mentre risolviamo compiti pratici e lavoriamo alla previsione di sviluppo dei TS, è cruciale costruire correttamente il "ritratto" del TS analizzato: è importante conoscere le riserve di sviluppo (capacità potenziali di sviluppo) del TS dato. E' quindi necessario costruire un grafico delle variazioni nel tempo di uno degli indicatori di sistema principali, usando database brevettuali ed altre fonti riguardo il precedente sviluppo del sistema tecnico analizzato. Inoltre, le conclusioni in merito alla fase di sviluppo in cui il TS si trova attualmente vengono visualizzate usando la curva-S.

2.5.4.3. Costruzione di una rete di problemi e analisi della sua struttura

Durante la descrizione dello stato attuale delle cose per quanto riguarda il TS analizzato, viene costruita una rete di problemi. La rete di problemi include i problemi e le loro parziali soluzioni sia le loro interconnessioni. La struttura di una rete di problemi dà informazioni riguardo lo sviluppo ineguale sia dell'intero sistema che del "collo di bottiglia".

2.5.5. Esempi

Esempio

Ascoltare musica è sempre stata una cosa molto popolare. A metà del secolo scorso, le attrezzature per la riproduzione del suono videro un ulteriore sviluppo; in particolar modo furono intensamente sviluppati amplificatori elettronici. Secondo noi, la ragione di questo fenomeno risiede nelle grandi disponibilità di risorse, ad esempio l'elettronica di base. Nell'arco di qualche decade del secolo scorso infatti il mondo è stato testimone di due generazioni di elettronica: le valvole sono state rimpiazzate dai transistor; ai transistor sono succeduti i microcircuiti integrati. Queste ed altre tecnologie moderne hanno consentito il miglioramento della qualità



del suono, incrementato la produzione di massa e diminuito i prezzi.

Gli altoparlanti non sono però progrediti così celermente: i loro parametri principali sono andati in conflitto con i bisogni delle persone di avere una riproduzione del suono qualitativamente maggiore, da un lato, e con le possibilità dell'elettronica dall'altra. Gli apparecchi per il trasporto del suono (grammofoni, nastri di registrazione, segnali radio ecc) così come gli amplificatori elettronici hanno permesso di aumentare la qualità del suono; gli altoparlanti hanno invece rappresentato la "strozzatura", frenando lo sviluppo totale dei dispositivi per la riproduzione del suono.

Tornando alla metà del secolo scorso, venivano prodotti amplificatori per la riproduzioni audio con distorsioni uguali o minori allo 0.5% e con una potenza di 50 W, un parametro molto buono...ma un altoparlante connesso a tale amplificatore aumentava la distorsione di 10-20 volte! Tuttavia, gli amplificatori hanno continuato a progredire, grazie allo sviluppo dell'elettronica. Giornali scientifici e ingegneristici, stand espositivi e negozi hanno ricevuto nuovi modelli di dispositivi elettronici, le cui grandi potenzialità sono rimaste praticamente inutilizzate senza il miglioramento degli altoparlanti.

La "strozzatura" dell'altoparlante è la sospensione flessibile responsabile della riproduzione della multi-frequenza. A quel tempo è stato "estratto" quasi tutto il possibile dai materiali disponibili. Inoltre, un ulteriore incremento della sua flessibilità ha portato ad una contraddizione...Per risolvere questa contraddizione, è necessaria una transizione ad un nuovo sistema.

(Per la soluzione, vedi Capitolo 6: La Legge della transizione al super-system – esempio 6.13)

Esempio



Esaminate con molta attenzione la crescita di qualsiasi pianta nel terreno. Come regola, essa ha due grandi foglie: queste non sono larghe proporzionalmente rispetto al seme stesso né allo stelo della pianta; sotto terra, la situazione con il sistema di radici è la stessa. La ragione è che i bisogni vitali della pianta, che hanno la priorità su tutto nelle prime fasi di vita, sono energia solare e sostanze nutritive. Nel corso della crescita, altre parti della pianta incrementeranno la velocità di crescita e le dimensioni e proporzioni rispetto a quelle iniziali.

Esempio



La sagoma di un bimbo può essere riconosciuta molto bene anche su un disegno di un bambino stesso: un corpo umano con una testa sproporzionatamente grande, braccia e gambe corte. Il corpo umano infatti non si sviluppa uniformemente: nei primi 10 anni di vita un essere umano fa esperienza del 70% della crescita e nei primi 3 anni di vita un essere umano riceve il 70% delle informazioni acquisite.

Esempio



Lo sviluppo dei sistemi sociali ha un carattere non uniforme. Anatole France, il grande scrittore e editore francese, notava molto astutamente: "Nel lento e ben coordinato progresso del genere umano, l'inizio delle carovane era già entrata nei luminosi campi della scienza, quando la coda era in ritardo tra le pesanti nebbie delle superstizioni, in una terra buia, piena di spiriti e fantasmi. Sì, avete ragione, cittadini, se volete andare in testa alla carovana!"

2.5.6. Auto-valutazione

Sommario

Il TS, sviluppandosi nel tempo, subisce alcuni cambiamenti, alcuni sub-systems sono rimpiazzati da altri, che sotto certe condizioni risultano più efficienti; anche le condizioni esterne e le richieste umane cambiano. Questi cambiamenti si accumulano e durante l'uso pratico e il mi-



grioramento da parte dell'uomo generano nuovi conflitti tra le parti del sistema e/o di altri sistemi, fornendo così nuove possibilità di sviluppo.

Tale sviluppo non avviene però uniformemente nel tempo: alcune parti del sistema hanno i parametri migliori, altre si comportano come freno allo sviluppo generale del sistema. Inoltre, i parametri principali stessi (che provvedono allo svolgimento delle funzioni del TS) sono soggetti ad un cambiamento **non uniforme** nel tempo.

Domande:

1. Come è espressa la non uniformità di sviluppo delle parti di un sistema tecnico?
2. Per quale fase di sviluppo del sistema tecnico è più caratteristica questa legge?
3. E' possibile prevedere la posizione del punto **a**) sulla curva del sistema tecnico dato solo sulla base delle potenzialità del TS stesso, senza prendere in considerazione lo stato dei TS precedenti?
4. In che modo la complessità di un sistema tecnico influisce sulla non uniformità del suo sviluppo?



1. Con lo sviluppo, le parti di un TS subiscono delle modifiche secondo le richieste di cambiamento degli utilizzatori e dell'ambiente. Un TS include parti componenti con un livello di sviluppo diverso nelle varie fasi della sua vita; tali incongruenze possono essere descritte con l'aiuto delle contraddizioni. In special modo, forti contraddizioni sorgono nella parte "più debole", nella "strozzatura" del sistema (vedi Sezione 5.2, Teoria (Dettagli)).
2. Questa legge appartiene al gruppo "Cinematica", cioè TS avanzati che sono nella seconda e terza fase dello sviluppo (vedi curva-S) (vedi Sezione 5.2 Teoria (Dettagli))
3. L'esistenza di sistemi vecchi frena la comparsa di giovani competitori. E solo dopo che un vecchio sistema se ne è andato, può iniziare un rapido sviluppo di un nuovo sistema (il punto di flesso **a**). Si arriva poi alla fase di maturità (Segmento 2) (curva-S).
4. Lo sviluppo delle parti di un sistema tecnico procede non uniformemente; più complesso è il sistema, più non uniforme sarà lo sviluppo delle sue parti.



2.5.6 Bibliografia

1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 126.
2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.
3. **Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), pp. 110-112.
4. **Modis, T.**, "Fractal aspects of natural growth", *Technological Forecasting and Social Change* (1994) 47(1), pp. 63-73.





2.6 La Legge di transizione al super-system

Se vi è mai capitato di bere una tazza di thè o caffè bollente, diciamo ad una temperatura di 65° C, difficilmente crederete al fatto seguente:

Un articolo su *Science* del 2007 riportava di un tipo di erba resistente al calore che cresce vicino alle sorgenti geotermiche del Parco Nazionale di Yellowstone (USA): l'erba cresce comodamente sul terreno ad una temperatura di 65°C! La ricerca dei biologi ha portato alla scoperta di un raro esempio in natura di tripla simbiosi: una pianta, un fungo e un virus, uniti al fine di resistere alle alte temperature. In natura ci sono molti casi di simbiosi, dove piante o gruppi di organismi favoriscono e si sostengono gli uni gli altri al fine di sopravvivere.

Il fenomeno della simbiosi, la combinazione di vari sistemi, è conosciuto anche nella tecnologia. Certamente, un passaggio diretto del fenomeno dato dal sistema biologico a quello tecnico non sarebbe corretto, tuttavia, è interessante analizzare qualche regolarità riscontrata in generale.

2.6.1. Definizione



Avendo esaurito tutte le possibilità di sviluppo, un sistema viene incluso in un super-system come una delle sue parti; facendo questo ha luogo un ulteriore sviluppo a livello di super-system

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.

2.6.2. Teoria (Particolari)

Questa legge appartiene alla categoria della “cinematica”, cioè le leggi applicabili su TS che si trova nella seconda e terza fase di sviluppo (vedi la curva-S).

Uno dei modi per l'ulteriore sviluppo di un sistema che si trova nei punti **b** o **g** sulla curva-S (vedi Fig.6.2.) è infatti l'unificazione dei sistemi. Tale unificazione può verificarsi anche precedentemente, nel segmento 2, prima che sia raggiunto il punto **b**. Tale unificazione è possibile nei casi in cui vi sia almeno un parametro che non soddisfa l'utilizzatore; inoltre, è necessario realizzare una funzione con lo scopo di modificare questo parametro; parti di un altro sistema possono fungere da risorse per lo sviluppo.

Nella letteratura TRIZ è descritta una tipica sequenza di evoluzione della linea “mono-bi-poli”. Il sistema iniziale si raggruppa insieme ad un sistema dello stesso tipo, di tipo simile, di tipo diverso o insieme a un sistema invertito (con il significato della funzione opposta); il carattere di unificazione dipende dal tipo di funzione richiesta. Una delle condizioni principali di unificazione dal punto di vista TRIZ è la nascita di una nuova qualità.

2.6.3. Modello

Curva-S

E' necessario costruire un grafico che rappresenti le variazioni nel tempo di uno degli indicatori di sistema principali usando database brevettuali ed altre fonti riguardo il precedente sviluppo del sistema analizzato. Inoltre, con l'aiuto della curva-S, possiamo trarre le conclusioni in merito alla fase di sviluppo in cui il TS si trova attualmente.

Se il risultato dell'analisi mostra che il TS è vicino al punto **b** o al punto **g** ed è presente un'ulteriore necessità di incrementare i parametri principali, è necessario definire un nuovo sistema tecnico che deve cambiarne uno esistente. Un tale cambiamento di sistema è il passaggio di un TS esistente alla composizione di un sistema nuovo, più evoluto.

Una combinazione di sistemi può aver luogo in qualunque fase di sviluppo. E' sempre necessario definire la funzione richiesta del sistema.

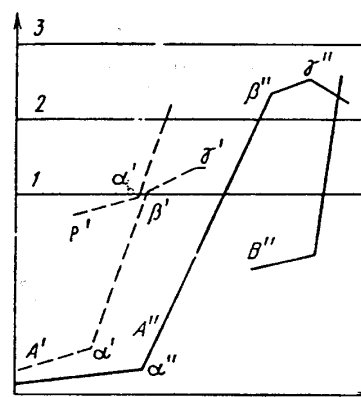


Fig. 6.2

2.6.4. Esempi

Esempio

Combinando due coltelli, l'uomo ha inventato un nuovo strumento per il taglio: le forbici.

Strumenti per la soluzione: Strumenti dati dalle leggi – Legge della completezza delle parti del sistema, legge della conduttività dell'energia, legge del coordinamento dei ritmi.



Esempio

Solo mettendo alcune matite dello stesso tipo su un tavolo, non otteniamo certo un nuovo sistema o una nuova qualità. Tuttavia, possiamo cambiare uno dei parametri, il tempo di scrittura: senza dover appuntare la matita, rimpiazzando una matita spuntata con una nuova con cui poter scrivere. Così, realizziamo una nuova funzione. Normalmente, quando mettiamo più matite con punte di diverse lunghezze sul tavolo di fronte a noi, possiamo cambiare uno dei parametri, il periodo di scrittura, senza un tempo aggiuntivo per l'appuntatura della matita (la sostituzione di una matita con un'altra è senz'altro più rapida dell'appuntatura della stessa). E questo significa che possiamo realizzare una nuova funzione: scrivere su un foglio di carta senza pause per l'appuntatura della matita.

Strumenti di soluzione: transizione da un mono-system a un poli-system con caratteristiche dello stesso tipo.



Esempio

Un altro modo di combinare gli strumenti di scrittura è stato usato da Leonardo da Vinci, che creò un dispositivo per la produzione di copie. Due matite furono vincolate agli estremi di un attrezzo con una forma ad "Y" lungo una normale penna. Mentre scriveva con questa matita doppia, l'autore produceva due copie del documento contemporaneamente (Tuttavia, doveva scrivere su strisce di carta la cui larghezza era limitata dallo spazio tra i rami della "Y").

Strumenti di soluzione: transizione da mono-system a bi-system con caratteristiche dello stesso tipo.



Esempio

Come è già stato sottolineato, sistemi con caratteristiche leggermente diverse possono essere raggruppati insieme. Nel TRIZ sono chiamati "sistemi con caratteristiche adattate". Per scrivere con una maggiore comodità con matite di colori diversi, vengono combinate in un unico sistema due matite, una rossa ed una blu.

Strumenti di soluzione: transizione da un mono-system a un bi-system con caratteristiche simili.



Esempio



Possono essere raggruppati anche sistemi con caratteristiche inverse. Una funzione, “lasciare un segno su una superficie”, può combinarsi con una funzione inversa “rimuovere un segno da una superficie”. Questa può essere una combinazione di una matita e di una gomma, o di una penna con il bianchetto.

Strumenti di soluzione: transizione da mono-system a bi-system con caratteristiche inverse.

Esempio



Più sistemi possono essere raggruppati insieme in un unico sistema. Un esempio di tale sistema è una penna con diverse punte di colori differenti.

Strumenti di soluzione: transizione da mono-system a poli-system con caratteristiche simili, convoluzione

Esempio



L'ulteriore sviluppo di un sistema che è entrato in un altro sistema ha luogo a livello dell'intero sistema. Come un sistema si sviluppa, cresce il grado di idealità. Uno dei modi di tale processo è l'esclusione dal sistema delle parti “doppioni” tra di sé. Così, è rimasto solo un involucro esterno comune quando si sono raggruppate insieme più matite di colori diversi in un unico strumento di scrittura, perché il singolo involucro di ogni matita risultava superfluo. Nel OTSM-TRIZ tale operazione è chiamata “**convoluzione**”.

Strumenti di soluzione: convoluzione

Esempio



L'ulteriore sviluppo del sistema può aver luogo con la rotazione degli strumenti di scrittura. Così, per disegnare linee di spessore diverso è necessario avere un set di alcune mine o pennini in un'unica struttura. La matita da carpentieri ha la mina a sezione quadra: tale matita può fare sia linee fini, quando si usa un angolo della mina, sia linee dal tratto grosso, quando si usa un lato della mina.

Strumenti di soluzione: convoluzione, effetto geometrico

Esempio



A suo tempo è stato suggerito un evidenziatore con una sezione della mina o del pennino a forma di ellisse: tale evidenziatore può essere usato per disegnare linee di spessori diversi, dal diametro minore al diametro maggiore dell'ellisse. Di conseguenza, lo spessore della linea può essere modificato senza staccare l'evidenziatore dal foglio: è sufficiente ruotarlo attorno al proprio asse.

Strumenti di soluzione: convoluzione, effetto geometrico

2.6.5. Esempio: altoparlante

Esempio



Vengono piazzati due o tre altoparlanti nella struttura di un dispositivo per la riproduzione del suono al fine di ampliare la gamma di frequenze riproducibili. Uno degli altoparlanti riproduce molto bene le basse frequenze (i bassi), ma male le alte frequenze. Un altro altoparlante, al contrario, trasferisce peggio le basse frequenze ma riproduce molto bene le alte. Tuttavia, la soluzione di piazzare più altoparlanti nella struttura di un dispositivo per la riproduzione del suono ha uno svantaggio sostanziale: richiede molto spazio e volume addizionale. Dispositivi equipaggiati con due o tre altoparlanti hanno infatti dimensioni considerevoli.

L'inventore Shifman suggerì un altoparlante che combinasse al suo inter-

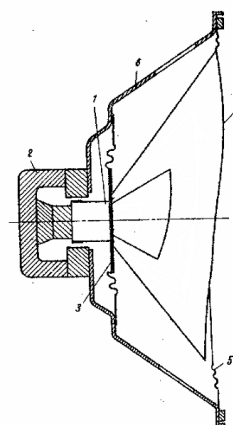


Fig. 6.3

no due dispositivi diversi; altoparlanti di bassa e alta frequenza. E' dotato di un unico magnete e un'unica struttura, ma due bobine e due diffusori. I diffusori sono posizionati concentricamente, cioè un diffusore si trova all'interno dell'altro. In TRIZ tale soluzione è chiamata bi-system.

Esempio

Ognuno degli altoparlanti che costituiscono il bi-system dell'esempio precedente ha la propria gamma di frequenze. Possiamo procedere seguendo la regola "mono-bi-poli" e posizionare coassialmente non due ma tre diffusori in una struttura unica. In questo caso tuttavia la costruzione dell'intero dispositivo, nonché la sua realizzazione tecnica, sarà molto complessa: si tratta di un lavoro piuttosto complicato realizzare separatamente e poi posizionare coassialmente sia diversi diffusori a cono che diverse bobine.

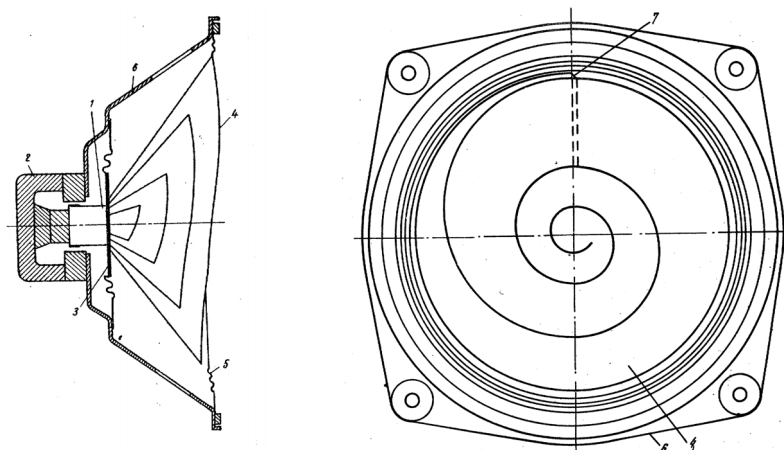


Fig. 6.4.

L'inventore G. I. Gelfenstein elaborò un altoparlante con tre o quattro diffusori ed una bobina, e il numero di diffusori può essere pure aumentato. Il diffusore è realizzato infatti con la forma di una spirale di Archimede, con il numero di giri di spirale richiesto e una sola bobina. Ogni giro di spirale funge da diffusore-trasmettitore del suono, esiste in sé e contemporaneamente costituisce un unico sistema. Ogni diffusore / giro di spirale ha una propria massa ed elasticità e ciò significa che ha le sue frequenze caratteristiche.

Quando un segnale elettrico di una certa frequenza viene trasmesso alla bobina, i diffusori-giri di spirale che corrispondono a quella frequenza secondo le loro caratteristiche inizieranno a vibrare. In altre parole, i diffusori si attivano alla frequenza di attivazione della bobina DA SOLI. Così, quando passano delle basse frequenze (i bassi), l'intero diffusore costituito da alcuni giri di spirale inizierà a vibrare come un unico sistema; a frequenze più alte del segnale, un minor numero di giri di spirale saranno portati in vibrazione; alle alte frequenze infine solo la parte centrale dei giri di spirale emetterà il suono, la parte rimanente del diffusore non risponderà a frequenze "non familiari" e resterà ferma.

Nel TRIZ una tale soluzione, che combina più sistemi dello stesso tipo, è chiamata poli-system "convoluto".

Esempio

Un altoparlante può essere raggruppato non solo con altri altoparlanti, come descritto negli esempi precedenti, ma anche con il "vuoto". Tuttavia, il vuoto è un concetto ingannevole, perché l'aria ha una massa e quindi una propria elasticità.

Un altoparlante è uno dei sub-system di molti dispositivi per la riproduzione del suono: si può trovare in ricevitori radio, registratori, TV ecc. La struttura di ognuno di questi dispositivi ha un suo proprio volume.



La prima fase della combinazione con un super-system, cioè con la struttura del dispositivo, è una semplice combinazione meccanica. La struttura combina e comprende tutti i sub-system: parte meccanica, dispositivo elettrico e sistema acustico.

La seconda fase è dove il volume d'aria lavora per l'amplificatore ma non è regolato con esso. La terza fase è stata aggiustare il volume d'aria di un sistema acustico, con l'altoparlante, al fine di raggiungere alti valori dei parametri principali (per dettagli maggiori vedere l'esempio che segue).

Esempio



Per ampliare la gamma di frequenze riproducibili, gli altoparlanti sono stati piazzati in dei box chiusi di grande volume, cioè le casse a colonna. Tale soluzione tecnica rende possibile ridurre sostanzialmente il limite inferiore della gamma del riproducibile e migliorare quindi la riproduzione dei bassi. Tuttavia, ci porta ad un'altra contraddizione: "le dimensioni di una cassa a colonna devono essere abbastanza grandi per ridurre le frequenze di risonanza di un sistema acustico; le dimensioni di una cassa a colonna devono essere abbastanza piccole per poter essere posizionata normalmente in una stanza". Questo è sì un problema di ingombri, tuttavia, come è già stato evidenziato, il problema principale sono sempre le distorsioni non lineari introdotte dal sistema vibrante dell'altoparlante. Prendiamo in esame la situazione descritta in modo molto semplificato: per capire la complessa natura della situazione in cui si trovarono i tecnici del suono, dovremmo infatti descriverla sotto forma di rete di problemi. Ciononostante, l'inventore Vilchur scelse intuitivamente la contraddizione principale, seguendo questo ragionamento: il sistema vibrante della cassa a colonna, cioè il piatto centrale e la scanalatura, non è altro che una molla; ogni molla con ampiezza di vibrazioni sufficienti, è un elemento non lineare responsabile delle distorsioni del suono; così, "è necessario avere una molla per realizzare le vibrazioni; è necessario non avere una molla per escludere le distorsioni non lineari".

Nota:

L'esempio è molto interessante perché mostra alcune leggi:

La legge di transizione al micro-livello: sostituzione di una molla meccanica con una "di aria";

La legge dell'aumento dell'idealità: una molla d'aria è più ideale ed ha una non linearità minore di una meccanica.

La legge di transizione al super-system: combinazione dell'altoparlante con il volume d'aria interno alla cassa a colonna.

La legge del coordinamento dei ritmi: il coordinamento della frequenza di risonanza dell'altoparlante con il volume d'aria della cassa.

IFR (Ideal Final Result): Non è presente il sistema "molla vibrante", ma la funzione di realizzare le vibrazioni resta.

Vilchur rimpiazzò la parte del sistema vibrante dell'altoparlante, cioè la sospensione meccanica, con una "molla d'aria". L'altoparlante, migliorato, aveva un sistema di vibrazioni molto leggero, con la massima frequenza di risonanza possibile. Tuttavia, non funzionava correttamente quando veniva separato dalla cassa a colonna. La sua sospensione (un piatto centrale e la scanalatura) era così leggera che richiedeva infatti un supporto addizionale per essere capace di mantenere una posizione normale. Tale supporto, cioè la molla principale, è stato il volume d'aria interno alla cassa a colonna. Essendo piazzato nella cassa a colonna, tale altoparlante ha creato un nuovo TS insieme alla cassa, cioè un sistema vibrante con le caratteristiche desiderate: una bassa frequenza di risonanza e una grande ampiezza di vibrazioni (e pressione sonora).

2.6.7 Auto-valutazione

2.6.7.1. Sommario

La legge di transizione al super-system riguarda un TS che ha esaurito tutte le sue possibilità di sviluppo. Sotto queste condizioni, il passaggio successivo dello sviluppo di un sistema è la propria transizione ad un super-system come una delle sue parti. L'ulteriore esistenza e sviluppo del sistema ha luogo al livello del super-system.

2.6.7.2. Domande:

1. Come è espressa la legge di transizione ad un super-system?
 2. Per quale fase di sviluppo dei sistemi tecnici è più caratteristica questa legge?
- Fare qualche esempio che descriva la legge di transizione.



2.6.8 Bibliografia

1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 126.
2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.
3. **Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), pp. 124-138.
4. **Márquez, Luis M., Regina S. Redman, Russell J. Rodriguez, and Marilyn J. Roossinck**, "A virus in a fungus in a plant: Three-way symbiosis required for thermal tolerance", *Science* (2007) 315: pp. 513–515.
5. **Chubinsky, G.**, *Net of Paladins* (Russian) (Veche, Moscow, 2008), p. 448.



2.7 La legge di transizione dal macro al micro livello

Quali sono i motivi per cui si verificano i terremoti sulla Terra? Nel mondo scientifico domina una teoria, la quale spiega l'origine dei terremoti come risultato della collisione delle placche tettoniche. Secondo la teoria della tettonica delle placche, la superficie della Terra (la crosta terrestre) è divisa approssimativamente in 20 pezzi separati, chiamati "placche"; il loro spessore è di circa 70 chilometri. Sotto l'influenza di processi che avvengono all'interno del pianeta, le placche si muovono; tali movimenti sono insignificanti, ma causano pressioni meccaniche veramente alte sulla crosta terrestre e come conseguenza si verificano i terremoti.

Tuttavia, dopo attente valutazioni in campo sismico, sono state fatte le seguenti osservazioni:

Osservazione 1: Quando si verifica qualche terremoto, le placche tettoniche non collidono tra di loro ma si allontanano in direzioni diverse.

Osservazione 2: Secondo i risultati delle analisi di alcune onde sismiche, la conclusione stabilita è che la singola placca tettonica si muove in direzioni opposte, mentre è noto da altre osservazioni che essa rappresenta un insieme unificato e non è costituita da parti più piccole.

Osservazione 3: gli ipocentri di alcuni terremoti non si trovano nel luogo in cui avviene la collisione delle placche tettoniche – e neanche ai loro estremi – ma proprio all'interno delle placche.

La via più facile per risolvere il problema è spazzare via le osservazioni contraddittorie ed asserire che sono stati fatti errori nei calcoli e nelle osservazioni... In realtà è un segnale che la teoria si sta avvicinando al suo limite, oltre il quale non avrà più validità: è il segnale per creare una nuova teoria.

I macro-oggetti (placche tettoniche) nella vecchia teoria sono considerati essere dei "Tool" dei terremoti. Un certo numero di ricercatori ha suggerito un'ipotesi diversa, riguardo la possibilità di generazione di terremoti come risultato di complesse interazioni di oscillazioni nella struttura della Terra: onde meccaniche. Secondo la nuova teoria, i micro-oggetti possono fungere da "Tool" che causano terremoti; questi micro-oggetti sono oscillazioni di particelle della crosta terrestre descritte da vari tipi di onde. Sulla base delle osservazioni contraddittorie e in termini di ipotesi suggerite, si è sviluppata una nuova teoria: la teoria delle onde spiega le cause dei terremoti. Il particolare tipo di oscillazione meccanica è già stato determinato: onde stazionarie, che sono responsabili dei terremoti senza la necessità di collisione delle placche tettoniche. Il modello europeo di onde che affronta la struttura della Terra è già stato sviluppato e il modello globale sarà sviluppato in questa prospettiva.

Possiamo trarre molte conclusioni da questa sorprendente teoria: una di queste è che gli strumenti dei sistemi tecnici si sono spostati dal macro al micro livello nel corso della sua evoluzione. Questo spesso si riferisce alla nostra visione del mondo: modelli di processi e fenomeni diversi. Un essere umano si avvicina al meccanismo della Natura nel corso dell'apprendimento.

2.7.1. Definizione



Lo sviluppo di organi di lavoro ("Tools") procede inizialmente al macro e poi al micro livello. G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 230.

2.7.2. Teoria (Particolari)

Nella maggior parte dei moderni sistemi tecnici, il dispositivo di lavoro (Tool) è "pezzi di ferro", parti magari con la forma di micro-oggetti che spesso ricordano le mani dell'essere umano.



Il Tool di solito cambia per primo, come risultato della nuova necessità di realizzare la nuova funzione. Come regola, il meccanismo della Legge della transizione dal macro al micro livello può essere usato per risolvere le contraddizioni del Tool. Così, nella transizione del Tool al micro livello, lo spazio ed il volume occupato dal Tool e dal sistema tecnico diminuisce, la sua efficienza aumenta, così come la sua multifunzionalità.

Questa transizione è spesso eseguita con un nuovo principio di lavoro, un nuovo effetto geometrico, chimico, fisico o attraverso il fenomeno. Per questa ragione la pratica dell'applicazione della legge è strettamente collegata con altri strumenti e tecnologie OTSM-TRIZ: ARIZ, Standards, Metodi, Schema Multischermo ed altri.

2.7.3. Modello

I modelli che illustrano la legge di transizione dal macro al micro livello includono i seguenti elementi:

- schema multi-schermo
- curva –S
- la linea di sviluppo “mono-bi-poli”
- la lista dei campi di interazione utilizzati nel sistema tecnico
- un trend di segmentazione
- altri

Cerchiamo di illustrare uno di loro: il trend di segmentazione.

Nel corso dell'evoluzione di una parte del TS compaiono le seguenti fasi di sviluppo:

1. un sistema monolitico
2. un sistema con un giunto
3. una costruzione flessibile
4. particelle; piccole particelle (particelle fini); materiali granulari:
5. aggregazioni molecolari, molecole, atomi, ioni
6. particelle elementari
7. un campo

Questo modello di sviluppo possiede un carattere generalizzato. Le sue fasi di sviluppo sono state illustrate in modo molto sintetico: se necessario è possibile esaminare questo trend, questa “Linea” con dettaglio maggiore. Per esempio, la fase “Sistema con un giunto” può essere sviluppata in alcune sotto-fasi: “sistema con un giunto”, “sistema con due giunti” ecc

La logica di questa applicazione richiede la transizione obbligatoria ed incondizionata del sistema alla successiva fase di sviluppo secondo il trend di segmentazione: la principale condizione di necessità di transizione è l'esigenza di svolgere una nuova funzione, da un lato, e l'impossibilità di realizzarla con il sistema tecnico attuale, dall'altra. Per essere più precisi, è la presenza di un problema, una contraddizione tecnica e amministrativa. I mezzi che forniscono la fattibilità di tale transizione sono l'individuazione della contraddizione fisica e la scelta del modo in cui verrà superata, che corrisponde appunto ad una delle transizioni del trend di segmentazione. E' molto importante sapere e tenere costantemente in mente il trend di segmentazione, ma d'altro canto non dovrebbe mai essere applicato meccanicamente: e' importante analizzare il sistema tecnico, l'evoluzione del suo sviluppo, i problemi che ne derivano. E' necessario poi definire correttamente la funzione richiesta dal TS e solo dopo tutto questo applicare il trend di segmentazione e altri strumenti del OTSM-TRIZ.

Un lemma: per il sistema tecnico (TS) o per le sue parti esisterà almeno una funzione che il TS dato non è in grado di compiere. E' necessario cambiare il TS o le sue parti secondo una delle transizioni del trend di segmentazione.

(Nota: un lemma è un'assunzione applicata senza una prova, data la sua ovvietà)

2.7.4 Strumenti (Come usarli)

Nella fase di porsi un problema:



Durante le applicazioni pratiche della Legge data, è necessario definire lo stadio di sviluppo in cui si trova un Tool del sistema (corpo che lavora), per valutare se vi sia un limite al suo sviluppo e se ci sono sistemi alternativi che hanno la struttura micro livello.

Nella fase di soluzione di un problema:

Durante la ricerca della soluzione del problema, è necessario fare attenzione agli effetti fisici, chimici, geometrici ed ai fenomeni che danno la possibilità di transizione al micro livello.

La Legge di transizione dal macro al micro livello spesso lavora insieme ad altre leggi. Per esempio, la legge della conduttività dell'energia tra le parti del sistema; la legge del coordinamento dei ritmi tra le parti del sistema; la legge di incremento del Su-Field. I criteri che sono stati avanzati dalle leggi di conduttività dell'energia e di coordinamento dei ritmi possono essere raggiunti con il completamento del passaggio dal macro al micro livello. E i meccanismi della legge di incremento del Su-Field possono fungere da metodo di transizione dal macro al micro livello.

Nell'esempio seguente è descritto un trend di segmentazione di un sub-system "ruota" come mezzo di trasporto.

1. Un sistema monolitico

Una ruota monolitica realizzata con materiali quali una pietra o la sezione di un tronco d'albero.

2. Un sistema con un giunto

Viene apportato un giunto al centro per completare la funzione di far rotolare la ruota.

3. Una costruzione flessibile

Una ruota con rivestimento in gomma (superficie);

Cambiamento della parte di massa solida della ruota in raggi;

Un cingolo come quello usato sul trattore;

Un ingranaggio flessibile (che si adatta all'andamento del terreno)

4. Particelle; piccole particelle; materiali granulari:

Una ruota con una camera d'aria;

Un motore jet ad acqua;

Un motore a magneti;

5. Aggregazioni molecolari; molecole; atomi; ioni:

Flusso d'aria ("cuscino d'aria");

Motore a ioni (questa idea è descritta nella letteratura fantascientifica)

6. Particelle elementari:

La "vela solare" (altra idea descritta in letteratura fantascientifica)

7. Un campo

Il cuscino magnetico (levitazione magnetica, come utilizzata dal treno Transrapid e dal MAGLEV)

2.7.5. Esempi

Esempio

Consideriamo brevemente alcuni esempi dalla storia della registrazione e memorizzazione del suono per la sua successiva riproduzione.

I primi dispositivi tecnici per questo scopo sono stati: un suggestivo orologio con varie melodie; il piano meccanico; un organetto. Va notato che questi in realtà non comportano la registrazione del suono ma la sua programmabilità. I vettori delle informazioni sonore in tali sistemi sono una serie di denti, cavità, sporgenze su un albero rotante o una ruota. Inoltre sono presenti anche corde, placche vibranti ecc, necessarie per la riproduzione di suoni che sono “registrati” in questo modo. Le dimensioni di tutti questi elementi per la registrazione e riproduzione del suono variano da pochi millimetri (orologio da polso) ad alcuni centimetri, fino a una decina, in un orologio a pendolo. Le dimensioni di un elemento di memorizzazione del suono variano così da 0.1 mm a 10 cm.



Esempio

La vera e propria registrazione del suono è iniziata in realtà con l’invenzione del fonografo, di Thomas Edison: le fluttuazioni meccaniche di un suono lasciano una traccia su una piastra di cera rotante. Questa “traccia” del suono è stata trasferita poi su metallo e infine su plastica vinilica. L’elemento che conserva il suono registrato è la traccia variabile del suono (il solco) creato dal suono stesso; le dimensioni di questo elemento variano in millimetri. Le dimensioni dell’elemento per l’immagazzinamento del suono sono così diminuite molto rispetto ai denti, cavità, corde ecc

La taglia dell’elemento è adesso 0.01 mm – 0.1 mm



Esempio

Con la transizione alla registrazione del suono per via magnetica sono comparsi nuovi sistemi tecnici, i nastri registratori. Nei primi sistemi magnetici la registrazione avveniva su un sottile filo di metallo, per poi passare su un nastro di plastica ricoperto di polvere ferromagnetica. In questi casi le particelle magnetiche e campi magnetici sono diventati il vettore delle fluttuazioni sonore, le cui dimensioni variano tra 1-10 micron. Le dimensioni dell’elemento che immagazzina le fluttuazioni del suono sono quindi diminuite più volte: la taglia di un elemento per l’immagazzinamento è adesso 0.001 mm – 0.01 mm (1-10 micron)



Esempio

Oggigiorno dischi ottici, dischi magnetici e ed elementi a stato solido (cristalli) fungono da vettore di dati e sono usati anche per la registrazione del suono. Le aperture verso i dischi ottici, laser, stoccaggio dati in dispositivi magnetici, nanostrutture nei chips elettronici sono utilizzate in questi sistemi come elemento di immagazzinamento. Le dimensioni di tali elementi sono quindi diminuite di molte volte ancora rispetto all’esempio precedente; le dimensioni di un elemento per l’immagazzinamento sono adesso di frazioni di micron.

Abbiamo intenzionalmente esaminato l'evoluzione dello sviluppo dei mezzi di registrazione e conservazione del suono semplicisticamente, tralasciando molti dettagli e descrivendo solo la tecnologia in generale. L'obiettivo di questo esame è infatti quello di mostrare la transizione di elementi di memorizzazione delle informazioni dal macro al micro-livello.



Esempio

Che cosa impedisce l’ulteriore aumento della velocità dei treni? I problemi si verificano nel contatto tra ruote e rotaie quando un treno si muove a velocità elevatissime.

La fase di sviluppo successiva è quindi il treno a levitazione magnetica invece delle usuali ruo-



te. Nella costruzione del treno si effettua così la transizione dalla coppia “ruota binario” all’interazione elettromagnetica. Questo tipo di transizione ha risolto alcuni problemi: agevolezza di movimento, diminuzione del rumore, trasmissione di energia dalla sorgente al motore del treno. Anche il trasferimento della corrente ha subito cambiamenti: non sono presenti contatti striscianti “linea aerea – strisciante”; anche la funzione di trasmissione dell’energia è effettuata dai mezzi del campo.



Fig. 7.2. Treno “Transrapid”



Fig. 7.3. Indicatore della velocità per i passeggeri

2.7.6. Auto-valutazione

Sommario

Il Tool di molti TS è un macro oggetto. Il suo sviluppo avviene in primo luogo al macro livello. Successivamente, dopo che le risorse per il suo sviluppo sono esaurite, il Tool viene trasferito al micro livello.

Domande:



1. Come possiamo definire la transizione dal macro al micro livello?
2. Quali sono le condizioni principali di cambiamento del Tool e della sua transizione dal macro al micro livello?

Fare alcuni esempi di transizione dal macro al micro livello

2.7.7 Bibliografia



1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 126-127.
2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 230.
3. **Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), pp. 112-124.



2.8 La Legge di incremento delle relazioni Su-Field

Abbiamo davanti una bellissima foto di un lupo: uno sguardo attento e prudente nei suoi occhi intelligenti, zanne terribili in una smorfia predatrice e muscoli tesi prima del salto decisivo... ma è piuttosto l'ingegno e l'inventiva che attrae maggiormente di questi animali. Possiamo tracciare molte analogie e paralleli nell'evoluzione dei sistemi biologici e tecnici, esiste anche una scienza chiamata bionica che studia le possibilità di applicazione di soluzioni biologiche in campo tecnologico.

Non siamo interessati alle soluzioni ma prima di tutto ai metodi delle soluzioni.



E qui abbiamo un problema...

Anche un bambino sa che il lupo mangia carne fresca e non si lava certamente i denti. Quelli che sono andati ad osservare un lupo allo zoo sanno che dalla bocca dell'animale esce infatti un odore forte e sgradevole. Tuttavia è il suo odore, l'odore è naturale per lui e funge anche da "biglietto da visita" quando incontra e comunica con gli altri lupi. Ma questo odore lo può anche disturbare: spesso il lupo attacca la sua preda di nascosto, con un agguato; egli striscia verso la preda dal lato sottovento, così che il vento soffia dalla preda verso il lupo e non il contrario. Così facendo, il lupo annusa l'animale da cacciare e l'odore del lupo è invece portato via, nella direzione opposta.

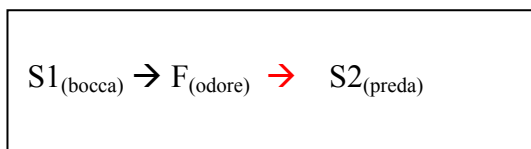


Ma come agirebbe un lupo in mancanza di vento, o quando la distanza dalla preda è molto breve? Questo problema, se ci pensiamo un attimo, è particolarmente marcato in inverno. Gli odori si diffondono agevolmente dal respiro caldo del lupo nell'aria e non vi sono neppure piante in fiore o altri eventi naturali che possono mascherare l'odore: tutto è appassito finché la primavera non giungerà di nuovo. Ma il lupo, ovviamente, si trova sempre nella situazione di dover tendere agguati. Non si lava i denti, né conosce consapevolmente il modo per risolvere il problema dell'odore. Egli è tuttavia guidato da un potente istinto vecchio di secoli e secoli, l'esperienza e la conoscenza dei suoi antenati e la sua mente ed esperienza personale (molto spesso il prezzo dell'ignoranza e dell'inosservanza di qualche regola è la sua vita stessa, o la vita della sua prole).

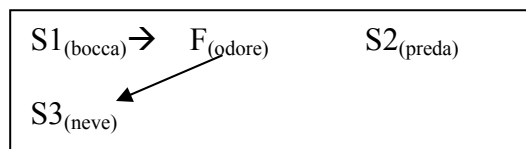
Ecco perché, prima di un salto decisivo sulla preda, un lupo in un agguato invernale prende un boccone di...neve! La neve riduce la temperatura della bocca del lupo e quindi l'evaporazione della parte umida, cioè il suo odore, per un po' di tempo. Inoltre, questo filtro naturale formato da un mucchio di molti, piccoli cristalli di neve fornisce una superficie di contatto estesa e mantiene bassi gli odori. Infine, la neve si scioglie nella bocca del lupo e l'acqua porta via con sé gli odori, senza dar loro la possibilità di diffondersi nell'aria. Se il momento più conveniente per attaccare la preda si sposta nel tempo, il lupo prende bocconi di neve, ancora e ancora...

Che cosa è cambiato nella struttura del sistema? Per motivi di brevità forniamo solo una formula Su-Field della parte del sistema in conflitto "lupo-preda", prima e dopo avere introdotto il cambiamento "neve in bocca per eliminare l'odore". Per una spiegazione più dettagliata dello strumento si veda il Capitolo 2.4

Problema:



Soluzione:



2.8.1. Definizione



Lo sviluppo dei sistemi tecnici procede in modo da incrementare il grado Su-Field
G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984),

2.8.2. Teoria (Particolari)

Sappiamo già che le parti di un sistema tecnico (TS) si sviluppano non uniformemente nel corso dell'evoluzione del sistema: in certi momenti dello sviluppo, una delle parti del TS diventa più complessa. Ma questa complessità, questo sviluppo può essere spiegato logicamente.



Quella parte del sistema tecnico subisce lo sviluppo (nel caso particolare: diventa complessa), che comprende un conflitto, contraddizioni fisiche e tecniche. In modo corrispondente, un modello Su-Field riflette esattamente questa situazione: in questo caso possiamo dire riguardo la direzione di sviluppo del TS che riflette nel modello Su-Field la direzione di incremento del grado Su-Field.

Per descrivere un semplice strumento del sistema tecnico, è sufficiente un Su-Field composto da due o tre elementi. Come regola, tutti i TS nella fase di creazione sono un prodotto, che è processato con strumenti manuali; sono strumenti di lavoro semplici, come una lancia, un coltello e così via. Gradualmente, gli svantaggi di questo sistema tecnico vengono a galla, compaiono nuovi bisogni e compaiono nuove soluzioni concernenti il cambiamento del TS iniziale mirato a soddisfare tali nuovi bisogni. Nel corso delle modifiche del TS iniziale, il TS rivela nuovi sub-systems, con i loro svantaggi, che richiedono soluzioni in relazione ai loro miglioramenti.

Per analizzare ed identificare i problemi e i modi per risolverli, è necessario mostrare chiaramente la struttura del sistema tecnico, la zona di conflitto, cioè la “strozzatura”, “il collo di bottiglia”, così come i cambiamenti che hanno luogo in questa struttura con lo sviluppo del TS. Questo diventa possibile con l’uso di un modello Su-Field.

2.8.3. Modello

Un sistema tecnico può essere descritto come un Su-Field. Questo modello consiste in campi e sostanze principali del TS e le loro interconnessioni. Non tutti i campi e sostanze presenti in un sistema tecnico vengono inclusi nel modello, ma solo quelli che lavorano direttamente per ottenere la funzione del TS.

$S1 \rightarrow F \rightarrow S2$

Prendiamo come esempio un bollitore elettrico per il riscaldamento dell’acqua. La funzione di tale sistema tecnico è riscaldare il liquido (acqua) dalla temperatura iniziale (temperatura della stanza) fino alla temperatura di ebollizione. Oppure: “cambiare il parametro dell’Elemento acqua dal Valore “temperatura della stanza” al Valore “acqua bollente”. In questo caso la formula Su-Field è:

S1 – elemento elettrico di un riscaldatore

F – campo termico

S2 – acqua nel bollitore

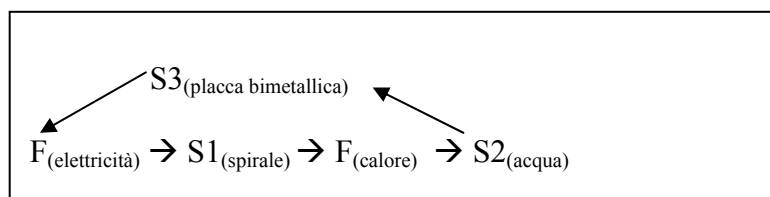
La formula ha questo significato: l'elemento elettrico del bollitore (S1) riscalda l'acqua (S2) alla temperatura di ebollizione con l'aiuto del campo termico (F). Un modello Su-Field di un bollitore elettrico può essere spiegato con un modello più ampio e dettagliato a seconda degli obiettivi dell'analisi. Per esempio, se vogliamo analizzare, identificare e descrivere problemi collegati alla trasformazione dell'energia elettrica in energia termica, dobbiamo costruire un Su-Field; in questo caso la formula Su-Field sarà completata attraverso un elemento: "campo dell'energia elettrica".

$F(\text{elettricità}) \rightarrow S1(\text{spirale}) \rightarrow F(\text{calore}) \rightarrow S2(\text{acqua})$.

2.8.4. Strumenti (Come usarli)

E' possibile che un determinato sistema non soddisfi i bisogni dell'utilizzatore. Per esempio, potremmo essere insoddisfatti delle modalità di funzionamento di un bollitore se, dopo che il bollitore si è acceso, l'acqua bollisse nel bollitore, poi si trasformasse in vapore finché tutto il vapore se ne fosse andato e l'elemento elettrico del bollitore prendesse fuoco. Dobbiamo quindi specificare una nuova funzione richiesta: "quando l'acqua raggiunge la temperatura di ebollizione, il bollitore si spegne automaticamente".

Una possibile parziale soluzione si riflette in una nuova formula Su-Field. Nel TS, viene introdotta una sostanza S3 (per esempio, una placchetta bimetallica che si piega quando si raggiunge la temperatura di 100°C e separa i contatti dell'elemento).



2.8.5. Esempi

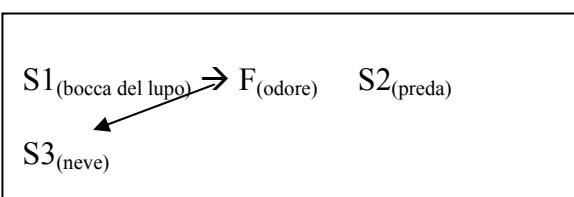
Esempio

Consideriamo l'esempio del lupo in modo più dettagliato, dal punto di vista dell'analisi Su-Field. Il problema è che la preda può percepire l'odore di un lupo a breve distanza:

$S1(\text{bocca del lupo}) \rightarrow F(\text{odore}) \rightarrow S2(\text{preda})$

Qual è un modo per trattenere o eliminare l'odore che proviene dalla bocca del lupo? E' necessario distruggere il collegamento dannoso al fine di svolgere la funzione nascosta:

$F(\text{odore}) \rightarrow S2(\text{preda})$



E' necessario costruire un Su-Field introducendo un nuovo campo o nuova sostanza:

Nella costruzione della formula, alle sostanze e ai campi vengono attribuiti i nomi convenzionali, per migliorare la comprensione della situazione.

Infatti, le sostanze chimiche nella bocca di un lupo fungono da sorgente di odore; da un punto di vista fisico, un campo di odore è un composto chimico volatile che raggiunge un altro animale attraverso il respiro del lupo. Sostanza-2, chiamata in precedenza “preda”, è il recettore dell’odore, cioè gli organi di senso. Tuttavia, per l’analisi, è più importante creare un’immagine mentale di un Su-Field. Una percezione integrale della situazione è più importante che i dettagli e la precisione delle definizioni.

Esempio



Come tirare fuori piccoli oggetti (per esempio, limatura di metallo) da un foro profondo? E’ difficile farlo con l’aiuto di pinze meccaniche. Nella formula di un Su-Field è espresso in una cattiva interazione del campo meccanico con la limatura:

$$F1_{(meccanica)} \rightarrow S1_{(limatura)}$$

Completiamo il Su-Field con l’introduzione di una nuova sostanza (magnete) e un nuovo campo (un campo magnetico):

$$F1_{(meccanica)} \rightarrow S2_{(magnete)} \rightarrow F2_{(campo magnetico)} \rightarrow S1_{(limatura)}$$

Come risolvere questo problema se la limatura non è magnetica? La logica della soluzione è la stessa, ma è necessario selezionare un campo che abbia una buona interazione con la limatura: potrebbe essere una sostanza adesiva e l’adesione meccanica come campo, per esempio.

$$F1_{(meccanica)} \rightarrow S2_{(sostanza adesiva)} \rightarrow F2_{(meccanica)} \rightarrow S1_{(limatura)}$$

Esempio



La figura 8.1 sottostante mostra una sezione del circuito magnetico di un altoparlante.

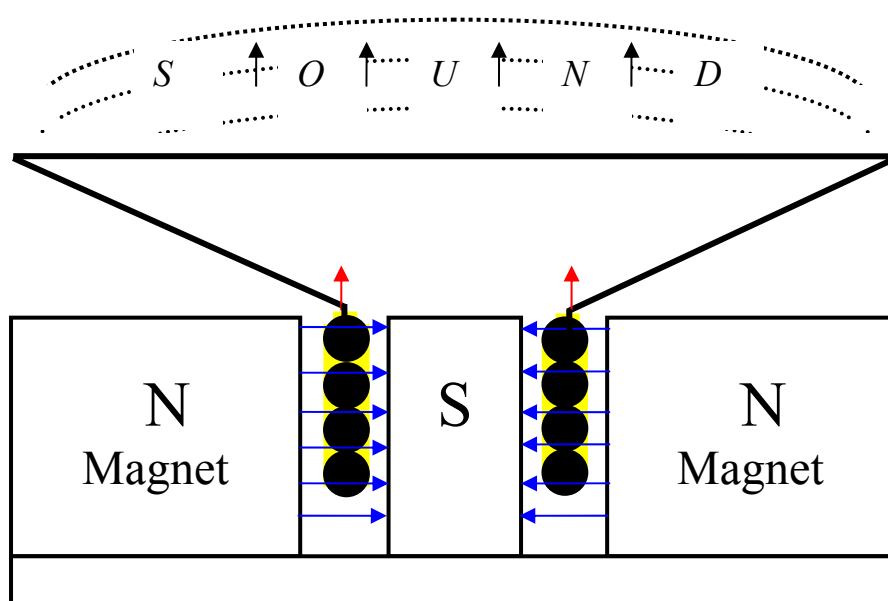


Fig. 8.1. Sezione trasversale di un altoparlante con evidenziato il circuito magnetico.

Legenda:

- 1 – magnete
- 2 – componente che svolge la funzione di sostegno della bobina
- 3 – avvolgimenti della bobina
- 4 – diffusore
- 5 – linee di forza di un campo magnetico

Una bobina con un conduttore che si trova in un campo magnetico è l'Engine, il trasformatore dei campi elettrico e magnetico in vibrazioni meccaniche del diffusore e poi dell'aria. In precedenza (Capitolo 2 – esempio 2.2, compito alla fine della sezione – e Capitolo 4 – esempio 4.5 –). Abbiamo già preso in considerazione il circuito magnetico di un altoparlante.

Dopo la sostituzione del sostegno della bobina con un componente che unisce gli anelli della bobina è stato possibile migliorare il raffreddamento della bobina stessa e ridurre il gap del circuito magnetico. Tuttavia, per ridurre ulteriormente le perdite in una catena magnetica ed incrementare l'efficienza dell'intero sistema tecnico "Altoparlante" è necessario ridurre la distanza tra i magneti. Più grande il gap, più grandi le perdite.

Di conseguenza, compare una nuova contraddizione: "il gap deve essere piccolo per ridurre le perdite nella catena magnetica; il gap deve essere largo per migliorare il raffreddamento della bobina". Idealmente, non esisterebbe il traferro in una catena magnetica.

Possiamo considerare varie situazioni con l'aiuto dell'analisi Su-Field:

- modello di un sistema tecnico che svolge la funzione principale
- modello di un sistema tecnico che svolge la trasformazione principale di energia attraverso l'Engine.
- Conflitto-1: perdite di energia nel gap
- Conflitto-2: raffreddamento della bobina
- altri

Consideriamo la situazione con le perdite nel traferro della catena magnetica. Segnaliamo una contraddizione: deve esserci un traferro per fornire libero movimento alla bobina; non deve esserci traferro per evitare le perdite nella catena magnetica.

Costruiamo il modello Su-Field di questo conflitto:

$$S1_{(\text{magnete})} \rightarrow F_{(\text{magnetico})} \rightarrow S3_{(\text{traferro})} \rightarrow S2_{(\text{bobina})}$$

La contraddizione data può essere formulata nel modo seguente: un gap tra i magneti deve essere continuo per essere magnetico; il gap non deve essere continuo per permettere il movimento della bobina. La contraddizione è risolta con una rottura del Su-Field attraverso l'introduzione di una nuova sostanza nel gap, un traferro della catena magnetica:

$$S1_{(\text{magnete})} \rightarrow F_{(\text{magnetico})} \times \rightarrow S3_{(\text{traferro})} \rightarrow S2_{(\text{bobina})}$$

Otteniamo il seguente Su-Field rimpiazzando il traferro con un liquido magnetico:

$$S1_{(\text{magnete})} \rightarrow F_{(\text{magnetico})} \rightarrow S4_{(\text{liquido magnetico})} \rightarrow S2_{(\text{bobina})}$$

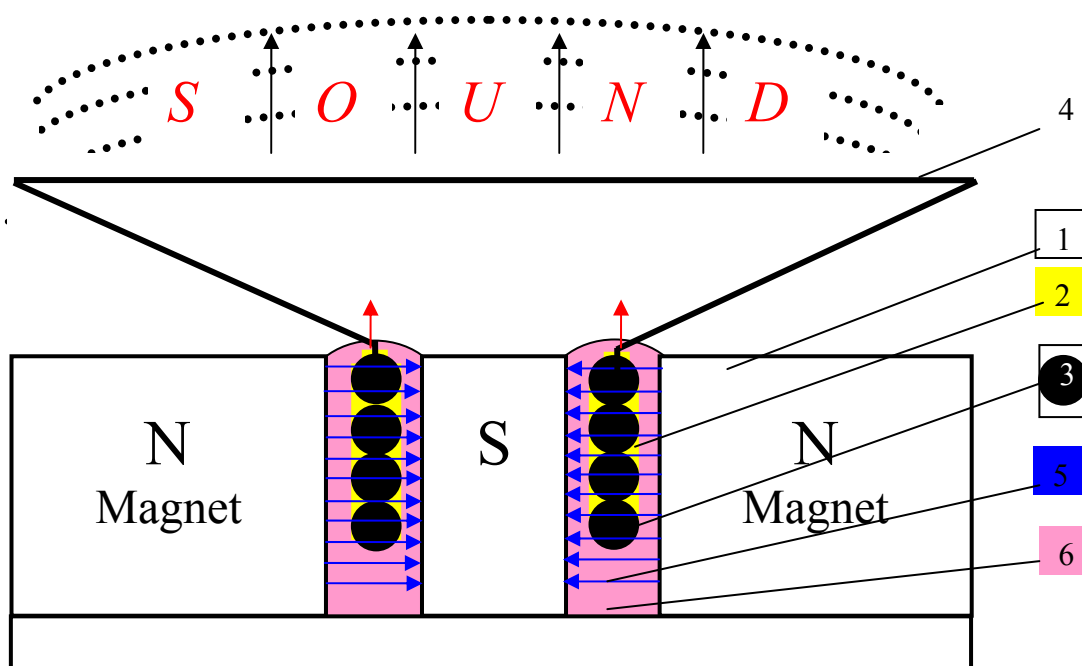


Fig. 8.2. Sezione di una magnetic chain di un altoparlante con gap riempito con liquido magnetico (6)

Legenda:

- 1 – magnete
- 2 – componente che svolge la funzione di struttura della bobina
- 3 – bobina
- 4 – diffusore
- 5 – linee del campo magnetico
- 6 – liquido magnetico

Il liquido magnetico è composto da particelle molto piccole di materiale magnetico in sospensione in un liquido; tale mix ha le proprietà di due sostanze: da un lato, è magnetico, dall'altro ha le proprietà di un liquido, cioè è un fluido. Così, colmando il gap, il liquido magnetico riduce le perdite energetiche ma permette al contempo alla bobina di muoversi liberamente.

La soluzione data, prevedendo l'introduzione di un liquido magnetico nel traferro, permette la soluzione di un altro importante problema: il raffreddamento della bobina. Riducendo il gap per diminuire le perdite magnetiche, si peggiora infatti la rimozione del calore dalla bobina. L'aria in effetti ha un coefficiente di scambio termico molto basso e quindi una conduttività termica scarsissima. Ecco perché, diminuendo il volume del gap, riduciamo la quantità di calore rimossa. Tuttavia, la sua sostituzione con un liquido magnetico consente la trasmissione del calore dalla bobina all'ambiente circostante in modo più efficiente.

2.8.6. Auto-valutazione

Sommario

Un TS e le sue parti possono essere rappresentate attraverso un modello Su-Field.

Un modello Su-Field rappresenta sostanze e campi che sono inclusi nel sistema dato o sue parti, utilizzate per eseguire la funzione descritta così come le interconnessioni e la loro tipologia tra sostanze e campi del TS dato o delle sue parti.

Lo sviluppo dei sistemi tecnici procede in una direzione che si riflette nel cambiamento del



 modello Su-Field; questi cambiamenti hanno luogo nella direzione di incrementare il grado Su-Field. In particolare, l'incremento di un numero di elementi (sostanze e campi), l'incremento del numero di connessioni tra gli elementi, l'incremento della sensibilità delle connessioni tra elementi, l'introduzione di nuovi elementi, cambio della struttura del TS.

Domande:

1. Cosa è un modello Su-Field?
2. Qual è la Legge dell'incremento del grado Su-Field?
3. Fare esempi che dimostrino la Legge di incremento del grado Su-Field.



2.8.7 Bibliografia

1. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (Russian) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 127.
2. **Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (trans. A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 231.
3. **Salamatov, J.**, "System of development of creativity laws". In *Chance of Adventure* (Russian), Copiler A. B. Selutsky (Petrozavodsk, Karelia, 1991), pp. 103-110.
4. **Kaikov, O. I.**, "A few examples of problems and solutions taken from wolves' life and behavior" (Karlsruhe, 2008, manuscript).



