

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901917741A1

Publication Date

20120818

Applicant

KEY WORD SRL

Title

SISTEMA E METODO PER LA VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DI IMPIANTI
DI ILLUMINAZIONE

SISTEMA E METODO PER LA VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

DESCRIZIONE

Il presente trovato si inquadra nel campo del risparmio energetico, con particolare riferimento a sistemi e metodi per la verifica del corretto funzionamento di impianti di illuminazione pubblica.

Come è noto, sotto il nome di risparmio energetico si annoverano varie tecniche atte a ridurre i consumi dell'energia necessaria allo svolgimento delle diverse attività umane. Il risparmio può essere ottenuto in vari modi ad esempio utilizzando tecnologie in grado di trasformare l'energia da una forma all'altra in modo più efficiente, oppure modificando i processi energetici in modo che ci siano meno sprechi.

In particolare per quanto riguarda l'ambito delle pubbliche amministrazioni, è fondamentale monitorare e intervenire sui consumi relativi all'illuminazione pubblica, che, in Italia, rappresenta circa il 55% dei consumi di energia elettrica di una pubblica amministrazione. In questo contesto la riduzione dei consumi

energetici di norma è legato a investimenti con ammortamenti di medio/lungo periodo.

Nello specifico della Pubblica Illuminazione sono note alcune misure che consentono una riduzione dei consumi energetici.

L'intervento più immediato consiste nella sostituzione delle tradizionali lampade a mercurio con moderne lampade a tecnologia LED o SAP. Alternativamente o in aggiunta possono essere installati dei regolatori di flusso, che possono essere configurati in modo da variare l'intensità di illuminazione in funzione delle necessità.

Questi accorgimenti consentono di ottenere risparmi considerevoli. Tuttavia la loro efficacia è limitata dal fatto che di per sé non consentono di ovviare agli sprechi derivanti dal malfunzionamento delle fonti luminose, in particolare dall'accidentale accensione di fonti di illuminazione durante le ore diurne.

Al fine di contenere gli sprechi energetici è dunque fondamentale che l'illuminazione sia quanto più possibile in sincronia con i periodi luce-buio che variano nel corso dell'anno. Idealmente il consumo di energia elettrica di un impianto di

illuminazione pubblica si dovrebbe sviluppare esclusivamente negli orari tra tramonto e alba.

Come è noto, un impianto di illuminazione è comandato attraverso quadri elettrici di distribuzione dove sono presenti gli interruttori di protezione delle linee elettriche, il contatore di energia e un dispositivo di comando che regola l'accensione e lo spegnimento. Il più semplice tipo di dispositivo di comando è il timer, che accende e spegne gli impianti ad orari costanti. Questa soluzione, molto economica, presenta l'inconveniente per cui occorre modificare almeno settimanalmente gli orari di accensione e spegnimento per tenere conto delle variazioni delle stagioni.

Si tratta di un inconveniente non da poco: occorre infatti tenere presente che gli impianti di illuminazione pubblica sono caratterizzati da una grande quantità di punti nevralgici sparsi su tutto il territorio, per i quali è necessario controllare costantemente il funzionamento ed effettuare la manutenzione. In particolare nelle aree urbane gli impianti di illuminazione pubblica hanno una grande estensione ed una diffusione

capillare, un numero molto elevato di quadri elettrici di alimentazione e soprattutto di punti luminosi.

Per gestire questa complessità, alcune amministrazioni pubbliche si sono dotate di sistemi di telecontrollo: tali sistemi consentono di trasmettere e ricevere i principali parametri elettrici a distanza ed attuare accensione o spegnimento a orari prestabiliti. Le soluzioni basate sul telecontrollo presentano tuttavia l'inconveniente di essere alquanto costose sia in termini di installazione che di gestione.

In alternativa alle soluzioni basate su timer eventualmente telecontrollati, è possibile dotare ciascun impianto di illuminazione di un interruttore crepuscolare, ovvero di un dispositivo composto da una sonda di misura dell'intensità luminosa e da un regolatore di livello luminoso che pilota la soglia di accensione e spegnimento. Qualora l'interruttore crepuscolare funzioni correttamente il consumo di energia elettrica di un impianto di illuminazione pubblica si sviluppa quindi esclusivamente negli orari tra tramonto e alba. Si tratta di un

dispositivo molto economico, e per questo largamente utilizzato negli impianti di illuminazione pubblica.

Anche l'utilizzo di interruttori crepuscolari presenta tuttavia degli inconvenienti: in particolare questi dispositivi sono spesso soggetti a deterioramento per azione degli agenti atmosferici che modificano la trasparenza dell'involucro esterno in seguito al deposito di polveri e all'azione del calore trasmesso dai raggi solari. Per questo motivo col passare del tempo la capacità dell'interruttore crepuscolare di rilevare con esattezza l'intensità della luce può peggiorare, determinando spesso un'accensione anticipata o uno spegnimento ritardato del circuito elettrico ad esso collegato. Questo tipo di malfunzionamento può causare uno spreco di energia elettrica che, nel caso il dispositivo sia totalmente rotto, può raggiungere anche il 100% in più rispetto all'ottimale.

Allo stato della tecnica l'unico modo per rendersi conto dell'eventuale malfunzionamento di un crepuscolare, e di conseguenza effettuare interventi di riparazione o di sostituzione, è

manuale, vale a dire è richiesta una verifica visiva del fatto che un impianto sia acceso in una fascia oraria in cui dovrebbe essere spento o viceversa. Si tratta di una soluzione non soddisfacente, in quanto è richiesto un largo impiego di personale addetto alla manutenzione per effettuare visite periodiche a tutti gli impianti, e inoltre c'è sempre il rischio che gli interventi non siano tempestivi. In aggiunta la verifica visiva periodica non consente di determinare con precisione da quanto tempo un malfunzionamento è in atto, e quindi di quantificare lo spreco energetico causato dal malfunzionamento.

Da quanto sopra emerge che è un bisogno molto sentito nell'arte quello di realizzare un sistema e un metodo per la verifica del funzionamento di un interruttore crepuscolare installato in un impianto di illuminazione che superi i limiti dell'arte nota sopra evidenziati, fornendo prestazioni migliori rispetto allo stato della tecnica.

Compito precipuo del presente trovato è quello di fornire un sistema e un metodo per la verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione che

consenta un'individuazione automatica e tempestiva dei crepuscolari malfunzionanti.

Nell'ambito di questo compito, uno scopo del presente trovato è quello di quantificare, in caso di malfunzionamento, l'energia elettrica sprecata in eccesso rispetto a quanto si sarebbe consumato se l'interruttore avesse funzionato correttamente.

Ulteriore scopo del presente trovato è quello di fornire un sistema e un metodo per la verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione che consenta un'individuazione automatica e tempestiva di eventuali anomalie degli impianti stessi, quali ad esempio guasti alle fonti luminose.

Non ultimo scopo del presente trovato è quello di fornire un sistema e metodo per la verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione che sia di semplice realizzazione, installazione e manutenzione, che sia facilmente integrabile con l'infrastruttura di illuminazione preesistente e che sia implementabile e gestibile a costi contenuti.

Questo compito, questi scopi ed altri che risulteranno maggiormente chiari dalla descrizione della presente invenzione sono raggiunti da un

metodo secondo la rivendicazione 1.

Questo compito e questi scopi sono inoltre raggiunti da un sistema secondo la rivendicazione 9.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del trovato risulteranno maggiormente chiari dalla descrizione di una forma di realizzazione preferita ma non esclusiva del sistema e metodo per la verifica del funzionamento di impianti di illuminazione, illustrata a titolo indicativo e non limitativo negli uniti disegni in cui:

la figura 1 è uno schema a blocchi relativo a una possibile architettura del sistema secondo il presente trovato;

la figura 2 è uno schema a blocchi che illustra in maggior dettaglio un aspetto dell'architettura di figura 1;

la figura 3 è un diagramma di flusso che illustra una prima forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione secondo il presente trovato;

la figura 4 è un diagramma di flusso che illustra una seconda forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di

illuminazione secondo il presente trovato.

Un'architettura esemplificativa del sistema per la verifica del funzionamento di impianti di illuminazione secondo il presente trovato è sintetizzata nello schema a blocchi di Figura 1.

L'architettura comprende un computer centrale 10, una pluralità di impianti di illuminazione 60, e, opzionalmente, una pluralità di dispositivi di interfacciamento 80 con il computer centrale 10.

Il computer centrale 10 è un sistema di tipo server, che comprende o ha accesso a mezzi per l'archiviazione 20, che possono comprendere ad esempio una base di dati o una qualsiasi struttura dati atta a memorizzare permanentemente informazioni.

Ciascun impianto di illuminazione 60 comprende un interruttore crepuscolare 30, un contatore di energia 40 e una pluralità di elementi illuminanti 50.

L'interruttore crepuscolare 30 è un dispositivo di tipo noto, ad esempio di tipo elettronico o elettromeccanico, in grado di misurare l'intensità di luce dell'ambiente ospitante, ad esempio per mezzo di una fotoresistenza. Esso viene

preferibilmente configurato per entrare in azione automaticamente con l'arrivo del buio (crepuscolo) e spegnersi con l'arrivo dell'alba. L'azionamento e lo spegnimento dell'interruttore crepuscolare comandano, ad esempio tramite un relé, l'alimentazione del circuito elettrico cui sono collegati gli elementi illuminanti 50.

Ciascun elemento illuminante 50 rappresenta una singola fonte di illuminazione, caratterizzata da una tipologia e da una potenza. Le tipologie di elementi illuminanti possono variare da lampioni o lampade a sospensione per l'illuminazione stradale ed urbana, a proiettori per l'illuminazione monumentale e così via.

Ciascun contatore di energia è un contatore elettronico di tipo noto, connesso al rispettivo impianto di illuminazione 60 e atto a rilevare i consumi effettivi di energia elettrica dell'impianto di illuminazione 60. In una forma di realizzazione il contatore di energia 60 è un contatore di tipo multifase, ovvero un dispositivo atto a registrare i consumi energetici in una pluralità di fasce orarie; a titolo esemplificativo e non limitativo potrebbe

trattarsi, per quanto riguarda l'Italia, di un contatore trifase configurato per la rilevazione trioraria dei consumi secondo le fasce orarie stabilite dalla Delibera n. 181/06 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG).

Il computer centrale 10 e i contatori di energia elettrica 40 sono dotati di interfacce che consentono di comunicare tra loro tramite una rete di comunicazione telematica 90, attraverso la quale i dati rilevati dai contatori di energia elettrica 40 vengono inviati al computer centrale 10 e preferibilmente archiviati nei mezzi di archiviazione 20. L'invio può avvenire in tempo reale o su base periodica, e i dati possono essere inviati in forma grezza o aggregata. Il computer centrale 10 potrebbe essere ad esempio direttamente connesso a ciascun contatore di energia elettrica 40, oppure, laddove fossero presenti reti di comunicazione preesistenti tra i contatori elettronici 40 e sistemi centralizzati di acquisizione dati, come ad esempio nel caso del sistema di telegestione di Enel, il computer centrale 10 potrà interfacciarsi con opportuni nodi di tale rete, ad esempio i concentratori o il

sistema centrale di telegestione.

Il computer centrale 10 è opzionalmente in grado di comunicare con una pluralità di dispositivi di interrogazione 80: in questo caso il computer centrale 10 e i dispositivi di interrogazione 80 sono dotati di interfacce che consentono di comunicare tra loro tramite una rete di comunicazione telematica 70. La rete 70 è preferibilmente la rete Internet, ma può essere anche una rete intranet o una qualsiasi rete privata atta a implementare un protocollo di comunicazione di tipo client-server. La rete 70 è connessa ove necessario a reti mobili per la comunicazione tra computer centrale 10 e dispositivi di interrogazione 80.

In particolare il computer centrale 10 comprende mezzi per inviare ai dispositivi di interrogazione 80 varie tipologie di notifiche in dipendenza dell'esito delle verifiche effettuate, come verrà illustrato in maggior dettaglio con riferimento alle figure 3 e 4.

Ciascun dispositivo di interrogazione 80 è un dispositivo di tipo client in grado di connettersi al computer centrale 10 tramite la rete di

telecomunicazione 70. Il dispositivo di interrogazione 80 può ad esempio essere un personal computer, un telefono cellulare oppure uno smartphone, ove necessario opportunamente corredati di un apposito software dedicato alla comunicazione con il computer centrale 10. Il computer centrale 10 è atto a comunicare con i dispositivi di interrogazione 80 secondo una pluralità di canali, ad esempio messaggi SMS, messaggi di posta elettronica, voice browsing, messaggistica istantanea, un'interfaccia web o un rich client. La modalità di comunicazione tra client e server potrà essere di tipo push e/o di tipo pull. In pratica qualsiasi combinazione di dispositivo e protocollo di comunicazione adatto al trasporto di informazioni tra computer centrale 10 e dispositivi di interrogazione 80 può essere impiegato con il sistema e il metodo secondo il trovato.

La figura 2 illustra in maggior dettaglio l'architettura del computer centrale 10 secondo il trovato di figura 1. Il computer centrale 10 comprende un modulo di acquisizione 11, un modulo di calcolo 12, un modulo 13 di interfaccia con i

mezzi di archiviazione 10 e un modulo di notifica 14.

Il modulo di acquisizione 11 è un modulo preposto a interfacciarsi con i contatori di energia elettrica 40 tramite la rete di comunicazione telematica 90, come precedentemente illustrato; in particolare il modulo di acquisizione 11 preleva i dati rilevati dai contatori di energia elettrica 40 e li archivia nei mezzi di archiviazione 10.

Il modulo di calcolo 12 è un modulo configurato per eseguire elaborazioni sui dati archiviati nei mezzi di archiviazione 10, in modo da calcolare valori relativi ai consumi ideali e effettivi dell'impianto di illuminazione 60 oggetto di verifica, come verrà illustrato in maggior dettaglio nel seguito

Il modulo 13 di interfaccia con i mezzi di archiviazione 10 è un modulo preposto a interfacciarsi col modulo di calcolo 12 per ricevere da questo interrogazioni da sottoporre ai mezzi di archiviazione 10 e per restituire a questo i risultati delle interrogazioni.

Infine il modulo di notifica 14 è un modulo connesso al modulo di calcolo 12, configurato per

comunicare l'esito delle elaborazioni eseguite dal modulo di calcolo 12 secondo vari criteri e canali, come precedentemente illustrato e come verrà ulteriormente dettagliato nel seguito.

Con riferimento alla figura 3, si illustra ora in dettaglio una prima forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione secondo il presente trovato.

In questa prima forma di realizzazione si assume che, per ogni impianto di illuminazione 60 di cui si desideri verificare il funzionamento, siano note o calcolabili la potenza massima prelevata dall'impianto e la potenza dissipata dall'alimentatore, ad esempio perché sono noti il numero di elementi illuminanti 50, la potenza di ciascun elemento illuminante e il fattore di potenza del circuito di alimentazione. Si assume inoltre che tutti gli elementi illuminanti 50 siano comandati dal medesimo interruttore crepuscolare 30. Si assume infine che nell'impianto di illuminazione 60 non siano installati riduttori di flusso attivati solamente in fasce orarie determinate.

Il metodo inizia ai passi 100 e 110, che possono essere svolti in un ordine arbitrario o anche, nel caso il computer centrale 10 sia di tipo multiprocessore, simultaneamente.

Al passo 100 il computer centrale reperisce o calcola la potenza massima prelevata dall'impianto di illuminazione che si desidera verificare. In una forma di realizzazione preferita il modulo di interfaccia con i mezzi di archiviazione 13 accede ai mezzi di archiviazione 10 per reperire le caratteristiche dell'impianto da valutare, caratteristiche che possono comprendere ad esempio il numero di elementi illuminanti e la potenza di ciascun elemento illuminante, e la potenza reattiva o il fattore di potenza dell'impianto di alimentazione; quindi il modulo di interfaccia con i mezzi di archiviazione 13 comunica questi dati al modulo di elaborazione 12.

Sulla base di tali dati, il modulo di calcolo 12 calcola la potenza apparente e la potenza attiva complessiva dell'impianto, secondo modalità note nell'arte. A titolo esemplificativo e non limitativo, il modulo di calcolo 12 effettua questo calcolo sommando le potenze dei singoli

elementi illuminanti e quindi moltiplicando il valore ottenuto per il fattore di potenza tipico dell'impianto. In una forma di realizzazione alternativa, la potenza attiva complessiva è invece direttamente memorizzata nei mezzi di archiviazione 10, e di conseguenza viene semplicemente prelevata dal modulo di interfaccia con i mezzi di archiviazione 13 e messa a disposizione del modulo di elaborazione 12 per successive elaborazioni. Il tecnico del ramo comprenderà senza sforzo che sono possibili numerose varianti di calcolo alternative, corrispondenti a diverse scelte di distribuzione tra dati preimpostati e dati calcolati.

Al passo 110 il computer centrale 10 effettua il calcolo del tempo totale di funzionamento atteso dell'impianto di illuminazione in condizioni di funzionamento corretto dell'interruttore crepuscolare in un periodo di tempo determinato, ad esempio un mese. In particolare, a titolo esemplificativo, il modulo di interfaccia con i mezzi di archiviazione 13 interroga i mezzi di archiviazione 10 per reperire gli orari di albe e tramonti nel luogo in cui è installato l'impianto

e nel periodo di tempo desiderato; tali dati vengono utilizzati dal modulo di elaborazione 12 per calcolare il tempo totale intercorrente tra tramonti e albe nel determinato luogo e periodo di tempo. Analogamente a quanto osservato con riferimento al passo 100, alternativamente tali dati relativi alla durata di luce e buio in periodi di tempo e luoghi predeterminati potrebbero essere già presenti in forma aggregata o semiaggregata nei mezzi di archiviazione 20; l'esperto del settore potrà selezionare la modalità di archiviazione di tali dati più adeguata a soddisfare il tradeoff desiderato tra velocità di elaborazione e possibilità di maggiore granularità nella scelta del periodo temporale. Il tempo così calcolato è quindi il tempo in cui si presume che l'impianto di illuminazione dovrebbe rimanere acceso, nel luogo e nel periodo di tempo determinati, per una corretta illuminazione.

La potenza totale attiva calcolata al passo 100 e il tempo totale di attività presunto calcolato al passo 110 vengono moltiplicati tra loro al passo 120 per calcolare il consumo ideale dell'impianto di illuminazione.

Al passo 130 viene invece rilevato o calcolato il consumo effettivo del medesimo impianto di installazione nel medesimo periodo di tempo determinato, ad esempio il mese precedente. Come precedentemente menzionato, tale consumo effettivo può essere desunto dai dati rilevati e messi a disposizione dal contatore elettronico 40 secondo modalità note nell'arte.

Al passo 140 il modulo di elaborazione 10 calcola lo scostamento, ovvero la differenza algebrica, tra il consumo effettivo determinato al passo 130 e il consumo ideale determinato al passo 120. Tale scostamento viene inviato al modulo di notifica 14, il quale al passo 150 decide se, come e a chi notificare l'esito della verifica in base al valore di tale scostamento.

In particolare se lo scostamento ha un valore nullo, questo è indice del fatto che il consumo effettivo coincide con il consumo ideale e quindi di corretto funzionamento del crepuscolare stesso; in questo caso al passo 160 il modulo di notifica potrà essere configurato per non inviare alcuna notifica, o alternativamente per inviare notifiche informative secondo i canali e i protocolli

precedentemente menzionati con riferimento alla figura 1; possibili destinatari di tali notifiche sono ad esempio figure come gli energy manager delle pubbliche amministrazioni in cui è installato l'impianto oggetto di verifica.

Nel caso in cui lo scostamento abbia un valore positivo, ovvero il consumo effettivo è superiore al consumo ideale, questo è indice di un guasto al crepuscolare, che ha determinato un'accensione anticipata e/o uno spegnimento ritardato dell'impianto di illuminazione ad esso collegato.

In questo caso al passo 170 il modulo di notifica potrà essere configurato per inviare notifiche, oltre che a personale amministrativo, anche a personale addetto alla riparazione e/o alla sostituzione dei crepuscolari per una eventuale verifica sul campo. In una forma di realizzazione preferita le notifiche comprenderanno non soltanto il segno positivo dello scostamento ma anche l'entità dello scostamento stesso, in modo da fornire informazioni più circostanziate al personale preposto alla pianificazione degli interventi di riparazione o sostituzione. Ad esempio in presenza di uno scostamento lieve si

potrà decidere di rimandare un intervento di sostituzione che invece verrà eseguito con maggiore tempestività nel caso di uno scostamento rilevante.

Infine nel caso in cui lo scostamento abbia un valore negativo, ovvero il consumo effettivo è inferiore al consumo ideale, questo potrebbe essere indice di un guasto al crepuscolare che ha determinato un'accensione ritardata e/o uno spegnimento anticipato dell'impianto di illuminazione ad esso collegato, oppure del fatto che uno o più elementi illuminanti sono guasti, e di conseguenza è diminuita la potenza complessiva attiva. In questo caso al passo 180 il modulo di notifica potrà essere configurato per inviare notifiche, oltre che a personale amministrativo, anche a personale addetto alla manutenzione degli impianti di illuminazione per una eventuale verifica sul campo. Analogamente al caso precedentemente trattato dello scostamento positivo, in una forma di realizzazione preferita le notifiche comprenderanno non soltanto il segno negativo dello scostamento ma anche l'entità dello scostamento stesso, in modo da fornire

informazioni più puntuali relativamente all'urgenza degli interventi di manutenzione.

Al fine di meglio comprendere la prima forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione secondo il trovato, si riporta qui di seguito un esempio puramente illustrativo.

Si consideri un impianto di illuminazione I con le seguenti caratteristiche:

- l'impianto comprende 4 elementi illuminanti $L_1..L_4$, ciascuno caratterizzato da una rispettiva potenza $P_1..P_4$; tutte le potenze sono pari a 0,15 kW;
- Il fattore di potenza $\cos\phi$ dell'impianto è pari a 0,9
- si desidera effettuare la verifica nel mese di settembre
- l'impianto è installato a Roma, locazione geografica caratterizzata nel mese di settembre rispettivamente da orari di alba $T_{a1}..T_{a30}$ e da orari di tramonto $T_{t1}...T_{t30}$;
- la somma delle ore che intercorrono tra tramonto e alba a Roma nel mese di settembre è reperita o calcolata come pari a:

$$T_{\text{tot mese}} = 344 \text{ h}$$

- il consumo effettivo dell'impianto I rilevato nel mese di settembre è pari a $E_{\text{effettivo}} = 250 \text{ kWh}$

Seguendo i passi del metodo precedentemente descritto si otterrà:

$$P_{\text{tot}} [\text{kW}] = \sum_{i=1}^4 P_i = 0,6 \text{ kW}$$

$$P_{\text{attiva}} [\text{kW}] = P_{\text{tot}} [\text{kW}] * \cos \phi = 0,6 * 0,9 = 0,54 \text{ kW}$$

$$E_{\text{ideale}} [\text{kWh}] = P_{\text{attiva}} [\text{kW}] * T_{\text{totmese}} [\text{h}] = 0,54 * 344 = 185,76 \text{ kWh}$$

$$\Delta [\text{kWh}] = E_{\text{effettivo}} [\text{kWh}] - E_{\text{ideale}} [\text{kWh}] = 250 - 185,76 = 64,24 \text{ kWh}$$

In questo esempio il risultato della verifica, vale a dire uno scostamento positivo, segnalerebbe un malfunzionamento dell'interruttore crepuscolare.

Con riferimento alla figura 4, si illustra ora in dettaglio una seconda forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione secondo il presente trovato.

In questa seconda forma di realizzazione si assume che la potenza attiva dell'impianto di illuminazione 60 di cui si desidera verificare il funzionamento non sia nota né calcolabile. Si assume altresì che il contatore di energia 40

connesso a detto impianto di illuminazione 60 sia un contatore elettronico di tipo multifase, ovvero un dispositivo atto a registrare i consumi energetici in una pluralità di fasce orarie $F_1...F_N$, come precedentemente descritto. Infine, analogamente alla prima forma di realizzazione precedentemente descritta, si assume che tutti gli elementi illuminanti 50 compresi nell'impianto di illuminazione 60 siano comandati dal medesimo interruttore crepuscolare 30 e che nell'impianto di illuminazione 60 non siano installati riduttori di flusso attivati solamente in fasce orarie determinate.

Il metodo ha inizio al passo 210, in cui il computer centrale 10 effettua il calcolo del tempo totale T_{tot} di funzionamento atteso dell'impianto di illuminazione in condizioni di funzionamento corretto dell'interruttore crepuscolare in un periodo di tempo determinato, secondo le modalità precedentemente descritte con riferimento al passo 110 di Figura 3.

Al passo 220, per ciascuna fascia oraria F_i , il modulo di calcolo 12 calcola, sulla base degli orari di tramonti e albe nel determinato luogo e

periodo di tempo archiviati nei mezzi di archiviazione 20, la somma dei minuti di funzionamento dell'impianto in quella fascia, T_{Fi} . Il modulo di calcolo 12 calcola quindi, per ciascuna fascia oraria F_i , la distribuzione percentuale $T_{\%Fi}$ dei minuti di funzionamento in quella fascia nel periodo in esame in base al totale del periodo calcolato al passo 210, vale a dire $T_{\%Fi} = T_{Fi} / T_{tot}$.

Al passo 230 viene rilevato o calcolato, per ciascuna fascia oraria F_i , il consumo effettivo del medesimo impianto di installazione in quella fascia nel medesimo periodo di tempo determinato, ad esempio il mese precedente. Come precedentemente menzionato, tale consumo effettivo può essere desunto dai dati rilevati e messi a disposizione dal contatore elettronico 40 secondo modalità note nell'arte. Si ottengono così N valori di consumo effettivo $E_{effettivoF1} \dots E_{effettivoFN}$.

Al passo 240 il modulo di calcolo 12 inferisce il consumo ideale, per ciascuna fascia oraria F_i , del medesimo impianto di installazione in quella fascia nel medesimo periodo di tempo determinato, ad esempio il mese precedente, pur in assenza di

informazioni relative alla potenza impiegata dall'impianto. In particolare, in primo luogo il modulo di calcolo 12 sceglie dall'insieme di fasce $F_1...F_N$ una specifica fascia F_M per cui assume che il consumo effettivo sia uguale al consumo ideale. In una forma di realizzazione preferita tale fascia F_M è caratterizzata dal fatto di essere interamente compresa nell'orario tra tramonto e alba nel periodo in esame, vale a dire è una fascia durante la quale si assume che l'impianto dovrebbe essere sempre attivo. A titolo esemplificativo nel caso delle fasce AEEG si potrebbe prendere in considerazione la fascia F3.

Una volta determinata la fascia oraria F_M di riferimento, il modulo di calcolo 12 calcola il consumo ideale in ciascuna altra fascia F_I rapportandolo a quello della fascia scelta come riferimento, ovvero dividendo il consumo effettivo nella fascia oraria F_M per la percentuale relativa alla stessa fascia $T_{\%F_M}$ e moltiplicando per la percentuale dei minuti di funzionamento $T_{\%F_I}$ calcolata per la fascia F_I , secondo la formula:

$$E_{ideale_{F_I}} = \frac{E_{effettivo_{F_M}}}{T_{\%F_M}} * T_{\%F_I}$$

Al passo 245, il modulo di calcolo 12 calcola lo scostamento, ovvero la differenza algebrica, tra il consumo effettivo totale, ovvero sommato su tutte le fasce, determinato al passo 230 e il consumo ideale totale, ovvero sempre sommato su tutte le fasce, inferito al passo 240. Tale scostamento viene inviato al modulo di notifica 14, il quale al passo 250 decide se, come e a chi notificare l'esito della verifica in base al valore di tale scostamento, con modalità analoghe, ai passi 260, 270 e 280, a quelle già descritte con riferimento ai passi 160, 170 e 180 di Figura 3.

Al fine di meglio comprendere la seconda forma di realizzazione del metodo di verifica del funzionamento di un impianto di illuminazione secondo il trovato ora illustrato, si riporta qui di seguito un esempio puramente illustrativo.

- si desidera effettuare la verifica nel mese di settembre

l'impianto è installato a Roma;

- il contatore di energia 40 è configurato a rilevare le fasce orarie AEEG F_1 , F_2 e F_3 .

Il contatore 40 ha rilevato per il mese di

settembre i seguenti consumi effettivi, suddivisi per fasce AEEG:

$$E_{\text{effettivo}F1} = 17 \text{ kWh},$$

$$E_{\text{effettivo}F2} = 110 \text{ kWh},$$

$$E_{\text{effettivo}F3} = 219,9 \text{ kWh}$$

La somma delle ore che intercorrono tra tramonto e alba a Roma nel mese di settembre è reperita o calcolata, come nell'esempio precedente, come pari a $T_{\text{media}} = 344 \text{ h}$.

Seguendo i passi del metodo precedentemente descritto si otterrà:

$$T_{\%F3} = \frac{T_{F3}}{T_{\text{media}}} * 100 = \frac{223,1}{344} * 100 = 64,85\%$$

$$T_{\%F2} = \frac{T_{F2}}{T_{\text{media}}} * 100 = \frac{106,6}{344} * 100 = 30,99\%$$

$$T_{\%F1} = \frac{T_{F1}}{T_{\text{media}}} * 100 = \frac{14,3}{344} * 100 = 4,16\%$$

$$E_{\text{ideale}F3} = \frac{E_{\text{effettivo}F3}}{T_{\%F3}} * T_{\%F3} = \frac{219,9}{64,85} * 64,85 = 219,9 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{ideale}F2} = \frac{E_{\text{effettivo}F3}}{T_{\%F3}} * T_{\%F2} = \frac{219,9}{64,85} * 30,99 = 105,08 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{ideale}F1} = \frac{E_{\text{effettivo}F3}}{T_{\%F3}} * T_{\%F1} = \frac{219,9}{64,85} * 4,16 = 14,10 \text{ kWh}$$

$$\Delta = (E_{\text{effettivo}F1} + E_{\text{effettivo}F2} + E_{\text{effettivo}F3}) - (E_{\text{ideale}F1} + E_{\text{ideale}F2} + E_{\text{ideale}F3})$$

$$\Delta = (17 + 110 + 219,9) - (14,10 + 105,08 + 219,9) = 7,82$$

In questo esempio il risultato della verifica

segnalerebbe un malfunzionamento dell'interruttore crepuscolare.

E' stato così mostrato che il presente trovato raggiunge il compito e gli scopi prefissi. In particolare, si è visto come il sistema e il metodo così concepiti permettano di superare i limiti qualitativi dell'arte nota grazie al fatto che consentono di verificare in maniera automatica il funzionamento degli interruttori crepuscolari e contestualmente quantificare, in caso di malfunzionamento, lo spreco energetico avvenuto.

Si è altresì mostrato come il trovato sia di pratica realizzazione, realizzazione, installazione e manutenzione, dal momento che richiede componenti hardware/software standard e semplici interfacce di integrazione con l'infrastruttura della rete di illuminazione pubblica preesistente.

Il sistema secondo il trovato può essere inoltre validamente impiegato, oltre che in contesti pubblici, anche in contesti privati.

Le modalità di realizzazione sopra descritte possono essere implementate in molti modi diversi e la presente invenzione non è limitata a una

qualche implementazione particolare.

Chiaramente, numerose modifiche saranno chiare e possono essere prontamente eseguite dall'esperto del ramo senza uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione.

A titolo di esempio, il tecnico del ramo comprenderà senza sforzo che è possibile realizzare una variante delle due forme di realizzazione precedentemente illustrate ottenuta per la combinazione delle stesse, ovvero un sistema e un metodo di verifica in grado di discernere, per ciascun impianto da verificare, se sono noti i dati relativi alla potenza dell'impianto e/o i dati relativi al consumo nelle fasce orarie, e selezionare il metodo di calcolo dello scostamento di conseguenza.

Perciò, l'ambito di protezione delle rivendicazioni non deve essere limitato dalle illustrazioni o dalle forme di realizzazione preferite illustrate nella descrizione sotto forma di esempi, ma piuttosto le rivendicazioni devono comprendere tutte le caratteristiche di novità brevettabile che risiedono nella presente invenzione, incluse tutte le caratteristiche che

sarebbero trattate come equivalenti dal tecnico del ramo.

RIVENDICAZIONI

1) Metodo per la verifica del funzionamento di uno o più impianti di illuminazione (60), ciascun impianto di illuminazione (60) comprendendo un interruttore crepuscolare (30) atto ad alimentare il circuito elettrico di detto impianto di illuminazione (60) e un contatore elettronico di energia (40), atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in un periodo temporale determinato e in una o più fasce orarie predeterminate configurate per coprire la totalità di detto periodo temporale determinato, detto metodo comprendendo i passi che consistono nel:

a) determinare (110, 210) un tempo totale atteso di funzionamento T_p di detto impianto di illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato, in base a informazioni relative a orari di albe e tramonti in detto periodo temporale determinato nel luogo di installazione di detto impianto di illuminazione (60);

b) determinare (130, 230), per ciascuna fascia oraria di dette una o più fasce orarie predeterminate, un consumo effettivo di detto

impianto di illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato in detta fascia oraria, in base a dette informazioni registrate da detto contatore elettronico di energia (40);

c) determinare (120, 240), per ciascuna fascia oraria di dette una o più fasce orarie predeterminate, un consumo ideale di detto impianto di illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato in detta fascia oraria, in base a detto tempo totale atteso di funzionamento TP determinato al punto a);

d) confrontare (140, 245) la somma dei consumi effettivi determinati al punto b) e la somma dei consumi ideali determinati al punto c); e

e) determinare (250, 260, 270, 280) condizioni di funzionamento di detto impianto di illuminazione (60) in base all'esito di detto confronto.

2) Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che:

- detto contatore elettronico di energia (40) è atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in una singola fascia oraria predeterminata; e

- detto passo c) di determinare (120) detto consumo ideale in detta singola fascia oraria in detto periodo di tempo predeterminato è condotto in base a informazioni relative alla potenza attiva P_I di detto impianto di illuminazione (60).

3) Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui detto passo c) di determinare (120) detto consumo ideale in detta singola fascia oraria in detto periodo temporale determinato comprende calcolare detto consumo ideale secondo la formula: $E_{ideale} = P_I * T_p$.

4) Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che:

- detto contatore elettronico di energia (40) è atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in una pluralità di fasce orarie predeterminate;

- detto passo c) di determinare (240) detta pluralità di consumi ideali in detta pluralità di fasce orarie in detto periodo temporale determinato è condotto in base a informazioni relative a detta pluralità di consumi effettivi determinati al passo b).

5) Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui detto passo c) di determinare (240) detto consumo ideale $E_{idealeFi}$ per ciascuna fascia oraria F_i di detta pluralità di fasce orarie in detto periodo temporale determinato comprende i passi che consistono nel:

c1) calcolare (220), per ciascuna fascia oraria F_i di detta pluralità di fasce orarie, la distribuzione percentuale $T_{\%Fi}$ del tempo di funzionamento di detto impianto di illuminazione (60) in detta fascia oraria e in detto periodo temporale determinato, in base a detto tempo totale atteso di funzionamento T_p determinato al passo a) e a detto consumo effettivo $E_{effettivoFi}$ determinato al passo b) di detto impianto di illuminazione (60) in detta fascia oraria e in detto periodo temporale determinato;

c2) selezionare (240) una fascia oraria F_M di detta pluralità di fasce orarie e assumere $E_{ideale FM} = E_{effettivo FM}$; e

c3) calcolare (240) detto consumo ideale $E_{idealeFi}$ per ciascuna altra fascia oraria F_i in base a detto consumo effettivo in detta fascia oraria F_M e a dette distribuzioni percentuali $T_{\%Fi}$ e $T_{\%FM}$ determinate al

passo c1).

6) Metodo secondo la rivendicazione 5 in cui detta fascia oraria F_M selezionata al passo c2 è caratterizzata dal fatto che, in detto periodo temporale determinato e in detto luogo di installazione, il tempo atteso di funzionamento di detto impianto di illuminazione (60) in detta fascia oraria F_M coincide sostanzialmente con la durata temporale totale di detta fascia oraria F_M .

7) Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo d) di confrontare (140, 245) detta somma dei consumi effettivi determinati al punto b) e detta somma dei consumi ideali determinati al punto c) comprende calcolare la differenza tra la somma di detti consumi effettivi e la somma di detti consumi ideali.

8) Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui detto passo e) di determinare (250, 260, 270, 280) condizioni di funzionamento di detto impianto di illuminazione (60) in base all'esito di detto confronto, comprende i passi che consistono nel:

- determinare se detta differenza tra detta somma di detti consumi effettivi e detta somma di detti consumi ideali è nulla, positiva o negativa;

- se detta differenza è nulla, determinare che detto impianto di illuminazione (60) funziona correttamente;
- se detta differenza è positiva, determinare che detto interruttore crepuscolare (30) è guasto; e
- se detta differenza è negativa, determinare che detto interruttore crepuscolare (30) o detto impianto di illuminazione è guasto.

9) Sistema per la verifica del funzionamento di uno o più impianti di illuminazione (60), ciascun impianto di illuminazione (60) comprendendo un interruttore crepuscolare (30) atto ad alimentare il circuito elettrico di detto impianto di illuminazione (60) e un contatore elettronico di energia (40), atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in un periodo temporale determinato e in una o più fasce orarie predeterminate configurate per coprire la totalità di detto periodo temporale determinato, detto sistema per la verifica comprendendo:

mezzi di elaborazione (10), configurati per:

- a) determinare (110, 210) un tempo totale atteso di funzionamento TP di detto impianto di

illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato, in base a informazioni relative a orari di albe e tramonti in detto periodo temporale determinato nel luogo di installazione di detto impianto di illuminazione (60);

b) determinare (130, 230), per ciascuna fascia oraria di dette una o più fasce orarie predeterminate, un consumo effettivo di detto impianto di illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato in detta fascia oraria, in base a dette informazioni registrate da detto contatore elettronico di energia (40);

c) determinare (120, 240), per ciascuna fascia oraria di dette una o più fasce orarie predeterminate, un consumo ideale di detto impianto di illuminazione (60) in detto periodo temporale determinato in detta fascia oraria, in base a detto tempo totale atteso di funzionamento determinato al punto a);

d) confrontare (140, 245) la somma dei consumi effettivi determinati al punto b) e la somma dei consumi ideali determinati al punto c); e

e) determinare (250, 260, 270, 280) condizioni di funzionamento di detto impianto di illuminazione

(60) in base all'esito di detto confronto.

10) Sistema secondo la rivendicazione 9, comprendente inoltre mezzi di archiviazione (20), atti a memorizzare dette informazioni relative a orari di albe e tramonti in detto periodo temporale determinato nel luogo di installazione di detto impianto di illuminazione (60) e dette informazioni registrate da detto contatore elettronico di energia (40).

11) Sistema secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che:

detto contatore elettronico di energia (40) è atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in una singola fascia oraria predeterminata; e detti mezzi di archiviazione (20) sono atti a memorizzare informazioni relative alla potenza attiva P_1 di detto impianto di illuminazione (60).

12) Sistema secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che:

detto contatore elettronico di energia (40) è atto a registrare informazioni relative all'energia consumata da detto impianto di illuminazione (60) in una pluralità di fasce orarie predeterminate;

detti mezzi di elaborazione (10) sono configurati per determinare detta pluralità di consumi ideali in detta pluralità di fasce orarie in detto periodo temporale predeterminato in base a informazioni relative a detta pluralità di consumi effettivi.

CLAIMS

1. A method for verifying the operation of one or more lighting systems (60), each lighting system (60) comprising a twilight switch (30) adapted to supply power to the electric circuit of said lighting system (60) and an electronic power meter (40) adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a specific time period and in one or more preset time bands, configured to cover all of said specific time period, said method comprising the steps of:

a) determining (110, 210) an expected total operating time TP of said lighting system (60) in said specific time period, on the basis of information related to the times of sunrises and sunsets in said specific time period in the installation location of said lighting system (60);

b) determining (130, 230), for each time band of said one or more preset time bands, an actual consumption of said lighting system (60) in said specific time period in said time band, on the basis of said information recorded by said

electronic power meter (40);

c) determining (120, 140), for each time band of said one or more preset time bands, an ideal consumption of said lighting system (60) in said specific time period in said time band, on the basis of said expected total operating time TP determined in step a);

d) comparing (140, 245) the sum of the actual consumptions determined in step b) and the sum of the ideal consumptions determined in step c); and

e) determining (250, 260, 270, 280) operating conditions of said lighting system (60) on the basis of the outcome of said comparison.

2. The method according to claim 1, characterized in that:

- said electronic power meter (40) is adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a single preset time band; and

- said step c) of determining (120) said ideal consumption in said single time band in said preset time period is performed on the basis of information related to the active power PI of said lighting system (60).

3. The method according to claim 2, wherein said step c) of determining (120) said ideal consumption in said single time band in said specific time period comprises calculating said ideal consumption according to the formula $E_{ideale} = PI * TP$.

4. The method according to claim 1, characterized in that:

- said electronic power meter (40) is adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a plurality of preset time bands;
- said step c) of determining (240) said plurality of ideal consumptions in said plurality of time bands in said specific time period is performed on the basis of information related to said plurality of actual consumptions determined in step b).

5. The method according to claim 4, wherein said step c) of determining (240) said ideal consumption $E_{idealeFi}$ for each time band FI of said plurality of time bands in said specific time period comprises the steps of:

- c1) calculating (220), for each time band FI of said plurality of time bands, the percentage

distribution T_{FI} of the operating time of said lighting system (60) in said time band and in said specific time period, on the basis of said total expected operating time TP determined in step a) and said actual consumption $E_{effettivoFi}$ determined in step b) of said lighting system (60) in said time band and in said specific time period;

c2) selecting (242) a time band FM of said plurality of time bands and assuming $E_{ideale FM} = E_{effettivo FM}$; and

c3) calculating (240) said ideal consumption $E_{idealeFi}$ for every other time band Fi on the basis of said actual consumption in said time band FM and said percentage distributions T_{FI} and T_{FM} determined in step c1).

6. The method according to claim 5, wherein said time band FM selected in step c2 is characterized in that in said specific time period and in said installation location the expected operating time of said lighting system (60) in said time band FM substantially coincides with the total duration of said time band FM.

7. The method according to one or more of the preceding claims, when in said step d) of

comparing (140, 245) said sum of the actual consumptions determined in step b) and said sum of the ideal consumptions determined in step c) comprises calculating the difference between the sum of said actual consumptions and the sum of said ideal consumptions.

8. The method according to claim 7, wherein said step e) of determining (250, 260, 270, 280) operating conditions of said lighting system (60) on the basis of the outcome of said comparison comprises the steps of:

- determining whether said difference between said sum of said actual consumptions and said sum of said ideal consumptions is nil, positive or negative;
- if said difference is nil, determining that said lighting system (60) is operating correctly;
- if said difference is positive, determining that said twilight switch (30) is malfunctioning; and
- if said difference is negative, determining that said twilight switch (30) or said lighting system is malfunctioning.

9. A system for verifying the operation of one or more lighting systems (60), each lighting

system (60) comprising a twilight switch (30) adapted to supply power to the electric circuit of said lighting system (60) and an electronic power meter (40) adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a specific time period and in one or more preset time bands configured to cover all of said specific time period, said verification system comprising:

processing means (10) configured to:

- a) determine (110, 210) an expected total operating time TP of said lighting system (60) in said specific time period, on the basis of information related to the times of sunrises and sunsets in said specific time period in the installation location of said lighting system (60);
- b) determine (130, 230), for each time band of said one or more preset time bands, an actual consumption of said lighting system (60) in said specific time period in said time band, on the basis of said information recorded by said electronic power meter (40);
- c) determining (120, 140), for each time band of

said one or more preset time bands, an ideal consumption of said lighting system (60) in said specific time period in said time band, on the basis of said expected total operating time determined in step a);

d) compare (140, 245) the sum of the actual consumptions determined in step b) and the sum of the ideal consumptions determined in step c); and

e) determine (250, 260, 270, 280) operating conditions of said lighting system (60) on the basis of the outcome of said comparison.

10. The system according to claim 9, furthermore comprising storage means (20), which are adapted to store said information related to times of sunrises and sunsets in said specific time period in the installation location of said lighting system (60) and said information recorded by said electronic power meter (40).

11. The system according to claim 10, characterized in that:

said electronic power meter (40) is adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a single preset time band; and

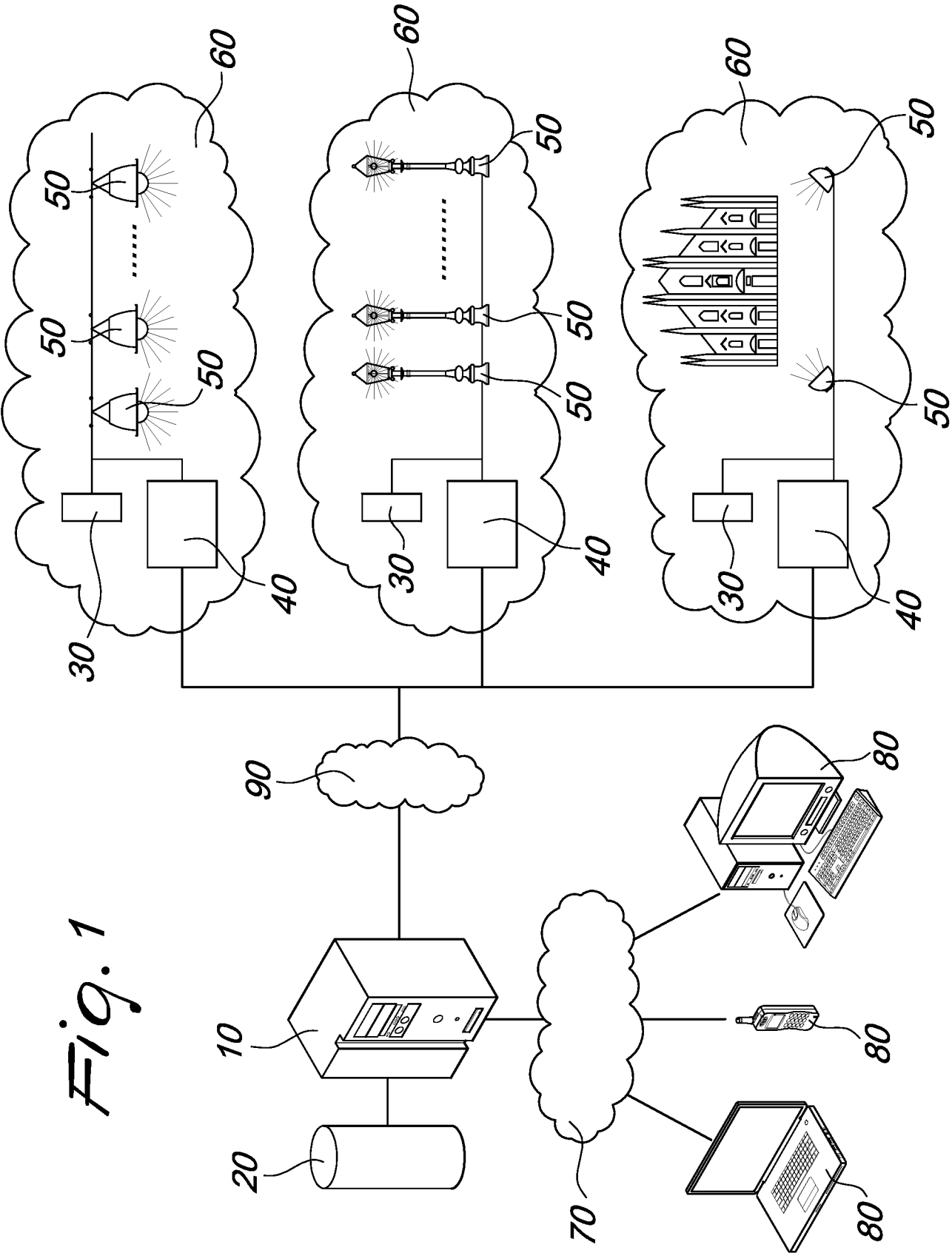
said storage means (20) are adapted to store information related to the active power PI of said lighting system (60).

12. The system according to claim 10, characterized in that:

said electronic power meter (40) is adapted to record information related to the power consumed by said lighting system (60) in a plurality of preset time bands;

said processing means (10) are configured to determine said plurality of ideal consumptions in said plurality of time bands in said preset time period on the basis of information related to said plurality of actual consumptions.

Fig. 1



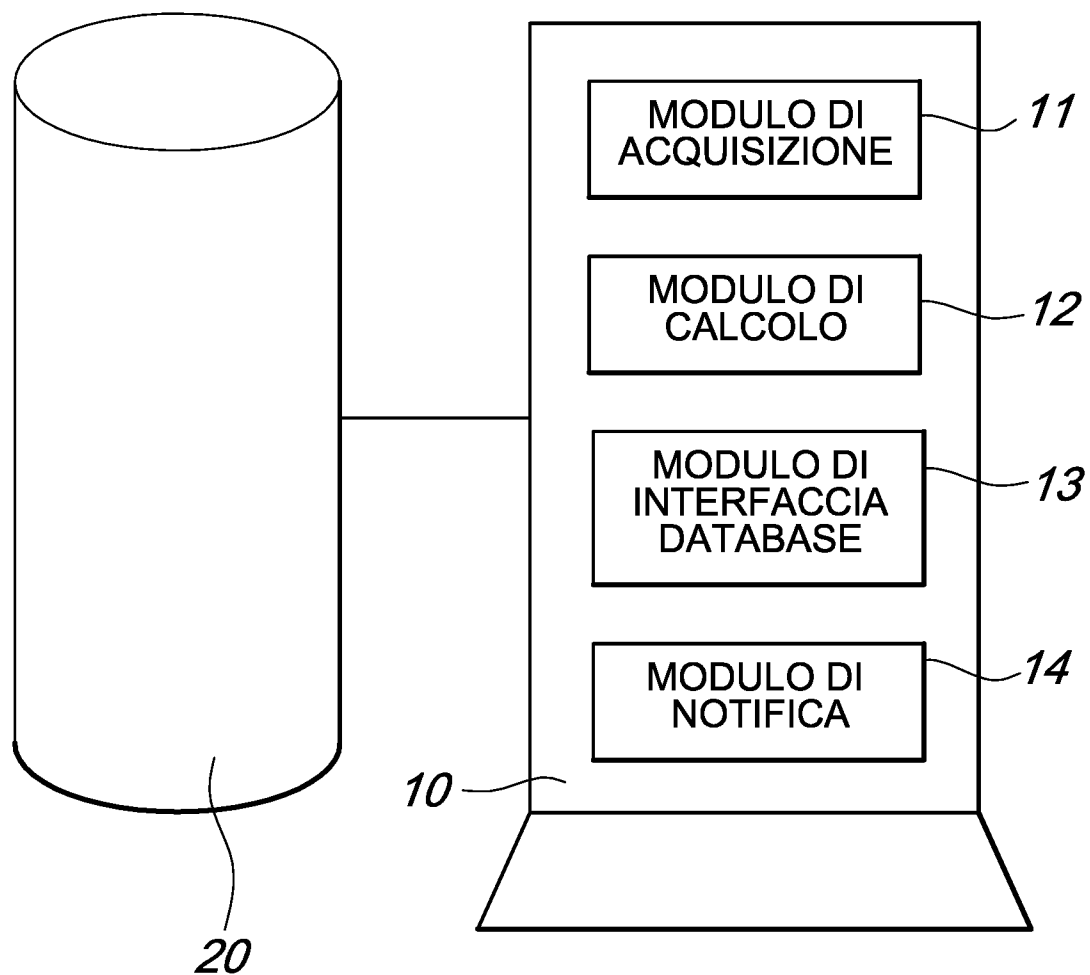
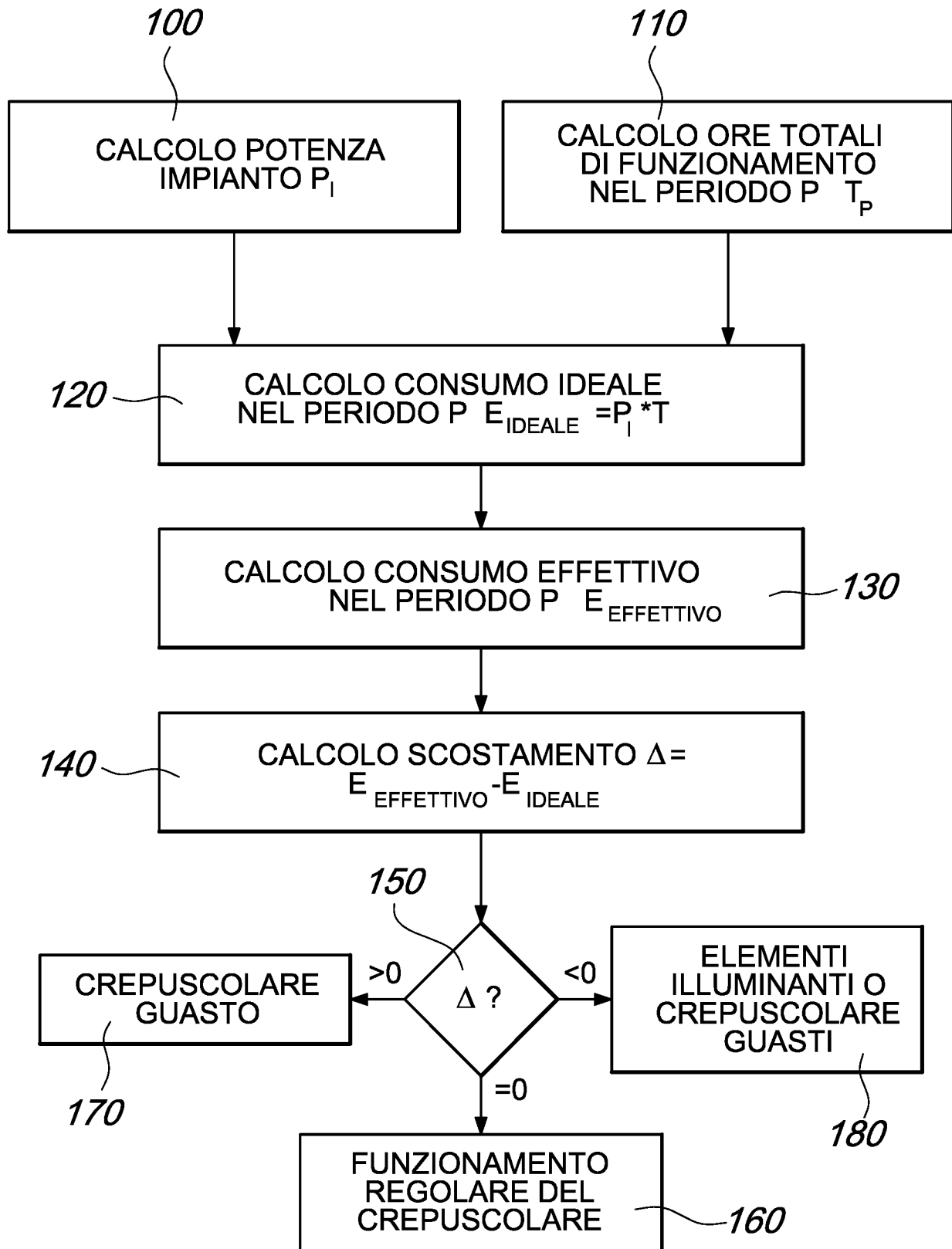


Fig. 2

*Fig. 3*

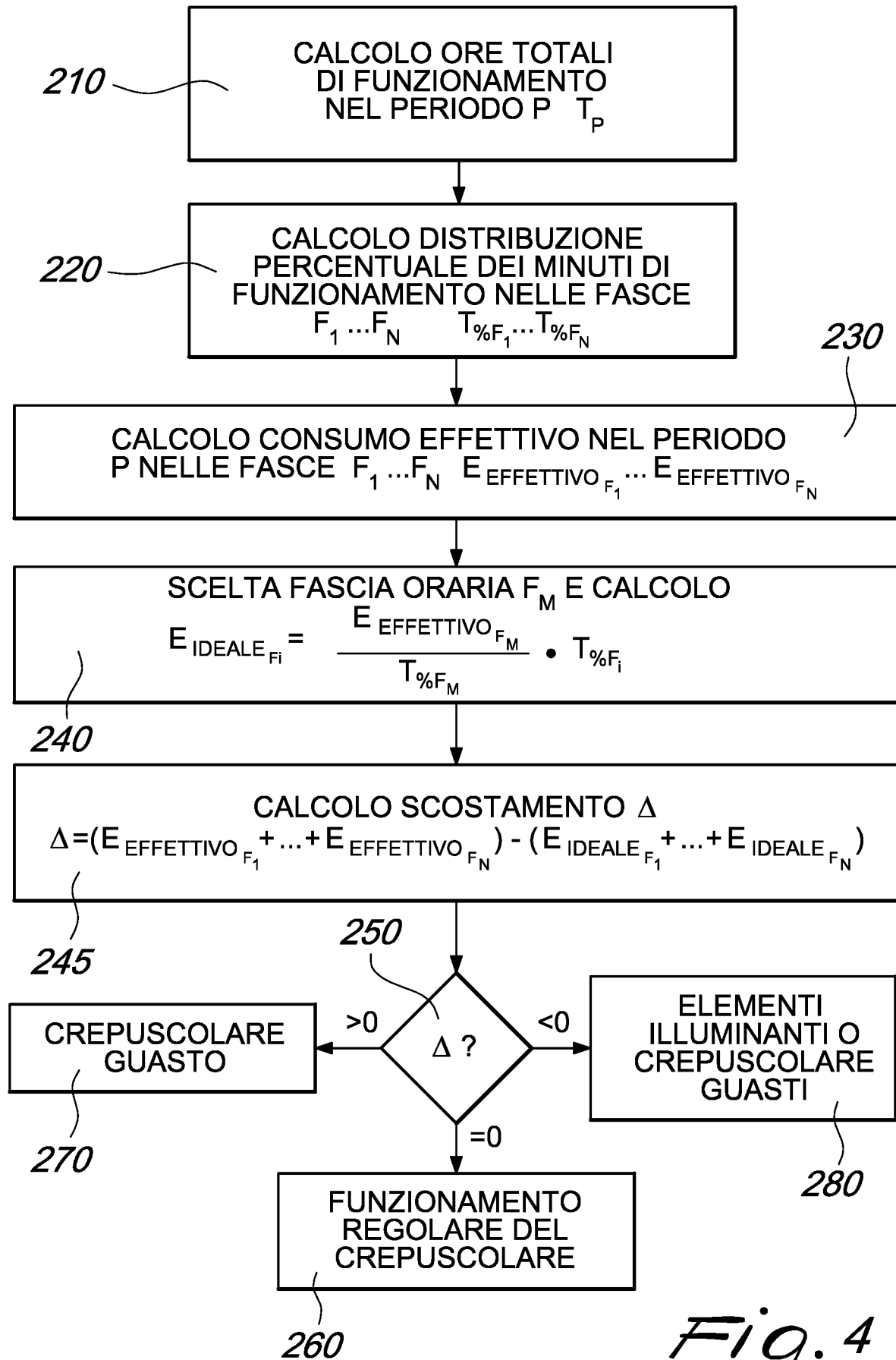


Fig. 4