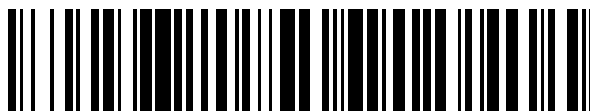


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 591**

51 Int. Cl.:

H05B 37/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2011 E 11710563 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2534930**

54 Título: **Control de nivel de luz para la iluminación de edificios**

30 Prioridad:

11.02.2010 US 303473 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.09.2016

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 45
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

BIRRU, DAGNACHEW

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 582 591 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de nivel de luz para la iluminación de edificios

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a la iluminación de al menos una parte de un edificio. En particular, se refiere a un control del nivel de luz de al menos una parte de un edificio mediante el control de luces eléctricas y tratamiento de ventana.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los edificios modernos a menudo están equipados con tratamiento de ventana controlable, tal como cortinas o persianas motorizadas, para controlar la cantidad de luz solar que entra en el edificio a través de aberturas, típicamente, a través de ventanas. Por otra parte, los edificios modernos a menudo están también equipados con luces eléctricas controlables que permiten controlar el nivel de luz de luminarias eléctricas individuales o en grupos. El control del nivel de luz se consigue normalmente mediante atenuadores. En general, es beneficioso usar la luz natural tanto como sea posible. Para los ocupantes del edificio, la iluminación de la luz natural provoca normalmente un mayor bienestar. Desde una perspectiva ambiental y de coste, el uso óptimo de la luz natural para iluminar el interior de un edificio puede reducir el consumo de energía del edificio debido a los requisitos de iluminación eléctrica reducidos. Por otra parte, el control óptimo puede dar lugar además a la reducción de los requisitos de calefacción y refrigeración. En muchas situaciones, el tratamiento de ventana y las luces eléctricas se controlan manualmente y/o independientemente entre sí, lo que lleva a un uso no óptimo de la luz natural.

15

20

25

La patente estadounidense nº 7.566.137 divulga un sistema de mantenimiento de la iluminación para el mantenimiento de un perfil de iluminación deseado en un espacio del edificio, donde el espacio del edificio se puede iluminar tanto por la luz natural como mediante luz eléctrica. El sistema comprende un sensor para detectar un nivel de iluminación del espacio, una pluralidad de lámparas eléctricas que se pueden atenuar para complementar la iluminación del espacio y un sistema de control para controlar los niveles de atenuación de las lámparas eléctricas. El sistema de control ajusta el nivel de atenuación hacia un preajuste que dará lugar a un perfil de iluminación deseado en el espacio. Se divulgan modos de realización que también implementan un tratamiento de ventana controlable para alterar selectivamente la cantidad de luz natural que entra en el espacio. La patente estadounidense nº 5.237.169 divulga un dispositivo para controlar el nivel de iluminación de locales que tienen iluminación artificial y medios de enmascarado.

30

35

No obstante, existe todavía una necesidad en la técnica para mejoras.

SUMARIO DE LA INVENCION

40

Los sistemas de iluminación de edificios de la técnica anterior operan secuencialmente. En la operación secuencial, la cantidad de luz natural se ajusta primero mediante la operación del tratamiento de ventana, después de lo cual se ajusta la luz eléctrica para satisfacer con un punto de ajuste de nivel de iluminación determinado. Tales sistemas se encuentran a menudo insatisfactorios por parte del usuario, ya que la operación secuencial es lenta y el tiempo de espera se puede encontrar intolerable. Si el usuario no está satisfecho con el control automático del nivel de la luz, hay un alto riesgo de que el usuario vuelva al control manual, que perjudica el ahorro en el consumo de energía obtenido del control automático.

45

50

Sería ventajoso lograr un sistema de control para controlar el nivel de luz del interior de al menos una parte de un edificio, que sea capaz de un ajuste rápido del nivel de iluminación del interior de al menos una parte de un edificio. También sería deseable lograr un sistema de control totalmente integrado y automatizado que sea percibido por el usuario como un sistema fácil de usar que ayude a proporcionar un entorno que sea agradable para estar. Además, sería deseable conseguir un sistema de control totalmente integrado y automatizado que apoye para satisfacer los requisitos de punto de ajuste de usuario de una forma eficiente energéticamente. En general, la invención busca preferiblemente mitigar, aliviar o eliminar una o más de las desventajas anteriormente mencionadas individualmente o en cualquier combinación. En particular, puede verse como un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de control que resuelva los problemas antes mencionados, u otros problemas, de la técnica anterior.

55

60

Para responder mejor a una o más de estas preocupaciones, un sistema de control se presenta en un primer aspecto de la invención. El sistema de control controla el nivel de luz del interior de al menos una parte de un edificio, la al menos parte del edificio se ilumina tanto por la luz natural a través de una o más porciones transparentes como por la luz generada a través de una o varias luces eléctricas; estando el sistema de control conectado operativamente a:

65

- al menos un sensor interior para detectar un nivel de iluminación interior;
- al menos un controlador de luz eléctrica para controlar el nivel de luz de la una o más luces eléctricas;

- al menos un controlador de tratamiento de ventana para controlar el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes; y

5 - una unidad de procesamiento para la manipulación de puntos de ajuste de control, estando conectada operativamente la unidad de procesamiento al por lo menos un sensor interior; en el que la unidad de procesamiento determina una diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, y en el que el nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se controlan en paralelo operando el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana para, en base a la diferencia
10 entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, controlar el nivel de luz del interior de al menos la parte del edificio.

15 Al proporcionar un sistema de control que permite la operación en paralelo del al menos un controlador de luz eléctrica y del al menos un controlador de tratamiento de ventana, se puede proporcionar un sistema rápido, ya que por lo menos la luz eléctrica se puede ajustar rápidamente para satisfacer los puntos de ajuste instantáneamente o de manera sustancialmente instantánea. En particular, en una situación donde la operación del tratamiento de ventana tarda más tiempo, las luces eléctricas pueden ser operadas para acomodar el tratamiento de ventana, de manera que el usuario experimenta que se obtiene la reducción de la diferencia en un tiempo corto.

20 Al operar el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana en base a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior, el sistema opera basándose en el nivel de luz real del entorno en el que está colocado el usuario. El nivel de luz real del entorno suele ser de suma importancia en relación a si el entorno se experimenta como agradable o no para situarse en el mismo. Las estancias prolongadas en un entorno con un nivel de luz que se percibe como no óptimo conducen típicamente
25 a insatisfacción. Al basar el control de la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior, el sistema opera en el nivel de luz real experimentado por el usuario y el sistema actual es menos propenso a la insatisfacción de los usuarios y es menos probable que el usuario cambie a control manual.

30 El al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana están conectados operativamente de modo que el al menos un controlador de luz eléctrica recibe información operativa desde el al menos un controlador de tratamiento de ventana, y/o viceversa; y en el que el al menos un controlador de luz eléctrica es operado en base a la información recibida del al menos un controlador de tratamiento de ventana, y/o el al menos un controlador de tratamiento de ventana se opera en base a la información recibida desde el al menos un controlador de luz eléctrica. Al compartir información operativa entre ambos tipos de controladores, puede
35 proporcionarse un sistema totalmente integrado, donde la información ya disponible en una subunidad puede ser utilizada en otra subunidad, proporcionando de este modo un sistema que soporta un control detallado. La información operativa puede ser información tal como el nivel de atenuación de las luminarias y la fracción de luz admitida a través del tratamiento de ventana.

40 En una realización ventajosa, el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana se operan para reducir la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior. Al basar el control en la reducción de esta diferencia, puede utilizarse una operación integral que adapta de manera rápida y robusta el nivel de luz real al nivel de luz del punto de ajuste.

45 En una realización ventajosa, el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana se operan con una salida que es proporcional a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior. Al basar el control sobre la operación proporcional, el nivel de luz puede adaptarse rápidamente el nivel de luz real al nivel de luz del punto de ajuste.

50 En una realización ventajosa, la operación en paralelo del al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana comprende la operación del al menos un controlador de tratamiento de ventana hacia un nivel de admisión definido por los puntos de ajuste de control y la operación del al menos un controlador de luz eléctrica para reducir la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior. El tratamiento de ventana funciona con constantes de tiempo más largas que las luces
55 eléctricas. En situaciones donde se desea un nivel de admisión específico del tratamiento de ventana, tal como en conexiones con problemas de deslumbramiento, ya sea directamente desde el sol o de reflejos de la luz solar, el usuario puede operar el tratamiento de ventana a una posición deseada, mientras que todavía mantiene un nivel de luz sustancialmente constante.

60 Es una ventaja de los modos de realización de la presente invención que el sistema de control es compatible para operar las luces eléctricas y el tratamiento de ventana en base a criterios adicionales. En un modo de realización ventajoso, este criterio adicional se basa en la operación de las luces eléctricas de una manera eficiente energéticamente. En un modo de realización, esto se consigue haciendo que la unidad de procesamiento determine además una medida del consumo de energía de las luces eléctricas, y en el que el nivel de luz de la una o más luces
65 eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se

controlan mediante la reducción de la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior y reduciendo el consumo de energía de las luces eléctricas.

5 Es una ventaja de la presente invención que soporta una operación descentralizada así como centralizada. Hay ventajas y desventajas en ambos tipos de operación, que pueden depender de cada situación de uso. Los modos de realización de la presente invención no se limitan a ninguno de los mismos, proporcionando de esta manera un sistema versátil que puede ser utilizado en conexión con un gran número de sistemas de operación de edificios en general.

10 En modos de realización ventajosos de la presente invención, los controladores de luz eléctrica y los controladores de tratamiento de ventana están conectados de manera comunicativa mediante un enlace de comunicación. En principio, cualquier enlace de comunicación adecuado puede ser utilizado, tal como una conexión local dedicada, o una red troncal tal como la red de empresa para datos y/o controles de edificios. Es una ventaja de la presente invención que no es dependiente de la implementación específica de una comunicación dada, lo cual lo hace un sistema versátil.

15 En modos de realización ventajosos de la presente invención, la operación del sistema se basa además en la entrada desde al menos un sensor exterior para la detección de un nivel de luz natural, se puede proporcionar incluso un mejor control del nivel de luz. En un modo de realización ventajoso, la luz natural disponible se utiliza para controlar el tratamiento de ventana. En otros modos de realización ventajosos, la lectura del sensor exterior se puede utilizar para implementar la detección de deslumbramiento, que a su vez puede ser usada para controlar automáticamente el tratamiento de ventana para evitar efectos de deslumbramiento, que son muy molestos para el usuario del edificio. La referencia al sensor como sensor exterior no implica que el sensor se coloque en una posición exterior, ya que el sensor puede colocarse dentro o fuera, dependiendo de las implementaciones específicas, siempre que el sensor pueda detectar un nivel de luz exterior, que es el nivel de luz natural.

20 En modos de realización ventajosos de la presente invención, la operación del sistema se basa además en el uso de sensores de presencia para detectar la presencia de una persona en la sala, el sistema de iluminación puede operarse de acuerdo con las reglas que definen los ajustes operativos, dependiendo de si hay una persona en la habitación o no. Tales reglas pueden ser de forma sencilla un ajuste horario que define un período desde que el último ocupante ha salido de una habitación hasta que la luz se apaga. Esto puede reducir al mínimo el consumo de energía eléctrica, ya que la luz puede apagarse si no hay nadie en la habitación.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se presenta un sistema de iluminación. El sistema de iluminación comprende:

- 35 - al menos un sensor interior para detectar un nivel de iluminación interior;
- al menos un controlador de luz eléctrica para controlar el nivel de luz de la una o más luces eléctricas;
- 40 - al menos un controlador de tratamiento de ventana para controlar el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes;
- 45 - una unidad de procesamiento para la manipulación de puntos de ajuste de control, comprendiendo los puntos de ajuste de control un punto de ajuste de nivel de luz interior, estando conectada operativamente la unidad de procesamiento a dicho menos un sensor interior; y
- una unidad de control para controlar el nivel de luz del interior de la al menos una parte del edificio;

50 en el que la unidad de control opera la unidad de procesamiento para determinar una diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, y en el que el nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se controlan en paralelo operando el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana para, en base a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, controlar el nivel de luz del interior de al menos la parte del edificio.

55 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se presenta un procedimiento de operación de un sistema de iluminación. El procedimiento comprende:

- 60 - recibir unos puntos de ajuste de control, comprendiendo los puntos de ajuste de control un punto de ajuste del nivel de luz interior;
- detectar un nivel de luz interior;
- 65 - controlar el nivel de luz de la una o más luces eléctricas; y

- controlar al menos un tratamiento de ventana para establecer un nivel de admisión de luz natural admitida a través de una o más porciones transparentes;

5 en el que el nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se controlan en paralelo operando la al menos una luz eléctrica y el al menos un tratamiento de ventana para, en base a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, controlar el nivel de luz del interior de al menos la parte del edificio.

10 El procedimiento puede implementarse ventajosamente en un producto de programa de ordenador que, cuando se ejecuta en un ordenador, controla un sistema de iluminación de acuerdo con el primer, segundo y/o tercer aspecto de la invención.

15 En general, los diversos aspectos de la invención se pueden combinar y acoplar de cualquier forma posible dentro del alcance de la invención. Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención serán evidentes a partir de y aclarados con referencia a los modos de realización descritos posteriormente en el presente documento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 Los modos de realización de la invención se describirán, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que:

La fig. 1 ilustra esquemáticamente un modo de realización de un sistema de iluminación para iluminar el interior de un edificio;

25 Las figs. 2A y 2B ilustran diagramas de bloques de dos modos de realización de la disposición de control general;

La fig. 3 ilustra un diagrama de flujo general simplificado que implementa un bucle de control realizado por el controlador del tratamiento de ventana;

30 Las figs. 4A y 4B ilustran diagramas de flujo simplificados generales que implementan bucles de control realizados por el controlador de luz eléctrica;

35 La fig. 5 ilustra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de control que implementa un algoritmo de control descentralizado;

La fig. 6 ilustra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de control que implementa un algoritmo de control centralizado;

40 Las figs. 7 a 9 ilustran unos gráficos que muestran los resultados simulados de sistemas de acuerdo con modos de realización de la presente invención; y

La fig. 10 ilustra un diagrama de flujo general para ilustrar etapas generales realizadas en conexión con modos de realización de la presente invención.

45 DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN

La fig. 1 ilustra esquemáticamente un modo de realización de un sistema de iluminación para iluminar el interior de un edificio 1, aquí ejemplificado por un plano de planta de una habitación. El sistema de iluminación comprende un sistema de control 2 conectado operativamente a unos sensores interiores 3 para detectar un nivel de luz interior, a unos controladores de luz eléctrica 4 para controlar el nivel de luz de una luz eléctrica a la que está conectado y controladores de tratamiento de ventana 5 para controlar un tratamiento de ventana 6 para ajustar el nivel de admisión de luz natural admitida a través de porciones transparentes, aquí en forma de dos ventanas 8. El tratamiento de ventana es típicamente en forma de cortinas o persianas. En un modo de realización, el sistema de control es en la forma de una unidad de control conectada operativamente a una unidad de procesamiento 7. El sistema comprende además un sensor exterior 9 para la detección de un nivel de luz natural. El sensor exterior 9 se ilustra para colocarse en el exterior del edificio. Sin embargo, el sensor también se puede colocar en el interior en una posición, tal como detrás del tratamiento de ventana, donde se puede detectar el nivel de luz exterior. La figura ilustra además un sensor de ocupación 10 para detectar la presencia de una persona en la habitación, y un enlace de comunicación 11. El sistema de control se ilustra como una única entidad. Sin embargo, se entenderá que se puede implementar en cualquier forma adecuada, típicamente como un sistema central o como un sistema distribuido. En un sistema distribuido, la unidad de procesamiento puede distribuirse sobre al menos uno o más controladores de luz eléctrica, uno o más controladores de tratamiento de ventana y una o más interfaces de usuario. La operación del sistema de control puede estar basada en la instrucción proporcionada por medio de un producto de programa de ordenador 12, tal como un código de ordenador, proporcionado en cualquier forma y mediante cualquier medio.

50

55

60

65

Debe entenderse que los detalles específicos de la fig. 1 se proporcionan por motivos ilustrativos. En general, el sistema de iluminación puede proporcionarse en conexión con cualquier tipo de edificio que comprende cualquier tipo de planta. El edificio se puede subdividir en porciones, tal como, por ejemplo, en zonas donde la luz eléctrica de una zona se controla de manera independiente. Por ejemplo, las cuatro luces eléctricas y los dos tratamientos de ventana pueden controlarse colectivamente, en base a una media del nivel de luz detectado por las dos lecturas de los sensores interiores. En general, un edificio se puede dividir en cualquier número de particiones donde el nivel de luz se controla colectivamente en base a la operación de cualquier número de tratamientos de ventana y cualquier número de luces eléctricas, en base a las lecturas del sensor de cualquier número de sensores interiores. Si se utiliza más de un sensor para controlar colectivamente un grupo de luces eléctricas, se puede generar una señal de sensor combinada. La señal del sensor combinada puede ser una señal de promedio, una señal ponderada, o cualquier otra señal adecuada. El número de luminarias y tratamientos de ventana dependerá de una aplicación particular.

Las figs. 2A y 2B ilustran diagramas de bloques de dos modos de realización de la disposición de control general. La fig. 2A ilustra un modo de realización que emplea un control descentralizado, mientras que la fig. 2B ilustra un modo de realización que emplea un control centralizado.

En la fig. 2, los valores o señales de entrada se reciben a partir de tres proveedores: valores de entrada derivados de valores de punto de ajuste 20, valor de entrada derivado de las lecturas del sensor desde un sensor interior 21 y valores de entrada derivados de las lecturas del sensor desde un sensor exterior 22. Los puntos de ajuste 20 pueden estar basados en una combinación de ajustes del usuario y ajustes de control más generales. Los sensores son típicamente en la forma de fotosensores capaces de detectar un nivel de iluminación. El nivel de iluminación se expresa generalmente como un nivel de lux dado. Sobre la base de la entrada, las luces eléctricas 23, 23' y el tratamiento de ventana 24, 24' se controlan mediante el uso de controladores, ya sea en forma de controladores dedicados 25, 26 o un controlador central común 27. En los modos de realización, los controladores de luz eléctrica controlan un nivel de atenuación de las luminarias, y el controlador de ventana controla un motor de tratamiento de ventana.

En el modo de realización ilustrado, el controlador de luz eléctrica y el controlador de tratamiento de ventana están conectados operativamente 28, 29, de manera que la información operativa puede compartirse, de modo que la luz eléctrica puede ser operada en base a la información recibida del tratamiento de ventana, y/o viceversa.

La fig. 3 ilustra un diagrama de flujo general simplificado que implementa un bucle de control realizado por el controlador de tratamiento de ventana en una situación en la que el controlador de la luz eléctrica comparte información operativa en la forma del estado del nivel de atenuación con el controlador de tratamiento de ventana, de manera que el tratamiento de ventana puede ser operado en dependencia de este estado.

En los diagramas de flujo de las figs. 3 y 4 "sí" se abrevia con una "y", y "no" se abrevia con una "n".

Un bucle abierto inicial está configurado para detectar si el sistema de tratamiento de ventana está:

30: configurado en modo automático.

En caso afirmativo,

31: detectar si el punto de ajuste no se satisface, o si el tratamiento de ventana no está completamente abierto y la luz eléctrica está encendida.

Si el tratamiento de ventana está totalmente abierto, el tratamiento de ventana no se puede utilizar para proporcionar más luz. Por lo tanto, si la respuesta a la condición anterior es no, el sistema es instruido para volver a detectar si el modo automático se configura 30 o no. Si la respuesta a la condición anterior (31) es sí, se realiza la siguiente secuencia de control:

32: Determinar si la luz eléctrica está apagada;

en caso afirmativo,

33: determinar si el nivel de luz en la habitación es mayor que el nivel objetivo definido por los puntos de ajuste. Es decir, se determina si la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior es positiva o negativa. Si el nivel de luz detectado es mayor que el nivel del punto de ajuste, entonces;

34: disminuir el nivel de admisión del tratamiento de ventana.

Si en 32 se determina que la luz eléctrica está encendida;

35: también se determina si el nivel de luz en la habitación es mayor que el nivel objetivo definido por los puntos de ajuste. Sin embargo, en este caso, si el nivel de luz es demasiado alto:

36: el nivel de admisión del tratamiento de ventana se disminuye lentamente; de otra manera:

37: el nivel de admisión del tratamiento de ventana se aumenta.

La fig. 4A ilustra un diagrama de flujo general simplificado que implementa un bucle de control realizado por el controlador de luz eléctrica en una situación en la que el controlador de luz eléctrica no recibe información sobre el estado del controlador de tratamiento de ventana.

Un bucle abierto inicial está configurado para detectar si el control de luz eléctrica es:

40: configurar en modo automático.

En caso afirmativo,

41: detectar si no se cumple el punto de ajuste.

Si la respuesta a la condición anterior (41) es sí, se realiza la siguiente secuencia de control:

42: determinar si el nivel de luz en la habitación es mayor que el nivel objetivo definido por los puntos de ajuste. Es decir, se determina si la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior es positiva o negativa. Si el nivel de luz detectado es mayor que el nivel del punto de ajuste, entonces:

43: disminuir el nivel de luz eléctrica generada, por ejemplo, aumentando el nivel de atenuación.

Sin embargo, si el nivel de luz detectado no es mayor que el nivel de punto de ajuste, entonces:

44: aumentar el nivel de luz eléctrica generada, por ejemplo, disminuyendo el nivel de atenuación.

La fig. 4B ilustra un diagrama de flujo general simplificado que implementa un bucle de control realizado por el controlador de luz eléctrica en una situación en la que el controlador de luz eléctrica recibe información sobre el estado del controlador de tratamiento de ventana, de modo que las luces eléctricas se pueden operar en dependencia de este estado. Un bucle abierto inicial está configurado para detectar si el sistema de luz eléctrica es:

400: configurar en modo automático.

En caso afirmativo,

401: detectar si el punto de ajuste no se cumple, o si el tratamiento de ventana no está completamente abierto y la luz eléctrica está encendida.

Si la respuesta a la condición anterior (401) es sí, se realiza la siguiente secuencia de control:

402: Determinar si el tratamiento de ventana está en el nivel de admisión máximo;

en caso afirmativo,

403: determinar si el nivel de luz en la habitación es mayor que el nivel objetivo definido por los puntos de ajuste. Es decir, se determina si la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior es positiva o negativa. Si el nivel de luz detectado es mayor que el nivel del punto de ajuste, entonces;

404: disminuir el nivel de luz eléctrica, por ejemplo, mediante el aumento de la atenuación.

Si en 402 se determina que el tratamiento de ventana no está en el nivel de admisión máximo;

405: también se determina si el nivel de luz en la habitación es mayor que el nivel objetivo definido por los puntos de ajuste. Sin embargo,

en este caso, si el nivel de luz es demasiado alto:

406: el nivel de luz eléctrica se incrementa, por ejemplo, mediante la disminución de la atenuación; de otra manera:

407: el nivel de luz eléctrica se incrementa lentamente, por ejemplo, mediante la disminución de la atenuación lentamente.

En lo que sigue se divulgan en más detalle dos modos de realización, donde el sistema de control se implementa mediante la definición de una función de coste que minimiza la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y un punto de ajuste del nivel de luz interior. En los ejemplos siguientes, la función de coste comprende, además de la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y un punto de ajuste del nivel de luz interior, también una contribución del consumo de energía de las luces eléctricas, de modo que las luces eléctricas y el tratamiento de ventana se controlan, reduciendo tanto la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior como reduciendo el consumo de energía de las luces eléctricas.

El controlador de luz eléctrica y el controlador de tratamiento de ventana pueden implementarse en modos de realización para controlar de forma adaptativa el nivel de luz, basado en un algoritmo de gradiente, lo que minimiza una función de coste. La función de coste puede construirse para comprender una contribución de la diferencia de nivel de luz, y a partir del consumo de energía. La diferencia de nivel de luz es referida en lo sucesivo también como el error de iluminación. Las siguientes Ec. 1 y Ec. 2 reducen adaptativamente tanto el error de iluminación como el consumo de energía:

$$x(n) = x(n-1) - \mu_1 \frac{\partial \|e(n)\|^2}{\partial x} - \mu_2 \frac{\partial \|E(n)\|^2}{\partial x}, \text{ Ec.1}$$

$$w(n) = w(n-1) - \mu_3 \frac{\partial \|e(n)\|^2}{\partial w} - \mu_4 \frac{\partial \|E(n)\|^2}{\partial w}, \text{ Ec. 2}$$

donde $x(n)$ y $w(n)$ representan el ajuste de luz eléctrica y el ajuste de tratamiento de ventana, respectivamente. El parámetro n representa el tiempo de muestra. En la situación análoga, n se intercambiaría con el tiempo t . La función $e(n)$ indica la diferencia entre el punto de ajuste de usuario y el nivel de luz interior medido, $e(n)$ es, por lo tanto, el error de iluminación. La función $E(n)$ representa el consumo de energía. Las μ son constantes positivas que definen los tamaños de paso de adaptación. Así, las ecuaciones definen las cantidades mediante las que se ajustarán las luces eléctricas y el tratamiento de ventana para cada ciclo de control adaptativo.

El error de iluminación se puede describir adicionalmente como:

$$e(n) = y(n) - u$$

donde u define el punto de ajuste de usuario deseado y $y(n)$ es la lectura del sensor de iluminación interior. La luz interior se puede describir como:

$$y(n) = dl(n)w(n) + x(n)$$

donde $dl(n)$ es el nivel de luz natural disponible como se determina a partir de la lectura del sensor de luz exterior. El consumo de energía de las luces eléctricas se puede configurar para ser proporcional con $x(n)$, esto conduce a:

$$E(n) \propto x(n) \propto y(n) - dl(n)w(n)$$

Usando las relaciones anteriores, la Ec. 1 y la Ec. 2 se pueden simplificar en la Ec. 3 y la Ec. 4:

$$x(n) = x(n-1) - \mu_1 e(n) - \mu_2 x(n), \text{ Ec. 3}$$

$$w(n) = w(n-1) - \mu_3 e(n)dl(n) + \mu_4 x(n), \text{ Ec. 4}$$

La presencia de $x(n)$ y $w(n)$ en ambas ecuaciones asegura que el control de la luz eléctrica y el tratamiento de ventana se integran entre sí. Por otra parte, un algoritmo de control que implementa la anterior Ec. 3 y la Ec. 4 permite la operación en paralelo sin la necesidad de una operación secuencial, incluso a pesar de que las constantes de tiempo para la luz eléctrica y para el tratamiento de ventana serán diferentes. El sistema adaptativo paralelo seguirá operando correctamente debido a la verdadera operación en paralelo.

Un algoritmo de control basado en la Ec. 1 y la Ec. 2 (o Ec. 3 y la Ec. 4) equilibra la reducción del consumo de energía y satisface los puntos de ajuste de usuario. Esto puede dar lugar a que el punto de ajuste de usuario no siempre pueda satisfacerse completamente para ahorrar energía. Esta situación es cuando la luz natural es insuficiente para satisfacer el requisito de nivel de luz y, por lo tanto, la luz eléctrica debe incrementarse notablemente. En este caso, el sistema de control puede ajustar el nivel de luz a un nivel bajo para ahorrar energía. Esto no siempre es aceptable para un usuario. En otro modo de realización, como se describe a continuación sobre la base de la Ec. 5 y la Ec. 6 como se define más adelante, satisfacer los puntos de ajuste de usuario tiene prioridad, pero el consumo de energía se reduce aún más. En un modo de realización, esto se puede conseguir reduciendo adaptativamente el error de iluminación y el consumo de energía como sigue:

$$x(n) = x(n-1) - \mu_1 \frac{\partial \|e(n)\|^2}{\partial x}, \text{ Ec. 5}$$

$$w(n) = w(n-1) - \mu_3 \frac{\partial \|e(n)\|^2}{\partial w} - \mu_4 \frac{\partial \|E(n)\|^2}{\partial w}, \text{ Ec. 6}$$

que, de una manera similar como en conexión con la Ec. 1 y la Ec. 2, es posible simplificar la Ec. 7 y la Ec. 8:

$$x(n) = x(n-1) - \mu_1 e(n), \text{ Ec. 7}$$

$$w(n) = w(n-1) - \mu_3 e(n)dl(n) + \mu_4 x(n), \text{ Ec. 8}$$

Con estas ecuaciones de control, el controlador de iluminación simplemente intenta satisfacer los puntos de ajuste de usuario (es decir, reducir el error de iluminación), sin embargo, el controlador de ventana intenta reducir ambos, es decir, reducir el error de iluminación y *forzar* la luz eléctrica para ahorrar energía al admitir tanta luz como sea posible a través de las ventanas, de modo que las luces eléctricas se atenuarán en consecuencia.

En un sistema de iluminación dado, un número de diferentes algoritmos de control se puede seleccionar a través de una interfaz de usuario, de modo que el responsable del sistema de iluminación puede seleccionar o bien controlar todo el sistema de iluminación basado en un algoritmo común o secciones del edificio pueden controlarse sobre la base de diferentes algoritmos.

En otros modos de realización, el algoritmo de control puede estar basado en un control proporcional, donde las salidas del controlador de luz eléctrica y el controlador de tratamiento de ventana son proporcionales a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, que es proporcional a la función de error de iluminación $e(n)$.

La fig. 5 ilustra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de control que implementa un algoritmo de control basado en la Ec. 7 y la Ec. 8 en el modo de realización de la fig. 2A, es decir, en un sistema de control descentralizado. Por lo tanto, cada una de, o un grupo de, las luces eléctricas y cada uno de, o un grupo de, los tratamientos de ventana, están controlados por un controlador descentralizado. En el modo de realización ilustrado, cada controlador de luz eléctrica y cada controlador de ventana comprenden su propio controlador.

Un usuario, típicamente mediante el uso de una interfaz de usuario, tal como un control remoto, un ordenador o una interfaz montada en la pared, establece un nivel de luz requerido, u , 50, por ejemplo, mediante el establecimiento de un punto de ajuste a un valor de lux deseado. El punto de ajuste de usuario se introduce en el controlador de luz 51 y en el controlador de tratamiento de ventana 52. Además, también la lectura del sensor desde el sensor de luz interior 53 se introduce en los dos controladores. El controlador de luz eléctrica 51 determina el error de iluminación, e , en una primera etapa de procesamiento 54, y el error de iluminación se utiliza posteriormente para determinar la variable de control de la luz eléctrica (por ejemplo, un valor que representa el nivel de atenuación) $x(n)$ a una etapa de procesamiento 55 siguiente mediante el uso de la Ec. 7. $x(n)$ se emite a la luz eléctrica 56 para establecer el nivel de luz. Además, $x(n)$ es la salida 502 al controlador de tratamiento de ventana. El nivel de luz ajustado influirá en la lectura 57 posterior del sensor de la luz interior.

En paralelo, es decir, simultáneamente con o al mismo tiempo con, la operación de las luces eléctricas, el controlador de tratamiento de ventana 52 también determina (o recibe) el error de iluminación, e , en una primera etapa de procesamiento 58, y el error de iluminación se utiliza posteriormente para determinar la variable de control del tratamiento de ventana (por ejemplo, un valor que representa la posición de la persiana) basado además en el $x(n)$ recibido, así como en la lectura del sensor recibido que se lee desde el sensor exterior 501 para determinar $dl(n)$.

La variable de control del tratamiento de ventana se determina en una siguiente etapa de procesamiento 59 mediante el uso de la Ec. 8. $w(n)$ se emite al tratamiento de ventana 500 para establecer el nivel de admisión. Una vez más, el nivel de luz ajustado influirá en la lectura 57 posterior del sensor de la luz interior.

5 La fig. 6 ilustra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de control que implementa un algoritmo de control basado en la Ec. 7 y la Ec. 8 en el modo de realización de la fig. 2B, es decir, en un sistema de control centralizado. Así, una unidad de procesamiento central controla las luces eléctricas y los tratamientos de ventana mediante la transmisión de los ajustes de control.

10 Al igual que en relación con la fig. 5, un usuario establece un nivel de iluminación requerido, u , 50. El punto de ajuste de usuario se introduce en el controlador central 60 junto con la lectura del sensor desde el sensor de luz interior 53 y una lectura del sensor desde el sensor de luz exterior 501. El controlador de luz central 60 determina el error de iluminación, e , en una primera etapa de procesamiento 54. El error de iluminación y la lectura del sensor desde el sensor externo se utilizan posteriormente para determinar la variable de control de la luz eléctrica $x(n)$ y la variable de control del tratamiento de ventana $w(n)$ en una siguiente etapa de procesamiento 61 mediante el uso de la Ec. 7 y la Ec. 8. Los $x(n)$ y $w(n)$ determinados se emiten a la luz eléctrica 62 para ajustar el nivel de luz y el controlador de tratamiento de ventana 63 para ajustar el nivel de admisión. El nivel de luz ajustado influirá en la lectura 57 posterior del sensor de la luz interior.

20 La operación en paralelo es evidente en esta situación, ya que el controlador central se ocupa de ambas ecuaciones de control simultáneamente.

La fig. 7 ilustra un gráfico que muestra los resultados simulados de un sistema de acuerdo con modos de realización de la presente invención. Esto y las simulaciones divulgadas a continuación se han realizado mediante la aplicación de la fig. 5 en MatLab. La figura ilustra la contribución de nivel de luz ϕ [lux] a partir de la luz natural y la luz eléctrica, respectivamente, como una función de la máxima disponibilidad de luz natural M_{dl} [lux]. El gráfico ilustra una situación en la que la luz eléctrica se limita a la emisión de 1.000 lux con luz natural variable, en una situación donde el punto de ajuste de usuario es de 500 lux. El gráfico muestra la contribución de la luz natural 70 y la contribución de la luz eléctrica 71. Se puede ver que cuanto más luz natural está disponible, la parte de la luz eléctrica se reduce, lo que reduce el consumo de energía. La luz eléctrica solo se utiliza cuando no hay suficiente luz natural.

La fig. 8 ilustra un gráfico que muestra los resultados simulados de un sistema de acuerdo con modos de realización de la presente invención, similar a la fig. 7, excepto que la figura ilustra la contribución de nivel de luz, ϕ [lux], como una función del punto de ajuste de usuario SP [lux]. El gráfico ilustra una situación en la que la luz natural se limita a 500 lux. El gráfico muestra la contribución de la luz natural 80 y la contribución de la luz eléctrica 81. Se puede observar que cuando la luz natural no está disponible para satisfacer el punto de ajuste de usuario, las luces eléctricas se utilizan a un mínimo posible.

La fig. 9 ilustra un gráfico que muestra el rendimiento simulado del sistema secuencial de adaptación de bucle cerrado en comparación con el rendimiento de un sistema paralelo operado de acuerdo con modos de realización de la presente invención. La figura muestra la porción normalizada de la luz admitida, F_{ϕ} , para el control de tratamiento de ventana secuencial 90, el control de luz eléctrica secuencial 91, el control de tratamiento de ventana paralelo de acuerdo con modos de realización de la presente invención 92, y el control de la luz eléctrica paralelo de acuerdo con modos de realización de la presente invención 93, todos como una función del tiempo de muestra n [t]. La figura ilustra la situación en la que el punto de ajuste se incrementa en 94. Los cambios en el punto de ajuste pueden ser debidos al punto de ajuste de usuario o en respuesta al sensor de ocupación que detecta la presencia de una persona. El sistema secuencial tarda más tiempo en converger, mientras que un sistema de acuerdo con los modos de realización de la presente invención reacciona al punto de ajuste cambiado instantáneamente. Con el sistema actual, la habitación se ilumina primero durante un breve período con las luces eléctricas, mientras que el tratamiento de ventana admite más y más luz natural, entonces la luz eléctrica se atenúa de manera correspondiente al mínimo posible. Con el sistema secuencial, las luces eléctricas esperarán hasta que las persianas se abran completamente antes de que comiencen a suplementar la luz requerida.

La fig. 10 ilustra un diagrama de flujo general para ilustrar etapas generales realizadas en conexión con modos de realización de la presente invención.

55 El procedimiento ilustra un algoritmo de control 100 que está diseñado para recibir los puntos de ajuste de control 101, los puntos de ajuste de control comprenden un punto de ajuste de nivel de luz interior, y para detectar o recibir un nivel de luz interior 102. Sobre la base de las entradas/lecturas, el algoritmo de control controla el nivel de luz de la una o más luces eléctricas 103 y el nivel de admisión de al menos un tratamiento de ventana 104. El nivel de luz y el nivel de admisión se controlan en paralelo para reducir la diferencia entre el nivel de luz interior detectado 102 y el punto de ajuste de nivel de luz interior 101.

65 Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción anterior, dicha ilustración y descripción han de considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas; la invención no se limita a los modos de realización descritos. Los expertos en la técnica pueden entender y efectuar otras variantes a los modos de realización divulgados al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, de la

divulgación y de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, las palabras "que comprende" no excluyen otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos citados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se enumeren en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse de manera ventajosa. Un programa informático puede estar almacenado/distribuido en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse de otras formas, tal como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicación cableados o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no se interpretará como una limitación del alcance.

5

10

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control (2) para controlar el nivel de luz del interior de al menos una parte de un edificio (1), iluminándose la al menos una parte del edificio mediante tanto luz natural a través de una o más porciones transparentes (8) como mediante luz generada a través de una o más luces eléctricas (4); estando conectado el sistema de control operativamente a dicho al menos un sensor interior (3) para detectar un nivel de luz interior;
- 5 comprendiendo el sistema de control
- al menos un controlador de luz eléctrica (4) para controlar el nivel de luz de la una o más luces eléctricas;
 - al menos un controlador de tratamiento de ventana (5) para controlar el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes; y
 - una unidad de procesamiento (7) para la manipulación de puntos de ajuste de control, comprendiendo los puntos de ajuste de control un punto de ajuste de nivel de luz interior, estando conectada operativamente la unidad de procesamiento al por lo menos un sensor interior;
- en el que la unidad de procesamiento determina una diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, y en el que el nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se controlan en paralelo operando el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana para, en base a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior, controlar el nivel de luz del interior de al menos la parte del edificio, caracterizado porque,
- el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana están conectados operativamente (28, 29), de modo que el al menos un controlador de luz eléctrica recibe información operativa desde el al menos un controlador de tratamiento de ventana, y/o viceversa; y
- en el que el al menos un controlador de luz eléctrica se opera en base a la información recibida desde el al menos un controlador de tratamiento de ventana, y/o el al menos un controlador de tratamiento de ventana se opera en base a la información recibida desde el al menos un controlador de luz eléctrica.
2. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana se operan para reducir la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior.
3. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana se operan con una salida que es proporcional a la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior.
4. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la operación en paralelo del al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana comprende la operación del al menos un controlador de tratamiento de ventana hacia un nivel de admisión definido por los puntos de ajuste de control y la operación del al menos un controlador de luz eléctrica para reducir la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste de nivel de luz interior.
6. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de procesamiento determina además una medida del consumo de energía de las luces eléctricas, y en el que el nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes se controlan mediante la reducción de la diferencia entre el nivel de luz interior detectado y el punto de ajuste del nivel de luz interior y reduciendo el consumo de energía de las luces eléctricas.
7. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos uno del al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana comprende una unidad de procesamiento local (25) para el control descentralizado de al menos uno del nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de la luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes.
8. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, que además está conectado operativamente a una unidad de control central (27) para controlar al menos uno del al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana para el control centralizado de al menos uno del nivel de luz de la una o más luces eléctricas y el nivel de admisión de luz natural admitida a través de la una o más porciones transparentes.
9. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un controlador de luz eléctrica y el al menos un controlador de tratamiento de ventana están conectados de manera comunicativa mediante un enlace de comunicación (11).

10. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, que además está conectado operativamente a al menos un sensor exterior para la detección de un nivel de luz natural (9).

5 11. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, que además está conectado operativamente a uno o más sensores de ocupación (10) para detectar la presencia de una persona en una región del edificio.

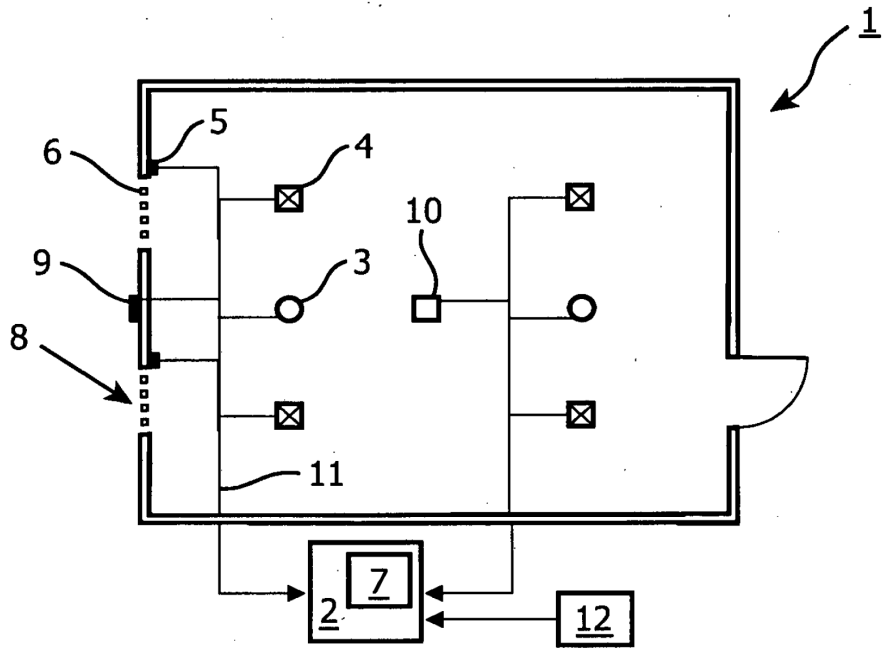


FIG. 1

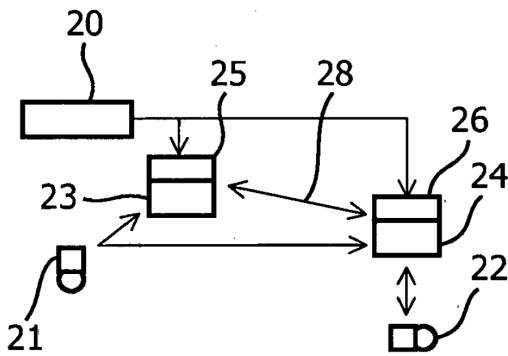


FIG. 2A

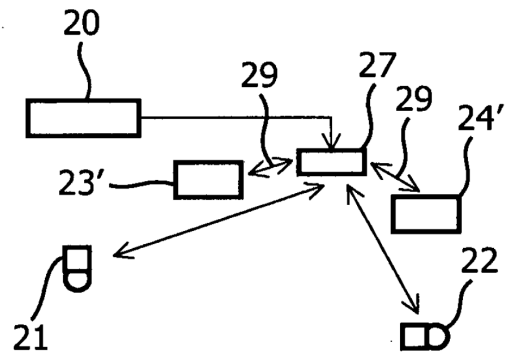


FIG. 2B

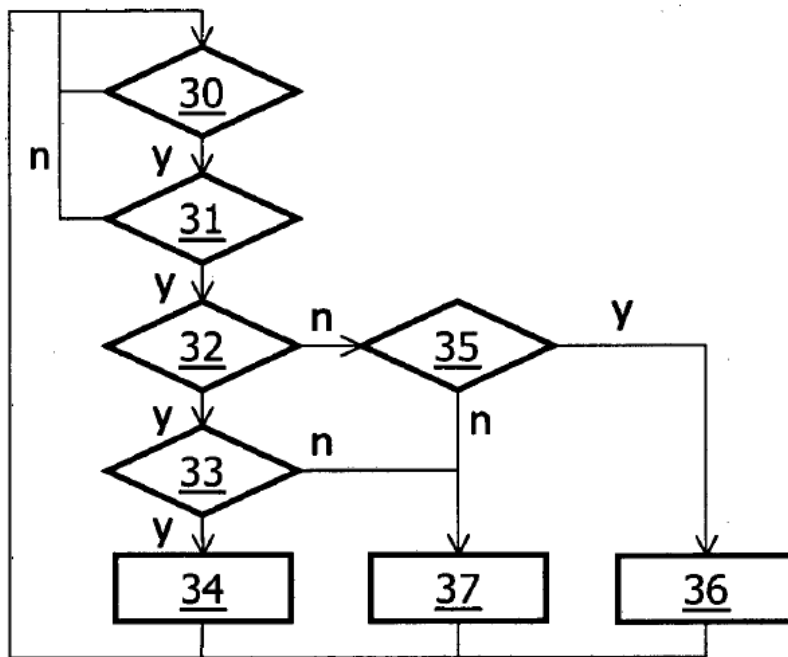


FIG. 3

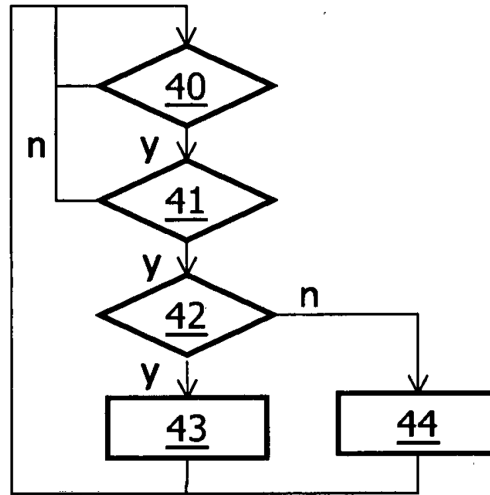


FIG. 4A

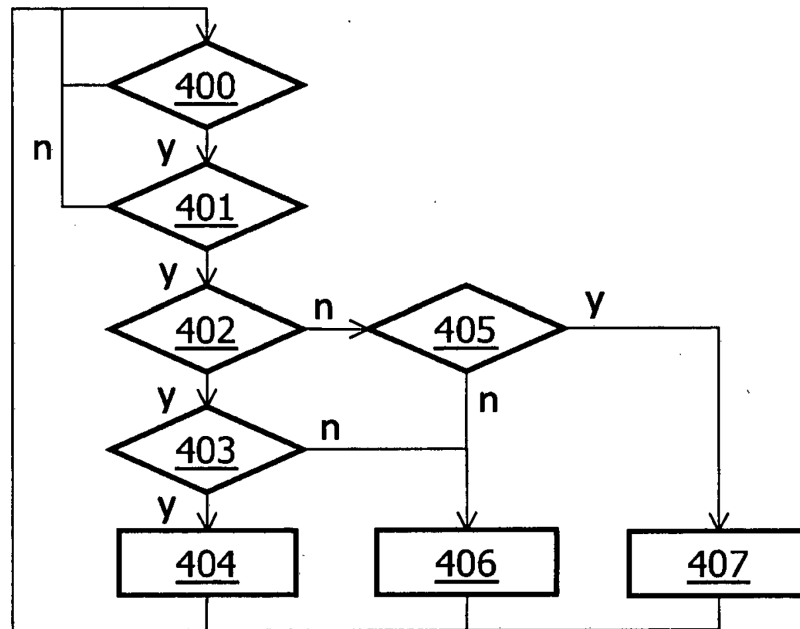


FIG. 4B

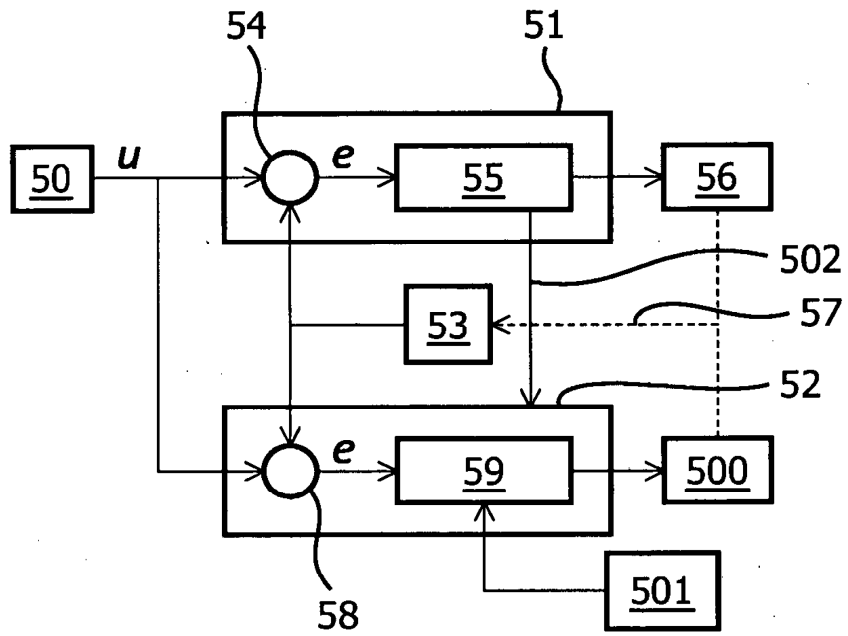


FIG. 5

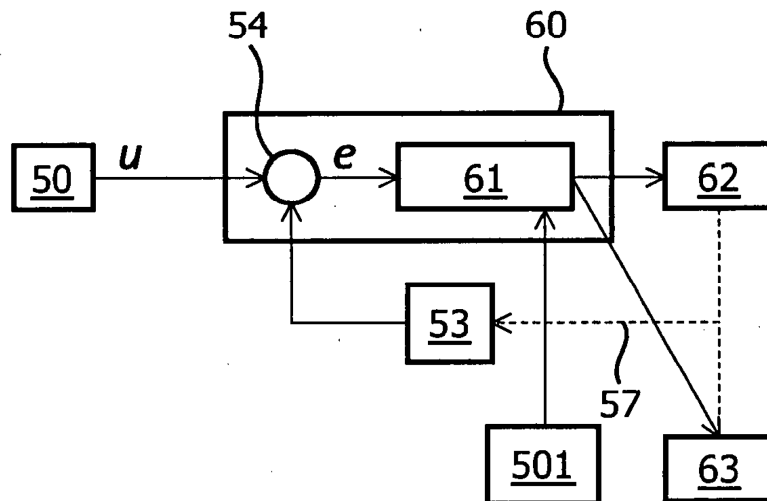


FIG. 6

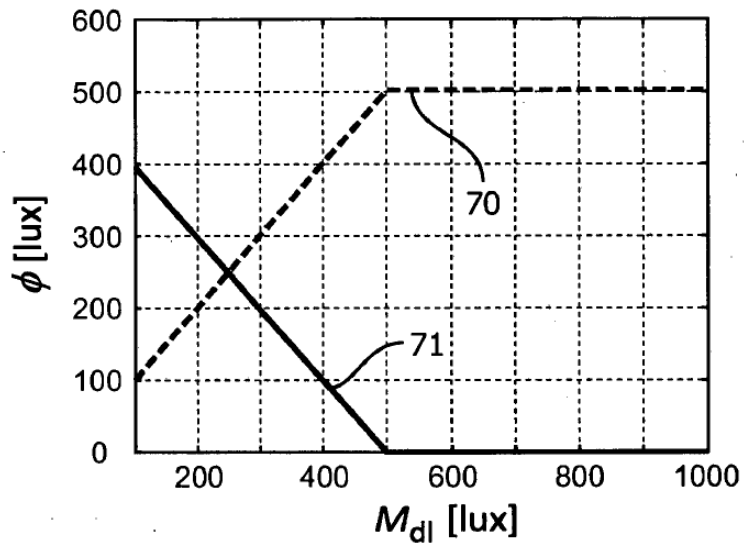


FIG. 7

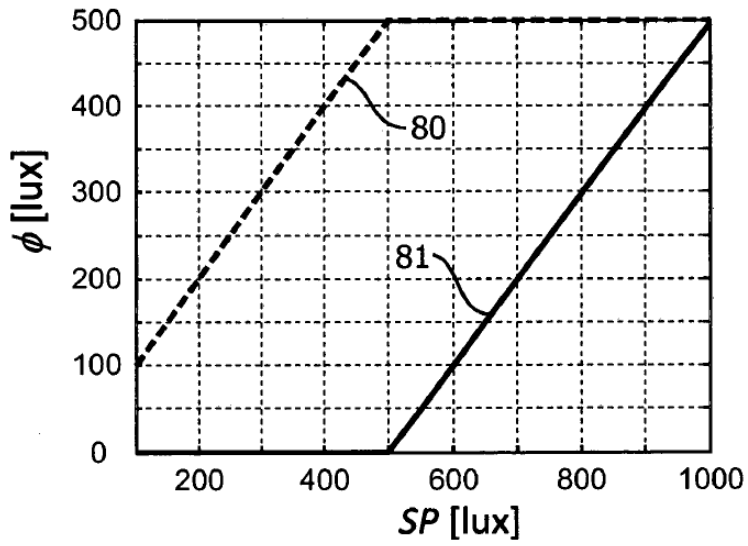


FIG. 8

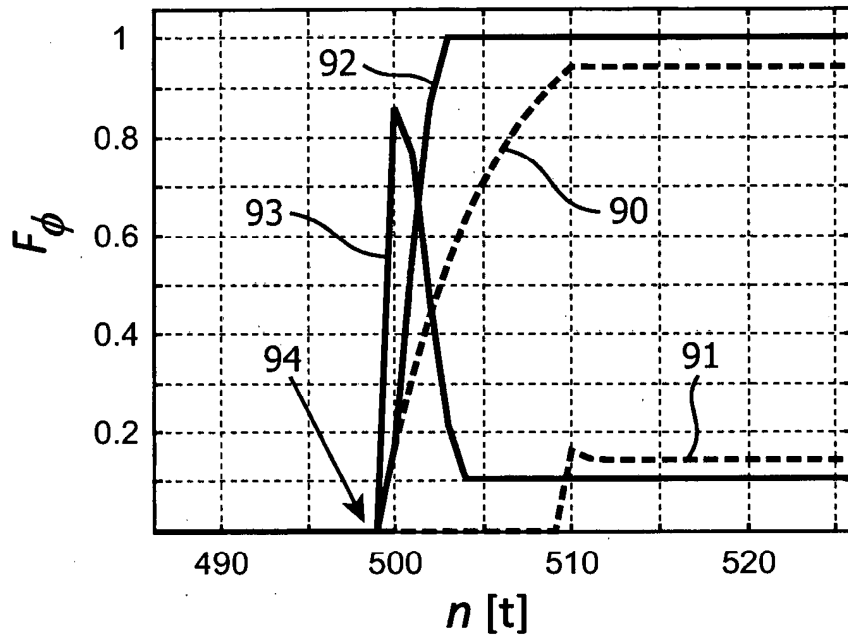


FIG. 9

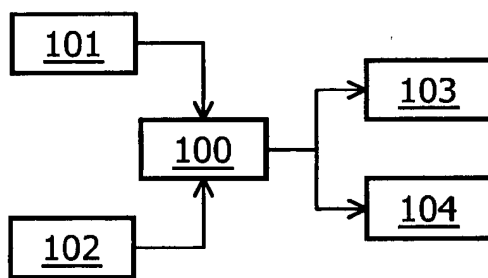


FIG. 10