

ACCESA, SOLO QUANDO SERVE

Migliori prestazioni illuminotecniche, costi e consumi ridotti quasi del 50%: i sistemi di governo automatico del flusso luminoso si delineano come il futuro degli edifici, sulla via dell'efficienza energetica globale

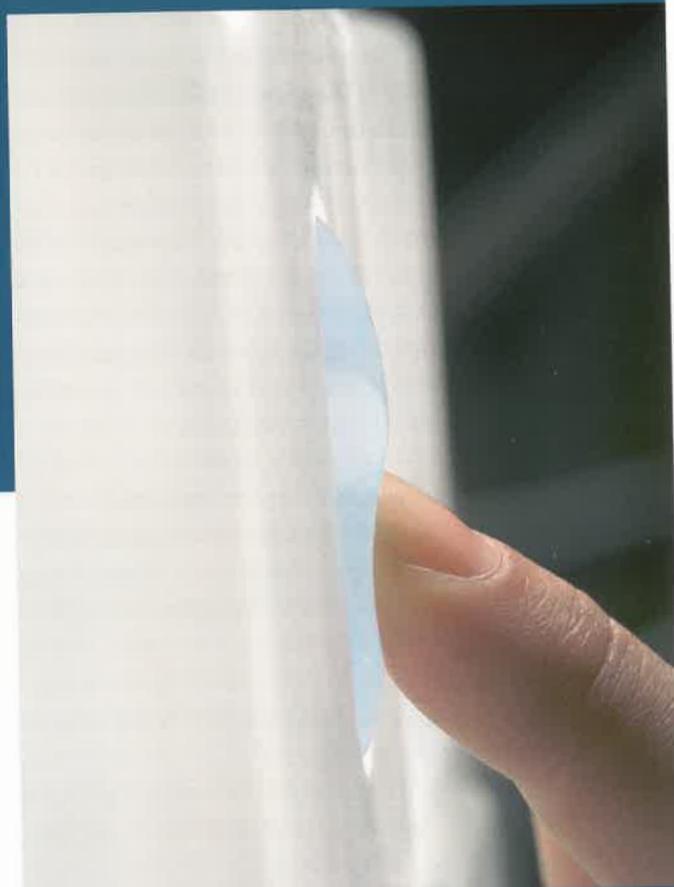
Alessandro Prati

Uno degli elementi che contribuisce all'integrazione tra la luce naturale e quella artificiale è la regolazione della luce artificiale. Particolarmente importante nella progettazione degli ambienti di lavoro, quando la luce artificiale viene ad integrare quella naturale si può garantire un comfort ambientale di altissimo livello qualitativo ed un contributo significativo al risparmio energetico. Gestire in maniera adeguata l'impianto di illuminazione vuole dire governare in maniera efficiente una gran parte dell'energia dell'edificio, aspetto quanto mai fondamentale nell'ottica degli orientamenti legislativi legati al risparmio energetico in linea generale e alla certificazione energetica in maniera particolare. Questi sistemi trovano ampio spazio nelle applicazioni office e sono principalmente usati con apparecchi di illuminazione a tecnologia fluorescente.

Principio di funzionamento

Sistemi di controllo elettronici governano in maniera automatica o semiautomatica il flusso luminoso emesso da una o più sorgenti contenute negli apparecchi di illuminazione in funzione di due parametri:

- la quantità di luce necessaria in ambiente per svolgere in maniera confortevole e senza affaticamento il proprio compito visivo (questo parametro è definito set-point);
- la quantità di luce presente in ambiente fornita da sistemi architettonici di illuminazione naturale (finestre, condotti solari, lucernari, ecc...).



Strategie contro lo spreco

Quando si parla di risparmio energetico l'attenzione primaria, giustamente, è portata agli impianti e alle dispersioni termiche dell'involucro, che rappresentano la parte maggiore del consumo di energia. Ma non basta. Soprattutto se il progetto riguarda un edificio pubblico ad alto affollamento, ufficio, banca, scuola, la problematica si allarga ai consumi interni relativi agli apparecchi illuminanti, ai computer, alle macchine da ufficio. In questo senso si propongono al progettista, sempre in collaborazione col tecnico specializzato, diverse strategie progettuali che permettono significativi risparmi: si va dall'integrazione della luce naturale e artificiale, al controllo dei dati statistici dei consumi, che è la base di ogni approccio energetico, fino alla valutazione dei comportamenti degli utenti (in relazione all'uso delle accensioni elettriche). E' quanto proponiamo negli articoli che seguono in cui sono illustrate diverse logiche progettuali, esperienze complete, proposte di riferimento che possono sostenere esperienze di media e piccola scala attraverso l'integrazione di competenze e conoscenze diverse.

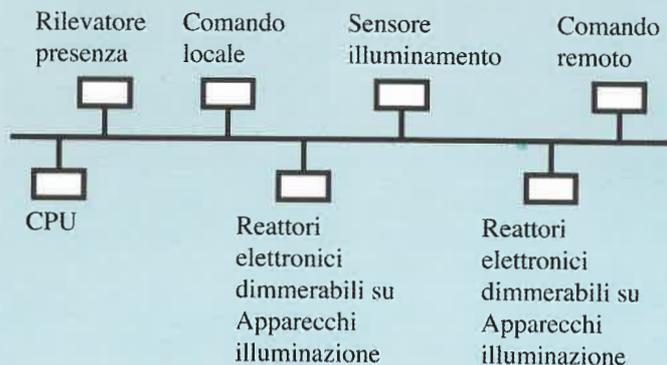
Il sistema esegue un continuo raffronto tra quanto illuminamento (misurato in lux) è presente in ambiente (sia dal solo contributo di luce naturale che da quello di luce naturale più artificiale) e quanto illuminamento si richiede al sistema come set-point. Il sistema fornisce un segnale diretto agli apparecchi di illuminazione proporzionale in percentuale pari a 0 % per apparecchi completamente spenti, 100 % per apparecchi di illuminazione accesi e massima erogazione del flusso luminoso. Per valori elevati di illuminamento da luce naturale, superiori al valore di set-point, il sistema fa in modo che agli apparecchi di illuminazione arrivi un segnale di regolazione che li tiene spenti o comunque a valore 0 % di regolazione. Man mano che il contributo di luce naturale scende sotto il valore di set-point, il sistema fornisce in maniera proporzionale un segnale di regolazione alle lampade direttamente proporzionale alla differenza di lux percepiti rispetto a quelli richiesti in ambiente.

Alcune considerazioni tecnico impiantistiche

La descrizione precedentemente fornita della logica di funzionamento del sistema è il modello teorico; a questo modello teorico, bisogna però aggiungere alcune considerazioni:

- il sistema migliore è quello che per valori di regolazione verso la lampada pari a 0 % permetta di spegnere anche la lampada;
- il sistema funziona meglio per ambienti piccoli e confinati per almeno tre problemi vissuti sulla propria esperienza progettuale:
 - un ambiente grande è solitamente frequentato da

Integrazione tra luce naturale e luce artificiale



molte persone che hanno una percezione diversa del fenomeno luminoso e quindi dei parametri di comfort che, se pur legati ad indicazioni normative, sono comunque soggettivi;

Componenti che caratterizzano il comfort visivo negli ambienti di lavoro.

- un ambiente piccolo richiede un solo punto di misura, mentre un ambiente grande esige più punti di misura con diverse zone di regolazione (almeno tante quante i punti di misura, altrimenti la regola-

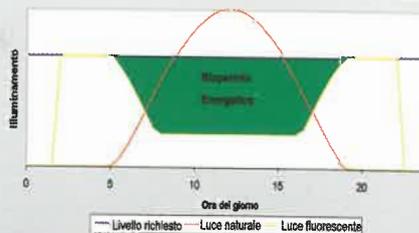
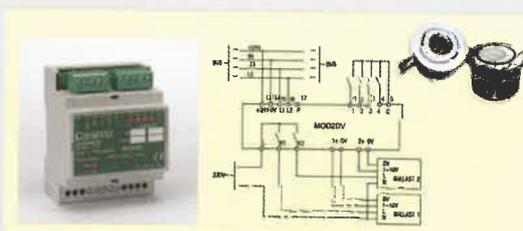
Regolazione elettronica

A destra, esempio di componentistica di regolazione, sensore e circuito di collegamento per i sistemi di regolazione della luce naturale.

Al centro, rappresentazione dell'andamento della luce artificiale in funzione dell'andamento della luce naturale e dell'illuminamento medio richiesto con le possibilità di risparmio energetico.

In basso, rendering di analisi di simulazione della luce artificiale in regolazione condizione livello regolato alto.

In basso a destra, rendering di analisi di simulazione della luce artificiale in regolazione condizione livello regolato basso.



Cenni normativi

Già da diversi anni la norma UNI 12464 "Luce e Illuminazione - Illuminazione dei luoghi di lavoro - Parte 1: Luoghi di lavoro interni", entrata in vigore il 01/07/2003, derivata dalla norma europea EN 12464-1: "Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places", ha espresso una chiara e netta posizione in relazione ai sistemi di regolazione per l'integrazione della luce naturale con quella artificiale infatti l'articolo 4.10 dal titolo illuminazione naturale cita:

"L'illuminazione naturale può fornire tutta o parte dell'illuminazione di un compito visivo. Essa varia col tempo in intensità e in composizione spettrale e perciò produce condizioni luminose variabili in un interno. La luce naturale può creare modelli e distribuzione di luminanze specifici, dovute alla luce che entra quasi orizzontalmente dalle finestre laterali.

Le finestre che forniscono un contatto visivo con l'esterno sono preferite dalla maggior parte delle persone.

Negli interni con finestre laterali, l'illuminazione naturale diminuisce rapidamente all'aumentare della distanza dalla finestra.

E' necessaria quindi una illuminazione supplementare per garantire l'illuminamento richiesto sul posto di lavoro e per bilanciare la distribuzione delle luminanze all'interno del locale. Si possono usare interruttori automatici o manuali e/o regolatori di flusso luminoso per assicurare un'adeguata integrazione tra illuminazione naturale e artificiale.

Se vi è abbagliamento dalle finestre, si devono utilizzare schermi appropriati per ridurlo.

E chiaro che anche spegnendo un certo numero di lampade si può ridurre il flusso luminoso totale ambientale e quindi i Lux, ovviamente a scapito del parametro di uniformità che condiziona in maniera significativa il comfort sulla postazione di lavoro.

Per questo motivo, qualitativamente, sono da preferire i sistemi a regolazione di flusso luminoso che la parzializzazione delle accensioni.

La norma ha preso posizione anche nelle definizioni progettuali degli impianti di illuminazione in merito al risparmio energetico, infatti se nell'articolo 4.10 il messaggio del risparmio energetico è scritto tra le righe quasi in maniera occulta, nell'articolo 4.9 è chiaramente specificato.

"Un impianto di illuminazione deve soddisfare i requisiti illuminotecnici di uno spazio, senza sprechi di energia. Tuttavia, è importante non compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione semplicemente per ridurre il consumo di energia. Ciò richiede di scegliere appropriati sistemi di illuminazione, apparecchiature e controlli e lo sfruttamento della luce naturale disponibile".

zione risulta distorta);

- se in un ambiente grande si vuole eseguire un'unica regolazione in base a più punti di misura elaborati tra di loro (valore medio, medio ponderato, ecc...), la regolazione risulta inefficiente

e inefficace;

- il sistema deve poter permettere una forzatura da parte dell'utente, (ma solo entro determinati range di tolleranza (ad esempio il 20%), perché una perso-

na giovane presenta una acutezza visiva maggiore di una persona anziana o perché straordinariamente potrebbe eseguire un compito visivo diverso;

- il sistema deve essere spegnibile dall'utente a piacimento, (meglio ancora se il sistema è in grado di riconoscere l'assenza della persona e quindi di

spegnere le luci);

- il sistema deve possedere per ogni ambiente ufficio almeno due scenari diversi con due set-point diversi (lavoro e pulizie), che sono due compiti visivi e richiedono due valori diversi di illuminamento e di comfort visivo;

- il sistema deve regolare in maniera autonoma ogni locale, questo perché gli uffici esposti verso nord hanno comportamenti diversi rispetto agli uffici orientati a sud e, comunque, a parità di esposizione (ad esempio sud) uffici al piano primo avranno un comportamento diverso da quelli del piano sesto;

- i sistemi migliori sono quelli implementati su tecnologie BUS orientate al building (EIB, LON, KONNEX, MODBUS, ecc...), in alternativa si possono utilizzare sistemi di livello meno evoluto per applicazioni più confinate come il DALI (Digital Addressable Light Interface); i primi sono da preferire perché permettono una eventuale integrazione di regolazione con altre componenti di controllo ambientale come sistemi di schermatura, tendaggi automatici, tapparelle, ecc...);

- il sistema deve essere in grado di supervisionare istante per istante il sistema, indicando il risparmio economico giorno per giorno ed integrandolo nel tempo, confrontando le performance del sistema a regolazione di flusso luminoso con una tecnologia tradizionale di controllo On-Off degli apparecchi di illuminazione;

- i sistemi a luce diretta sono molto efficienti dal punto di vista delle prestazioni, quelli a luce indiretta sono meno efficienti e comunque il sensore deve essere posizionato non a soffitto, ma sotto l'apparecchio di illuminazione;

- il sistema deve poter essere configurato per avere valori di scartamento abbastanza ampi, ovvero la regolazione in aumento o in diminuzione deve essere senza soluzione di continuità, ma non deve variare continuamente, costringendo l'occhio umano a percepire queste variazioni che porterebbero ad una situazione non confortevole e di affaticamento (il miglior sistema di integrazione è quello che varia il flusso luminoso emesso senza che questo venga percepito dall'utente);

- il sistema deve essere compensabile ambiente per ambiente; l'apporto della luce naturale sul piano di lavoro viene solitamente misurato e campionato da una sonda che ne percepisce la componente riflessa e quindi:

- la riflessione percepita varia in funzione del colore e del tipo di piano;

- il set-point di 500 lux sul piano di lavoro non può corrispondere a 500 lux sul sensore perché esiste sempre uno scartamento dovuto alla componente

Governo automatico

Il sistema di controllo elettronico esegue un continuo raffronto tra l'illuminamento presente in ambiente e l'illuminamento richiesto al sistema come set-point.

na giovane presenta una acutezza visiva maggiore di una persona anziana o perché straordinariamente potrebbe eseguire un compito visivo diverso;

- il sistema deve essere spegnibile dall'utente a piacimento, (meglio ancora se il sistema è in grado di riconoscere l'assenza della persona e quindi di

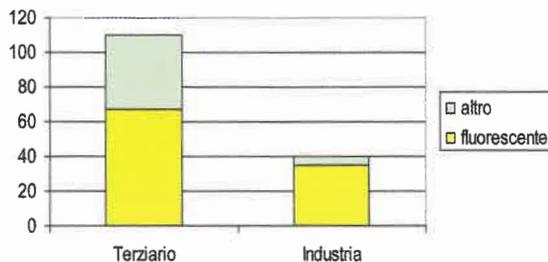
riflessa e alla distanza tra il punto in misura (soffitto) e il piano di riferimento stesso (scrivania) con variazioni proporzionali al quadrato della distanza.

Qualche considerazione sugli open space

Come già accennato è particolarmente difficile progettare e realizzare un impianto di regolazione ad integrazione della luce naturale con quella artificiale negli open space, tuttavia sovente è necessario realizzarli.

Negli open space il sistema di regolazione deve essere molto flessibile, non deve mai lavorare a file o a righe, ma per zone o macroaree di lavoro il cui compito visivo sia omogeneo, da questo punto di vista l'uso di reattori indirizzabili facilita il compito. In questo caso la possibilità di controllo da parte dell'utente non è auspicabile perché è difficile definire il concetto di comfort unico tra molti utenti. Se l'edificio di installazione presenta disomogeneità costruttive sia sulla copertura che sulle facciate, occorre fare alcuni ragionamenti:

- presenza di zone con lucernari zenitali, alternate a zone cieche; in questo caso esisterà sempre disomogeneità in termini di lux ottenuti sul piano di lavoro se non si definiscono delle zone la cui regolazione varia da zona a zona;
- presenza di volte irregolari (soffitti a botte, archi, o comunque coperture non piane); in questo caso non bisogna mai operare con illuminazione indiretta, ma preferire l'illuminazione di tipo diretto, perché quella indiretta presenta variazioni di disomogeneità di resa proporzionali alla variazione della distanza della copertura agli



L'illuminazione degli edifici e i livelli di consumo di elettricità associati alle lampade fluorescenti lineari e alle altre tecnologie.

apparecchi di illuminazione;

- presenza di finestrate sui lati: le zone immediatamente prossime alle finestrate sono maggiormente agevolate dal contributo di luce naturale, mentre quelle più remote sono penalizzate e, quindi, necessiteranno di sistemi di acquisizione del segnale e di monitoraggio più precisi e in numero maggiore;

- necessità di adottare sistemi di regolazione della luce artificiale molto flessibili per permettere di eseguire una personalizzazione puntuale zona per zona.

Benefici economici

Finora abbiamo sempre affermato che questi sistemi portano un notevole beneficio economico, ma notevole è un parametro soggettivo, legato all'astrazione, vediamo di fornire qualche dato e numero in merito alla valenza economica dell'intervento e ai benefici ottenibili.

Per fare ciò dobbiamo prima fornire alcuni valori di incidenza percentuale dei consumi per 'illuminazio-

La variabile orientamento

Il sistema regola in maniera autonoma ogni locale, considerando che il diverso orientamento degli ambienti determina comportamenti diversi.

Open Space e sistemi di regolazione

Coinvolgere l'utente nel progetto?

La complessità degli spazi aperti frequentati da un grande numero di persone impone una valutazione ad hoc delle variabili progettuali

Si parla di un margine di intervento da parte dell'operatore o del fruitore del sistema di circa 20% nel range di regolazione, ma è esperienza comune (pensiamo al condizionamento nell'automobile), che più l'utente è coinvolto, più insoddisfazioni si creano.

Ma se questo è vero, bisogna tenere conto che, nel condizionamento in automobile, così come in altri sistemi ci relazioniamo con una serie di variabili (temperatura, ricircolo interno/esterno, direzione dell'emissione); questi sistemi in fondo permettono una sola regolazione, ovvero quella del flusso luminoso

emesso e, quindi, in sostanza dei lux presenti sul piano ove si svolge il compito visivo.

Nella realtà anche all'interno di un medesimo ufficio vengono svolti compiti visivi diversi che richiederebbero livelli di illuminamento diversi; basti pensare alle diverse mansioni che l'utente può svolgere: se si guardano dei disegni o si legge un testo a caratteri piccoli, l'illuminamento di cui si avrà bisogno sarà maggiore e, quindi, maggiore sarà il flusso emesso, mentre, se si sta svolgendo una riunione con dei colleghi, il compito visivo è meno oneroso e richiede, quindi, minor illuminamento.

Esiste poi un'altra considerazione, una persona di 60 anni presenta un'acutezza visiva più bassa di una persona di 25 o 30 anni e, quindi, disponendo di minor o maggior acu-

tezza nel processo della visione e percezione di oggetti e di testi, è necessario regolare la quantità di luce, intesa come illuminamento, per svolgere il compito visivo senza affaticamento.

Per ultimo non dimentichiamo l'aspetto soggettivo della percezione di quantità di luce necessaria a garantire il comfort, ovvero ciò che è confortevole per una persona può non esserlo per un'altra o addirittura generare disagio fisico o psicologico.

Comunque in ultima analisi, questa regolazione è una proprietà offerta dal sistema che si può bloccare o sbloccare attraverso software, inibendo o permettendo la regolazione autonoma da parte dell'utente.

Manutenzione e gestione dell'impianto

Un altro aspetto fondamentale da considerare è la manutenzione e la gestione del sistema: dal punto di vista delle sorgenti luminose non esiste una grande differenza tra un impianto

ne sul totale dei consumi elettrici negli edifici:

- uffici 50%
- ospedali 20%-30%
- industria 15%
- scuole 10%-15%

Appare chiaro quindi che gli uffici sono terreno fertile per una crescita e una diffusione dei sistemi di regolazione della luce artificiale, fortemente orientati al risparmio energetico, favoriti ovviamente da una ampia presenza di lampade a tecnologia fluorescente.

Utilizzare reattori elettronici in alta frequenza migliora le performance energetiche dell'apparecchio di illuminazione, infatti la conversione della frequenza di rete (50Hz) in alta frequenza (kHz) migliora l'efficacia dei tubi fluorescenti che forniscono lo stesso flusso luminoso, ma assorbono meno potenza.

Se si analizza lo studio eseguito per una palazzina uffici di 1500 m² totali l'installazione di apparecchi con reattore elettronico dimmerabile e sistema automatico di regolazione del flusso, posta a con-

fronto con apparecchi di illuminazione ad alimentatore convenzionale, si evince che a fronte di un onere di installazione iniziale del 20 % più alto si ottengono i benefici evidenziati in tabella.

In futuro

I sistemi automatici di regolazione per favorire l'integrazione tra la luce naturale e quella artificiale, se basati su tecnologia bus permettono almeno due riflessioni di possibili implementazioni in proiezione futura:

- la possibilità non solo di mantenere costante il flusso luminoso o addirittura simulare l'andamento del sole nella giornata, ma anche quello di variare le tonalità di colore, simulando proprio l'evoluzione della luce solare mediante la tecnologia di luce dinamica basata sulla variazione delle cromaticità del fenomeno luminoso;
- la possibilità di controllare altre dispositivi come le tapparelle, le tende o i sistemi di schermatura e interfacciarsi con altri sistemi di governo dell'edificio (impianto di climatizzazione, gestione dei carichi elettrici, impianto di allarme intrusione ecc...).

Segue a pagina 787

Parametri di confronto	Sistema convenzionale	Sistema evoluta (reattore elettronico dimmerabile con controllo automatico)
Consumo di energia elettrica kWh/anno	70.300	40.150
Costo dell'energia elettrica in un anno	11.248 €	6.424 €
Risparmio annuo		4.824 €
Risparmio totale su vita media di 15 anni		72.360 €

normale e uno ad integrazione della luce naturale con quella artificiale, esiste però il rischio di tenere in servizio sorgenti luminose per un tempo maggiore di quello della massima resa, rischiando di trovarsi ad avere consumo, con prestazioni meno performanti dal punto di vista dell'efficienza Lumen/watt. Importante è l'aspetto di pulizia del sensore, se questo è sporco tenderà a generare segnali di regolazione non corretti (chiederà di erogare più luce rispetto a quella necessaria). La parte elettronica è forse quella più soggetta a guasti, specie per sovratensioni indirette di origine atmosferica; in tal caso bisogna adottare una politica di protezioni circuitali molto rigida ed efficiente, ma questo è un problema strettamente legato all'engineering elettrico. Comunque se l'impianto è inserito in un edificio di una certa rilevanza, normalmente esiste un piano di manutenzione programmata e un registro periodico delle prove e delle verifiche tecniche operative da realizzarsi.

Simulazione della luce naturale

Nel settore building e office, i sistemi di simulazione della luce naturale (riproduzione dei colori giornalieri di alba e tramonto ad esempio) non hanno, ad oggi, un grande impiego, in particolare per i costi e per la percezione da parte dell'utente di una tecnologia "diversa" dalla classicità dell'illuminazione tradizionale. Viene percepita e vissuta come non necessaria, come un gadget. Più frequente l'utilizzo di questa tecnologia per il settore home and entertainment (piscina con acque colorate per la cromoterapia, locali per yoga e ginnastica, sale riunioni).

La tecnologia RGB permette di garantire una migliore "cromaticità" della luce, con colori più caldi in alcuni momenti e colori più freddi in altri, le due principali tecnologie per lavorare con questo sistema sono:

- tre tubi fluorescenti regolati (dimmerizzati) indipendentemente
- sistema a LED RGB regolati separatamente.



Vista interna ed esterna di edificio adibito a uffici Pero (MI) – Progetto illuminotecnico studio CSP