



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
A01G 9/14 (2023.08); A01G 9/20 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023113075, 19.05.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.05.2023

Дата регистрации:  
11.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.05.2023

(45) Опубликовано: 11.01.2024 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

117630, Москва, а/я 33, НПА, Сулимова Елена  
Борисовна

(72) Автор(ы):

Терехов Владислав Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"ГРОЛЛИ" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 207703 U1, 12.11.2021. RU 2725003  
C1, 29.06.2020. RU 185944 U1, 25.12.2018. RU  
2723953 C2, 18.06.2020. RU 2397636 C1,  
27.08.2010. EP 4074164 A1, 19.10.2022.

(54) Способ освещения теплиц

(57) Реферат:

Изобретение относится к области управления режимами работы светотехнического оборудования в промышленных теплицах со смешанным (гибридным) типом источников света. Способ заключается в том, что информация о текущем состоянии освещенности поступает от датчиков света в устройство управления, которое сопоставляет ее с значением освещенности, оптимальным для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, определяет коррективы, необходимые для приведения значения текущей освещенности (облученности) в соответствии с оптимальным значением для данного периода времени, и направляет соответствующие указания о коррективах на исполнительные устройства. При этом освещенность устанавливают в соответствии с фазами рассвета, дневного состояния и фазой захода солнца (заката) с помощью совокупности натриевых ламп высокого давления (НЛВД) и светоизлучающих диодов (СИД), световой поток которых в сумме соответствует освещенности, оптимальной для выращиваемой в теплице культуры. Освещение, соответствующее фазе

рассвета, начинают с включения СИД, постепенно увеличивая освещенность с 0 до  $\leq 50\%$  от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , где время  $t_1$  является продолжительностью времени рассвета. После чего включают НЛВД, при этом одновременно уменьшают мощность СИД до 0. Затем мощность СИД повторно постепенно увеличивают с 0 до обеспечения 50% от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ . При этом суммарная мощность СИД и НЛВД обеспечивает оптимальное значение освещенности для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития. Далее поддерживают установленную освещенность в течение времени  $t_2$ , соответствующего продолжительности времени дневной фазы. Затем переходят в фазу имитации захода солнца (заката), сначала снижая мощность СИД до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ , являющегося

продолжительностью времени заката. Далее производят одновременное выключение НЛВД и включение СИД на мощность, обеспечивающую 50% от установленной освещенности, после чего ее снижают до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ .

Изобретение обеспечивает с помощью искусственных источников света освещенность растений, соответствующую естественным циклам освещенности, включая режимы рассвет/закат, в установленное время года при оптимизации затрат на освещение. 5 з.п. ф-лы, 7 ил.

RU 281128 C1

RU 281128 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*A01G 9/14 (2023.08); A01G 9/20 (2023.08)*(21)(22) Application: **2023113075, 19.05.2023**(24) Effective date for property rights:  
**19.05.2023**Registration date:  
**11.01.2024**

Priority:

(22) Date of filing: **19.05.2023**(45) Date of publication: **11.01.2024** Bull. № 2

Mail address:

**117630, Moskva, a/ya 33, NPA, Sulimova Elena  
Borisovna**

(72) Inventor(s):

**Terekhov Vladislav Gennadevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"GROLI" (RU)**(54) **GREENHOUSE LIGHTING METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: invention relates to controlling operating modes of lighting equipment in industrial greenhouses with mixed (hybrid) types of light sources. The method consists in the fact that information about the current state of illumination comes from light sensors to a control device, which compares it against the value of illumination that is optimal for the given period of time, the crop being grown and the phase of its development, determines the adjustments necessary to bring the value of the current illumination (irradiance) in accordance with the optimal value for the given period of time, and sends the appropriate instructions for adjustments to the actuators. In this case, illumination is set in accordance with the phases of dawn, daylight and the phase of sundown (sunset) using a set of high-pressure sodium lamps (HPSL) and light-emitting diodes (LEDs), the luminous flux of which in total corresponds to the illumination optimal for the crop grown in the greenhouse. Lighting corresponding to the dawn phase begins by turning on the LED, gradually increasing the illumination from 0 to  $\leq 50\%$  of the required illumination for the crop grown in the

greenhouse by increasing the LED power within  $\frac{1}{2}$  of time  $t_1$ , where time  $t_1$  is the duration of dawn time. After that, the HPSL are turned on, while at the same time LED power is reduced to 0. LED power is then gradually increased again from 0 to providing 50% of the required illumination for the greenhouse crop by increasing LED power over  $\frac{1}{2}$  of time  $t_1$ . At the same time, the total power of LEDs and HPSLs provides the optimal illumination value for the given period of time, the crop being grown, and the phase of its development. Next, the set illumination is maintained for time  $t_2$  corresponding to the duration of the day phase. Then they go into the phase of simulating sundown (sunset), first reducing LED power to 0 for  $\frac{1}{2}$  of time  $t_3$ , which is the duration of sunset time. Next, the HPSLs are simultaneously turned off and the LEDs are turned on at the power that provides 50% of the specified illumination, after which it is reduced to 0 within  $\frac{1}{2}$  of time  $t_3$ .

EFFECT: invention ensures illumination of plants that corresponds to natural light cycles using artificial light sources, including dawn/sunset modes, at the

specified time of year while optimizing lighting costs.

6 cl, 7 dwg

R U 2 8 1 1 1 2 8 C 1

R U 2 8 1 1 1 2 8 C 1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области сельского хозяйства, в частности к методам управления режимами работы светотехнического оборудования в промышленных теплицах со смешанным (гибридным) типом источников света.

5 Успех в производстве тепличных растений во многом зависит от качества основных факторов для любой культуры - климата, питания и света. Освещение в теплице, как и климат и своевременный полив, обуславливает развитие растительных клеток, рост побегов, цветение и своевременное плодоношение. Растения требуют соответствующее количество света (его интенсивности), качества света (определенного спектра),  
10 длительности светового дня (фотопериод). От того, как будет растение обеспечено светом, насколько он будет соответствовать требуемому для роста растений в соответствии с свойствами и природным факторам, настолько высок будет получаемый результат.

Используемые понятия и определения

15 Асинхронный принцип управления - основан на использовании переменного такта. Время выполнения одного такта меняется при выполнении арифметических операций. В ЭКВМ с асинхронным принципом управления переход к следующему такту (цифровому периоду) зависит от необходимости выполнения (или невыполнения) коррекции в предыдущем такте. Время цикла, отведенное для выполнения любой  
20 операции, переменное и может быть разным даже при выполнении одной и той же операции (<https://www.ngpedia.ru/id319926p1.html>).

Восходом и заходом солнца называют время, когда над горизонтом показывается или исчезает верхняя точка солнечного диска.

25 Гибридное освещение - данное определение является условными, под которым понимается освещение, создаваемое совокупностью светильников на натриевых лампах высокого давления (НЛВД) и светильников на основе светоизлучающих диодов (СИД).

Датчик света - это фотоэлектрический прибор, который преобразует световую энергию или фотоны (от инфракрасного до ультрафиолетового спектра) в электрический (электронный) сигнал. Световой датчик генерирует электрический выходной сигнал,  
30 имеющий параметры, соответствующие входящей световой энергии. Датчики света также называют фотодатчиками или фотоэлектрическими датчиками ([ru.lambdageeks.com](http://ru.lambdageeks.com)).

Датчик освещенности - это пассивный датчик, который используется для определения интенсивности светового потока на определенной площади путем измерения падающей  
35 на датчик энергии, которая существует в определенном диапазоне частот (длин волн). Диапазон частот (длины волн), которые используются для обнаружения с помощью датчика, находятся от инфракрасного, через видимый и до ультрафиолетового диапазоны спектра.

40 Долгота дня (фотопериод) - промежуток времени между восходом солнца и его заходом, в течение которого хотя бы часть солнечного диска находится над горизонтом.

Закат - вечернее время, предшествующее заходу солнца. Рассвет проявляется постепенным повышением освещенности окружающей среды за счёт приближающегося восхода (подъёма солнечного диска относительно линии горизонта). Закат проявляется  
45 постепенным уменьшением освещенности окружающей среды за счёт приближающегося захода (опускания солнечного диска относительно линии горизонта). В умеренных широтах рассвет и закат длятся около двух часов (<https://union-z.ru/articles/voshod-solntsa-i-rassvet-v-chem-raznitsa.html>).

Исполнительное устройство - функциональный элемент системы автоматического

управления, который воздействует на объект управления путем передачи соответствующих команд (Википедия, [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)).

Количество, или интенсивность, света можно измерить, определяется плотностью фотонного потока (ПФП). Оказывает большое влияние на биомассу растения и темпы роста. (По материалам компании OSRAM Opto Semiconductor, [shttp://lightingmedia.ru>netcat\\_files/File/32\(15\).pdf](http://lightingmedia.ru/netcat_files/File/32(15).pdf).)

Люксы - это освещённость на  $1 \text{ м}^2$  поверхности при световом потоке в 1 люмен.

Максимально требуемая освещённость сельскохозяйственной культуры-освещённость, необходимая для обеспечения роста сельхозкультур в соответствии с их свойствами и природными факторами.

Максимально требуемая освещённость, обеспечиваемая осветительными приборами, - освещённость, устанавливаемая в теплице, которая в совокупности с естественным освещением или без него обеспечивает необходимую для роста сельхозкультур освещённость в соответствии с их свойствами и природными факторами.

Натриевая лампа высокого давления (НЛВД) - электрический источник света, светящимся телом которого служат пары натрия с газовым разрядом в них. Лампы дают яркий оранжево-жёлтый свет. Являются одним из самых эффективных электрических источников света. Светоотдача натриевых ламп высокого давления достигает 150 люмен/ватт. Срок службы натриевой лампы - до 28,5 тыс. часов.

Работа НЛВД в «идеальном режиме» - в данном описании понимается режим мгновенного выхода лампы на рабочую мощность при ее включении.

Облучённость - физическая величина, характеризует поверхностную плотность мощности излучения, падающего на поверхность. Количественно равно отношению потока излучения, падающего на малый участок поверхности, к площади этого участка. Или облучённость - это количество фотонов, которое за определённое время попадает на небольшую поверхность (<https://babylonzoo.blog/optics/irradiance.html>).

Освещённость - это мера того, сколько светового потока распределено по данной площади. Можно рассматривать световой поток (измеряемый в люменах) как меру общего «количества» присутствующего видимого света, а освещённость - как меру интенсивности освещения поверхности. Освещённость - отношение светового потока  $\Phi$ , падающего на поверхность, к площади  $\sigma$  этой поверхности.

Рассвет - раннее утреннее время, предшествующее началу восхода солнца.

Свет - электромагнитное излучение с длиной волны от 380 до 760 нм, воспринимаемое глазом. В широком смысле, используемом вне физической оптики, светом называют любое оптическое излучение, т.е. такое электромагнитное излучение, длины волн которого лежат в диапазоне с приблизительными границами от единиц нанометров до десятых долей миллиметра. В этом случае в понятие «свет» помимо видимого излучения включаются как инфракрасное, так и ультрафиолетовое излучения. (<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82>.)

Световая энергия- часть энергии электромагнитного излучения, воспринимаемая человеческим глазом или другими приёмником света (Большая советская энциклопедия).

Световой поток - физическая величина, характеризующая количество «световой» мощности в соответствующем потоке излучения, где под световой мощностью понимается световая энергия, переносимая излучением через некоторую поверхность за единицу времени (Википедия, [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)). Световой поток - это мощность видимого света, измеряется в люменах (Lm) (<https://alexled.ru/articles/chto-takoe-svetovoj-potok-svetodiodnyh-lamp.html>).

Силой света называется световой поток, рассчитанный на телесный угол, равный

стерадиану, т.е. отношение светового потока  $\Phi$ , заключенного внутри телесного угла  $\Omega$ , к этому углу:  $I = \frac{\Phi}{\Omega}$

5 Фотонный поток(ФП) - это количество фотонов, измеряемое в мкмоль/с, которое испускает источник света, а плотность фотонного потока(ПФП) - это количество фотонов, которое получает растение.

10 Фотосинтетически активная радиация, или сокращённо ФАР, - часть доходящей до биоценозов солнечной радиации в диапазоне от 400 до 700 нм, используемая растениями для фотосинтеза. Этот участок спектра более или менее соответствует области видимого излучения.

Фотосинтетический фотонный поток (ФФП) - суммарное число фотонов, излучаемых в секунду в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм (мкмоль/с).

Предыдущий уровень техники

15 Известны теплицы с искусственным освещением, позволяющим компенсировать недостаток или отсутствие естественного освещения. Выбор конкретного спектра ламп для искусственного освещения производится в соответствии с сортом выращиваемой флоры и требуемого результата. На практике лампы освещения могут содержать сразу несколько спектров, что расширяет их функциональность. В случае полного отсутствия естественного света интенсивность подсветки лампами должна обеспечивать суточную 20 норму для обитателей теплицы. Поэтому здесь используются разные комбинации приборов освещения.

Такие комбинации ламп должны обеспечить освещенность теплицы, приближенную к естественной.

25 Известна «Гибридная осветительная установка» (патент РФ № 2723953, опубл. 18.06.2020), верхнее освещение в которой обеспечивается натриевыми лампами, нижнее - светодиодными, обеспечивая суммарную облученность средней части шпалеры. Данная установка обеспечивает требуемое количество света (его интенсивности), качества света (определенный спектр), но не обеспечивает соответствие длительности светового дня (фотопериод) и соответствие освещенности его особенностям.

30 Известно «Устройство освещения выращиваемых растений» (патент РФ № 185944, опубл. 25.12.2018), в соответствии с которым система освещения выращиваемых растений, содержащая натриевые лампы высокого давления с источниками их питания и осветителями, может содержать светодиодные лампы, система освещения включает систему управления, которая содержит блок регулировки потребляемой по меньшей 35 мере частью ламп мощности источника питания в интервале от 50% до 250% номинального значения потребляемой мощности, предпочтительно от 70% до 160% номинального значения, и/или блок независимого выключения лампы и/или группы ламп. Недостатком данного устройства является невозможность обеспечения освещенности, соответствующей режимам естественной освещенности - рассвет/закат, 40 а также низкая надежность, обусловленная превышением предусмотренных рабочих показателей используемых ламп.

45 Известно изобретение «Регулирующее устройство для теплицы» (патент РФ №2448455, опубл. 27.04.2012). Регулирующее устройство для теплицы содержит компьютерный управляющий элемент, осветительный элемент и по меньшей мере один детекторный элемент, в котором осветительный элемент и детекторный элемент связаны с компьютерным управляющим элементом. Осветительный элемент содержит по меньшей мере одно светоизлучающее устройство, излучающее свет, который освещает растение, произрастающее в теплице. При этом детекторный элемент измеряет парциальное

давление кислорода в теплице, а количество света, излучаемое светоизлучающим устройством, регулируется компьютерным управляющим элементом в зависимости от измеренного парциального давления кислорода. Светоизлучающим устройством может являться светодиод, органический светодиод, газоразрядная лампа, высокоинтенсивная газоразрядная лампа, лампа накаливания, флуоресцентная лампа, натриевая лампа 5 повышенного давления или сочетание всего перечисленного. Однако данные способ и устройство не обеспечивают создание освещенности, соответствующей естественному освещению, требуемому для выращивания при оптимизации затрачиваемых средств на освещение.

10 Известно изобретение «Система облучения растений в теплице» (патент РФ №2725003, опубл. 29.06.2020). Система облучения растений в теплице содержит в качестве основных источников света натриевые лампы, а в качестве дополнительных - светодиодные светильники с комбинацией нескольких типов светодиодов, максимумы излучения 15 которых лежат в пределах синего 400-500 нм и дальнекрасного 700-800 нм спектральных диапазонов, и отличается тем, что пики излучения синих светодиодов приходятся на длины волн 440-460 нм и 480-490 нм, количество основных источников света в теплице равно количеству дополнительных. Данная установка обеспечивает требуемое количество света (его интенсивности), качества света (определенный спектр), но не обеспечивает соответствие длительности светового дня (фотопериоду), а также 20 соответствие освещенности особенностям светового дня.

Известна полезная модель «Высокая грядка-теплица» (патент РФ № 207703, опубл. 12.11.2021), в соответствии с которой в теплице установлена наряду с другим 25 оборудованием лампа (18) освещения, управляемая датчиком освещенности (19), позволяющим поддерживать необходимый уровень освещения в зависимости от времени года. Все датчики синхронизированы с центральным сервером (20), который и осуществляет контроль состояния освещенности. Однако данная система не позволяет 30 обеспечить соответствие освещенности времени суток с учетом рассвета и заката и оптимальные показатели.

Техническим результатом заявляемого технического решения является обеспечение 35 с помощью искусственных источников света освещенности растений, соответствующей естественным циклам освещенности, включая режимы рассвет/закат, в установленное время года при оптимизации затрат на освещение.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе освещения теплиц информация о текущем состоянии освещенности поступает от датчиков света в 40 устройство управления, которое сопоставляет полученную информацию со значением освещенности, оптимальным для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, определяет коррективы, необходимые для приведения значения текущей естественной освещенности в соответствие с оптимальным значением для данного периода времени, и направляет соответствующие указания о коррективах на 45 исполнительные устройства, связанные с осветительными элементами, освещенность устанавливающих в соответствии с фазами рассвета, дневного состояния и фазой захода солнца (заката) с помощью осветительных элементов, состоящих из совокупности натриевых ламп высокого давления (НЛВД) и светоизлучающих диодов (СИД), максимальный световой поток которых в сумме соответствует максимальной освещенности для выращиваемой в теплице культуры; освещение, соответствующее 50 фазе рассвета, начитает с включения СИД, постепенно увеличивая освещенность с 0 до 50% от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , после чего включают НЛВД, при

этом одновременно уменьшают мощность СИД до 0, после чего мощность СИД повторно постепенно увеличивают с 0 до обеспечения 50% от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , при этом суммарная мощность СИД и НЛВД обеспечивает оптимальное значение освещенности для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, где время  $t_1$  является продолжительностью времени рассвета, далее поддерживают установленную освещенность в течение времени  $t_2$ , соответствующего продолжительности времени дневной фазы, после чего переходят в фазу имитации захода солнца (заката), сначала снижая мощность СИД до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ , являющегося продолжительностью времени заката, после чего производят одновременное выключение НЛВД и включение СИД на мощность, обеспечивающую 50% от установленной освещенности, после чего ее снижают до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ .

Способ может содержать включение НЛВД и постепенное уменьшение при этом мощности СИД до 0 с момента включения НЛВД в течение времени достижения НЛВД максимального значения светового потока с момента его включения. Максимальное значение светового потока НЛВД с момента его включения достигается к середине времени длительности рассвета. Фазе рассвета соответствует фаза включения освещения, а фазе захода солнца соответствует фаза выключения освещения. Спектр освещения, производимого совокупностью НЛВД и СИД, приближен к спектру освещения, оптимальному для конкретного растения. Уменьшение или увеличение освещенности (облученности) осуществляют уменьшением или увеличением мощности СИД.

Заявленное изобретение поясняется фигурами графических изображений, где:

Фиг. 1 - блок-схема установки, предназначенной для реализации способа.

Фиг. 2 - график включения освещения: выход на режим рассвета с переходом в дневной режим, режим заката, работа СИД.

Фиг. 3 - график включения освещения: выход на режим рассвета с переходом в дневной режим, режим заката, график работы НЛВД.

Фиг. 4 - график включения освещения: выход на режим рассвета с переходом в дневной режим, режим заката, суммарный график освещенности от СИД и НЛВД в «идеальном режиме».

Фиг. 5 - График одновременного выхода на максимальную мощность СИД и НЛВД.

Фиг. 6 - график включения освещения в режиме рассвета с выходом на дневной режим с учетом инерционности включения НЛВД (вариант 1).

Фиг. 7 - график включения освещения в режиме рассвета с выходом на дневной режим с учетом инерционности включения НЛВД (вариант 2).

Где:

1 - датчики света;

2 - устройство управления;

3 - исполнительные устройства;

4 - светодиодные светоизлучатели (СИД);

5 - натриевые лампы высокого давления (НЛВД).

Способ освещения теплиц, при котором информация о текущем состоянии освещенности поступает от датчиков света (1) в устройство управления (2), которое сопоставляет полученную информацию с значением освещенности, оптимальным для данного периода времени, выращиваемой культуре и фазе ее развития, определяет коррективы, необходимые для приведения значения текущей освещенности в

соответствие с оптимальным значением для данного периода времени и направляет соответствующие указания о коррективах на исполнительные устройства (3), передающие их на осветительные элементы. Освещенность устанавливают в соответствии с фазами рассвета, дня и захода солнца (заката) с помощью осветительных элементов, состоящих из совокупности светоизлучающих диодов (СИД) (4) и натриевых ламп высокого давления (НЛВД) (5), максимальный световой поток которых в сумме соответствует максимальной освещенности для выращиваемой в теплице культуры.

Каждый из светильников работает в своем режиме, обеспечивая около 50% освещенности и давая в сумме 100%-ю требуемую освещенность теплицы.

График работы СИД (4) представлен на фиг. 2, на котором видно, что для получения требуемой освещенности теплицы мощность СИД (4) то плавно увеличивают, то резко уменьшают, то оставляют постоянной, обеспечивая требуемые изменения освещенности теплицы.

График работы НЛВД (5) представлен на фиг. 3, на котором видно, что для получения требуемой освещенности теплицы НЛВД (5) используют в двух режимах - включенном и выключенном, подавая постоянное напряжение на светильник и обеспечивая постоянную освещенность теплицы.

Суммарный график работы НЛВД (5) и СИД (4) представлен на фиг. 4, из которого видно, что сочетанием их работы можно обеспечить теплицу освещением, близким к естественному, отражающему фазы рассвета, дня, заката.

Освещение, соответствующее фазе рассвета, начинают с включения СИД (4), постепенно увеличивая освещенность  $Q$  с 0 до 50% от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД (4)  $W$  в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , после чего включают НЛВД (5), при этом одновременно уменьшают мощность СИД (4)  $W$  до 0 и сразу же увеличивают мощность СИД (4)  $W$  с 0 до обеспечения 50% от требуемой освещенности  $Q$  для выращиваемой в теплице культуры в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , при этом суммарная мощность СИД (4) и НЛВД (5) обеспечивает 100% оптимальной освещенности  $Q$  для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, где время  $t_1$  является продолжительностью времени рассвета, далее поддерживают установленную освещенность в течение времени  $t_2$ , соответствующего продолжительности времени дневной фазы, после чего переходят в фазу имитации захода солнца (заката), сначала снижая мощность СИД (4)  $W$  до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ , являющегося продолжительностью времени заката, после чего производят одновременное выключение НЛВД (5) и включение СИД (4) на мощность  $W$ , обеспечивающую 50% от установленной освещенности  $Q$ , после чего ее равномерно снижают до 0 в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$  (фиг. 4).

Способ может содержать включение НЛВД (5) и уменьшение при этом мощности СИД (4)  $W$  до 0 с момента включения НЛВД (5) в течение времени  $t_4$  - времени, за которое НЛВД (5) достигает максимальной мощности  $Q$ , а следовательно, максимального значения светового потока с момента его включения. Максимальное значение светового потока НЛВД (5) с момента его включения достигается к середине времени длительности рассвета  $t_1$ . Фазе рассвета соответствует фаза включения освещения, а фазе захода солнца соответствует фаза выключения освещения. Спектр освещения, производимого совокупностью НЛВД и СИД, приближен к спектру дневного освещения. Уменьшение или увеличение освещенности теплицы можно регулировать уменьшением или увеличением мощности СИД (4).

Для реализации указанного способа осветительная, по сути облучательная, установка включает датчики света (1) для контроля освещенности, соединенные с устройством управления и сбора данных (2), соединенным с исполнительными устройствами (3), соединенными с облучательными осветительными элементами (4), (5). Устройство управления и сбора данных (2) выполнено с возможностью сбора, обработки и фиксации показателей освещенности (облученности), снимаемых датчиками света (1), о ее текущем состоянии освещенности, сопоставления полученных показателей с номинальными, определения на основании полученных данных необходимых корректив и передачи их на исполнительные устройства (3); осветительные (облучательные) элементы выполнены в виде совокупности натриевых ламп высокого давления НЛВД (5) и регулируемых светоизлучающих диодов СИД (4), при этом световой поток, обеспечивающий освещенность  $Q$ , создаваемый СИД (4), больше или равен световому потоку, создаваемому НЛВД (5); количество каждого из облучательных элементов НЛВД (5) и СИД (4) составляет не менее одного, а излучаемый световой поток осветительного элемента с лампами НЛВД (5) обуславливает освещенность, не превышающую 50% максимально установленного для данного вида растений. Нерегулируемые лампы высокого давления НЛВД (5) и регулируемые светоизлучающие диоды СИД (4) соединены параллельно.

Способ освещения теплиц характеризуется тем, что освещенность  $Q$ , необходимая для обеспечения роста растений в теплице, обеспечивается совокупностью двух источников света - натриевых ламп высокого давления НЛВД (5) и регулируемых светоизлучаемых диодов СИД (4). Устройство для реализации способа в виде блок-схемы представлено на фиг. 1.

Заявленный способ реализован следующим образом. Информация о текущем состоянии освещенности  $Q$  поступает от датчиков света (1) в устройство управления (2), в котором полученная информация сопоставляется с оптимальным для данного периода времени значением освещенности  $Q$  с учетом особенностей выращиваемой культуры и фазы ее развития, а также с учетом текущих параметров климата. Данная информация содержится в базе данных устройства управления (2). Далее устройство управления (2) в соответствии с полученной и содержащейся в БД информацией об оптимальных значениях освещенности  $Q$ , необходимой выращиваемой культуре в соответствии с фазой ее развития, определяет коррективы, необходимые для приведения значения текущей освещенности в теплице в соответствие с оптимальным значением для данного периода времени, и направляет соответствующие указания о коррективах на исполнительные устройства (3), управляющие светильниками (4), (5). При этом освещенность  $Q$  устанавливается в соответствии с фазами рассвета, дневного состояния и фазой захода солнца (заката) с помощью совокупности светоизлучающих диодов (СИД) (4) и натриевых ламп высокого давления (НЛВД) (5).

В системах технологического облучения - освещения - промышленных теплиц традиционно применяются светильники на основе натриевых ламп высокого давления (НЛВД) мощностью от 400 до 1000 Вт. Несмотря на высокую энергетическую эффективность, такие светильники имеют существенный недостаток, обусловленный физическими свойствами лампы, - отсутствие возможности линейно регулировать мощность облучательной установки для обеспечения требуемой освещенности в широком диапазоне значений. Они работают по принципу включил/выключил, т.е. освещенность скачкообразно меняется от нуля до предусмотренного максимума. Включение и выключение облучательных установок на лампах НЛВД (5) в условиях промышленных теплиц приводит к резким скачкам облученности растений, а также

температурным перепадам, так как существенная доля энергии, излучаемой лампой НЛВД (5), находится в инфракрасном тепловом диапазоне. Резкое изменение освещенности и температуры оказывает негативное влияние на продуктивность растений, что существенно сказывается на экономических показателях производства.

5 Фитооблучатели на основе СИД (4) обеспечивают возможность линейно изменять их мощность в диапазоне от 0 до 100% с пропорциональным изменением ФФП и освещенности (облученности) в целом, что позволяет корректировать освещенность объектов.

10 В качестве источника оптического излучения фотосинтетически активной радиации в диапазоне от 400 до 700 нм, используемой растениями для фотосинтеза, используется комбинация светоизлучающих диодов СИД (4) с натриевыми лампами высокого давления НЛВД (5), которые образуют так называемую систему гибридного облучения. Данная система позволяет минимизировать резкие изменения освещенности Q и неоправданное повышение температуры. В таких системах светильники с НЛВД (5) 15 могут использоваться в комбинации с фитооблучателями на основе СИД (4) в различных пропорциях. Совокупность СИД (4) и НЛВД (5) позволяет обеспечить оптимальный, регулируемый в соответствии с текущими требованиями режим освещенности теплиц. Наиболее оптимальной комбинацией является 1:1 при условии равных значений фотосинтетического фотонного потока (ФФП), т.е. при условии обеспечения равной 20 освещенности растений. Однако возможны и другие комбинации, зависящие от выбранного технического решения, в том числе гибридные системы технологического освещения с внутриценозными (межрядовыми) фитооблучателями на основе СИД (4).

Использование фитооблучателей на основе СИД (4) в комбинации с нерегулируемыми светильниками на НЛВД (5) для обеспечения соответствия освещенности Q теплиц 25 естественному освещению возможно с помощью специальных алгоритмов управления облучательной установкой, позволяющих обеспечивать заданный уровень мощности установки (и как следствие - уровень облученности растений) в каждый момент времени.

В качестве программного средства управления освещенностью может быть использовано программное обеспечение по свидетельству № 2022667738 «Программное 30 обеспечение устройства Grolli Aqua» и/или программное обеспечение по свидетельству №2022680076 «Программное обеспечение устройства Grolli Air», реализуемые на основе микрокомпьютера Raspberry Pi 4B и предназначенные для взаимодействия с исполнительными устройствами для обеспечения заданных условий выращивания сельскохозяйственных культур. Программное обеспечение управляет работой, 35 мощностью и спектром светильников в соответствии с полученными коррективами.

В гибридной облучательной установке, где совместно со светильниками с НЛВД (5) используются управляемые фитооблучатели на основе СИД (4), возможно установить любой уровень освещенности Q, обусловленной общей мощностью светильников облучательной установки, используя метод асинхронного управления. Общую мощность 40 светильников СИД (4) устанавливают как обеспечивающую не менее 50% освещенности Q теплицы. Общую мощность светильников НЛВД (5) устанавливают как обеспечивающую не более 50% освещенности Q теплицы. При этом оба вида осветительных приборов в сумме обуславливают 100% освещенности Q теплицы. Мощность каждого вида осветительных приборов может устанавливаться с некоторым 45 запасом, обеспечивающим превышение 50% освещенности Q каждым из них для возможности осуществления регулировки освещенности, вызываемой изменением конкретных условий.

Осуществления способа, как правило, начинается с реализации режима, повторяющего

естественный рассвет, с постепенным увеличением освещенности до дневной (Фиг. 2, 3, 4). В качестве примера рассматривается режим восхода и захода солнца, например на дату 01.12.2022. Начало рассвета наступает в 07:47, восход солнца - в 08:32, т.е. длительность рассвета  $t_1$  составляет 45 мин. Заход солнца начинается в 16:03, наступление

5 темноты - в 16:47, т.е. длительность заката  $t_3$  составляет 44 мин. Длительность дня  $t_2$  составляет 7 часов 31 мин., длительность ночи - 14 часов 59 мин. Для продуктивного выращивания салата Лолло Росса необходима длительность дня 17 часов при длительности рассвета и длительности заката по 30 мин. Таким образом, устройство

10 управления (2), получив фактические данные от датчиков света (2), о состоянии освещенности на указанную дату 01.12.2022 и конкретное время, сопоставит их с оптимальными данными, требуемыми для выращивания салата Лолло Росса, установит коррективы и передаст их на исполнительные устройства, связанные с элементами освещения.

15 В начале режима «рассвет» группа светильников с НЛВД (5) находится в выключенном состоянии (фиг. 3). В первый период, обозначенный как  $\frac{1}{2} t_1$  и равный - 15 мин - половине времени длительности рассвета  $t_1$ , требуемого для выращивания салата, осуществляется включение и плавное увеличение мощности (фиг. 2), фитооблучателей на основе СИД (4)  $\Phi O_1 - \Phi O_n$ , начиная от 0 до  $\leq 100\%$  их мощности

20  $W$ , что обеспечивает достижение  $\leq 50\%$  требуемой освещенности  $Q$  теплицы. Второй период фазы «рассвет» начинается с включения НЛВД (5), обеспечивающих 50% освещенности  $Q$  теплицы. Одновременно с включением НЛВД (5) осуществляют выключение СИД (4) путем выведения его мощности  $W$  на 0 с последующим увеличением

25 мощности  $W$  от 0 до 50% в течение времени, равного  $\frac{1}{2} t_1 = 15$  мин, обеспечивая последующее увеличение освещенности  $Q$  еще на 50%, что в сумме доводит освещенность теплицы  $Q$  до требуемых 100%, т.е. на достижение дневной освещенности (фиг. 3).

Дневная освещенность поддерживается в течение времени  $t_2 = 16$  час.

30 После окончания времени длительности дневной освещенности  $Q$  освещение переходит в стадию «закат», которая длится в течение времени  $t_3 = 30$  мин. Работа облучателя в фазе заката состоит из двух периодов. В первый период заката фитооблучатели на основе СИД (4)  $\Phi O_1 - \Phi O_n$  пропорционально снижают свою

35 мощность  $W$  со 100% до 0%, что снижает общую мощность  $W$  облучательной установки со 100% до 50%. Снижение мощности  $W$  светильников СИД (4) до 0 осуществляется плавно, обуславливая плавное снижение освещенности  $Q$  до 50% в течение  $\frac{1}{2}$  времени

40 заката  $t_3$ , равной 15 мин. Далее наступает второй период фазы «закат», который должен длиться для выращивания салата в течение 15 мин. Эта фаза начинается с одновременного выключения НЛВД (5) и включения СИД (4) на полную мощность  $W$  - на 100%, обеспечивая выход на 50% освещенности  $Q$  системы, после чего начинают

45 плавно понижать мощность  $W$  СИД (4) в течение  $\frac{1}{2}$  времени заката  $t_3$ , обеспечивая плавное отключение освещенности теплицы путем выхода мощности светильников  $W$  СИД (4) с 50% на 0. График освещенности, иллюстрирующий выход с момента перехода освещения на дневной режим, с дневного режима переход на режим заката и выключения

Для более успешной реализации алгоритма управления целесообразно учитывать

физические свойства НЛВД (5), в соответствии с которыми для выхода с 0 - от начала подачи питающего напряжения (включения) - на рабочий режим требуется некоторое время  $t_4$ . Данный период времени может занимать от 0,5 до нескольких минут в зависимости от вида НЛВД (5). При этом выключение НЛВД (5) осуществляется практически мгновенно и учета времени выхода на 0 не требуется. За время выхода НЛВД (5) на максимальную мощность  $W$  в момент, когда мощность  $W$  уже включенного СИД (4) приближается к его 100%, соединение освещенности  $Q$  от НЛВД (5) с освещенностью  $Q$  от СИД (4) образует резкий скачок облученности теплицы (фиг. 5), что может оказывать, несмотря на свою кратковременность, световой удар по растениям и в целом негативно влиять на выращиваемые культуры. Для устранения этого скачка суммарной освещенности предлагается осуществлять выведение на 0 мощности СИД (4) при включении НЛВД (5) не мгновенно, а в течение времени выхода НЛВД (5) на рабочий режим  $t_4$ . От того, в какой момент начнется выключение СИД (4), будет зависеть форма суммарной кривой, иллюстрирующей возрастание освещенности от работы СИД (4) и НЛВД (5). Если включить НЛВД (5) в момент достижения СИД (4) его максимальной мощности, после чего начать уменьшать ее до 0 в течение времени  $t_4$  выхода НЛВД (5) на рабочий режим, вместо скачка суммарной освещенности полученная освещенность некоторое время будет постоянной и не будет меняться (фиг. 6), что не окажет негативного воздействия на выращиваемую культуру.

Если включить НЛВД (5) до достижения СИД (4) его максимальной мощности  $W$ , после чего начать уменьшать мощность  $W$  СИД (4) до 0 в течение времени  $t_4$  выхода НЛВД (5) на рабочий режим, вместо скачка суммарной освещенности  $Q$  освещенность теплицы  $Q$  продолжит постепенное линейное возрастание (фиг. 7) до достижения ее максимума. Момент включения НЛВД (5) определяется с помощью программного обеспечения, корректирующего работу гибридной осветительной системы. Данный алгоритм управления освещением позволяет исключить резкое увеличение суммарной облученности, что минимизирует стресс у растений.

Установка для реализации способа содержит датчики света серии LE01V наружный герметичный IP 65 (0-10В), позволяющие осуществить контроль освещенности в области видимого спектра 400-750 нм для условий теплиц всех видов категорий и получить информацию о степени освещенности в конкретный момент времени.

Для получения уровня облученности, равного  $350$  (мкмоль/м<sup>2</sup>/с), были использованы лампы НЛВД (5) мощностью 600 Вт, дающие фотонный поток 960 мкмоль/с, и промышленные светодиодные светильники СИД (4) GROLLI LED - 300 мощностью 300 Вт, дающие фотонный поток 960 мкмоль/с. Линейное изменение их мощности в диапазоне от 0 до 100% с пропорциональным изменением ФФП достигается простыми техническими средствами, как правило посредством использования стандартных управляющих сигналов (ШИМ (широтно-импульсная модуляция) 0-10В, DMX 512 RDM, DALI и т.д.), не влияющими на экономические показатели реализуемых проектов.

Датчики освещенности с определенной частотой передают сведения о состоянии освещенности в теплице на устройство управления (MCU) (2), которое после их обработки передает их по любому доступному протоколу в исполнительное устройство (3), которое, в свою очередь, реализует на выходе управляющий сигнал для релейного (дискретного) включения/выключения светильников с НЛВД (5)  $CB_1 - CB_n$  и управляющий сигнал для пропорционального управления мощностью в диапазоне 0-100% фитооблучателей на основе СИД (4)  $FO_1 - FO_n$ .

В качестве устройства управления (2) может быть применен персональный

компьютер, PLC-контроллер, модуль IOT и любое другое устройство, способное реализовать алгоритм управления и сформировать управляющие сигналы для исполнительного устройства (3) с помощью программного обеспечения по свидетельству № 2022667738 «Программное обеспечение устройства Grolli Aqua» и/или программного обеспечения по свидетельству № 2022680076 «Программное обеспечение устройства Grolli Air», которые реализуются на основе микрокомпьютера Raspberry Pi 4B и предназначены для взаимодействия с исполнительными устройствами для обеспечения заданных условий выращивания сельскохозяйственных культур. Программное обеспечение управляет работой, мощностью и спектром светильников в соответствии с расписанием.

В качестве исполнительного устройства (3) могут быть использованы любые платы расширения контроллеров, внешние периферийные устройства, релейные модули, контроллеры протоколов управления осветительными системами и любые другие, способные принять по любому протоколу данные о текущем требуемом состоянии выходных сигналов от устройства управления (2) и реализовать их в виде физических сигналов на выходе. При этом управление релейным выходом осуществляется в дискретном режиме (включено/выключено), а управление мощностью может быть реализовано любым из доступных аналоговых или цифровых способов или протоколов управления в диапазоне от 0 до 100%.

Заявленный способ для освещения теплиц реализован в условиях опытного хозяйства выращивания растений и может быть широко использован для выращивания широкого ассортимента растений в условиях различных климатических зон.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ освещения теплиц, в котором информация о текущем состоянии освещенности поступает от датчиков света в устройство управления, которое сопоставляет ее с значением освещенности, оптимальным для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, определяет коррективы, необходимые для приведения значения текущей освещенности (облученности) в соответствии с оптимальным значением для данного периода времени, и направляет соответствующие указания о коррективах на исполнительные устройства, отличающийся тем, что освещенность устанавливают в соответствии с фазами рассвета, дневного состояния и фазой захода солнца (заката), с помощью совокупности натриевых ламп высокого давления (НЛВД) и светоизлучающих диодов (СИД), световой поток которых в сумме соответствует освещенности, оптимальной для выращиваемой в теплице культуры, при этом освещение, соответствующее фазе рассвета, начинают с включения СИД, постепенно увеличивая освещенность с 0 до  $\leq 50\%$  от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , где время  $t_1$  является продолжительностью времени рассвета, после чего включают НЛВД, одновременно уменьшая мощность СИД до 0, затем мощность СИД повторно постепенно увеличивают с 0 до обеспечения 50% от требуемой освещенности для выращиваемой в теплице культуры путем увеличения мощности СИД в течение  $\frac{1}{2}$  времени  $t_1$ , при этом суммарная мощность СИД и НЛВД обеспечивает оптимальное значение освещенности для данного периода времени, выращиваемой культуры и фазы ее развития, далее поддерживают установленную освещенность в течение времени  $t_2$ , соответствующего продолжительности времени дневной фазы, после чего переходят в фазу имитации захода солнца (заката), сначала снижая мощность СИД до 0 в течение

$\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ , являющегося продолжительностью времени заката, затем производят одновременное выключение НЛВД и включение СИД на мощность, обеспечивающую 50% от установленной освещенности, после чего ее снижают до 0 в течение времени  $\frac{1}{2}$  времени  $t_3$ , соответствующего времени длительности заката.

5

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что включают НЛВД и уменьшают мощность СИД до 0 с момента включения НЛВД в течение времени достижения НЛВД максимального значения светового потока с момента его включения.

10

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что максимальное значение светового потока НЛВД с момента его включения достигается к середине времени длительности рассвета.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что фазе рассвета соответствует фаза включения освещения, а фазе захода солнца соответствует фаза выключения освещения.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что спектр освещения, производимого совокупностью НЛВД и СИД, соответствует спектру дневного освещения.

15

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что уменьшение или увеличение степени освещенности осуществляют уменьшением или увеличением мощности СИД.

20

25

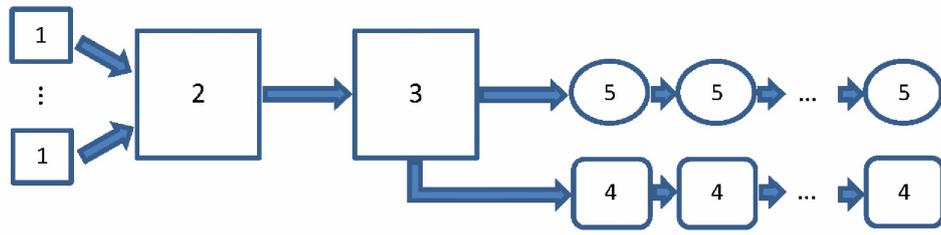
30

35

40

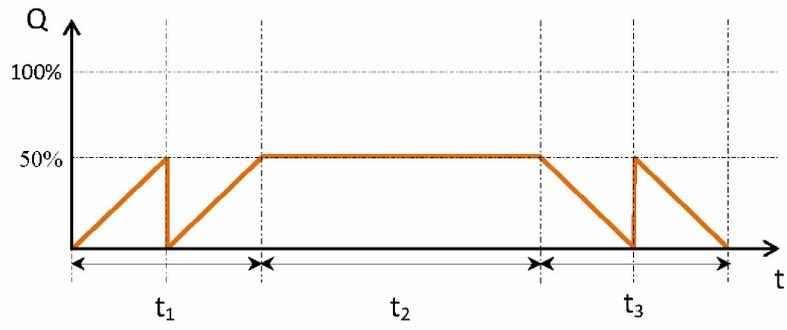
45

1

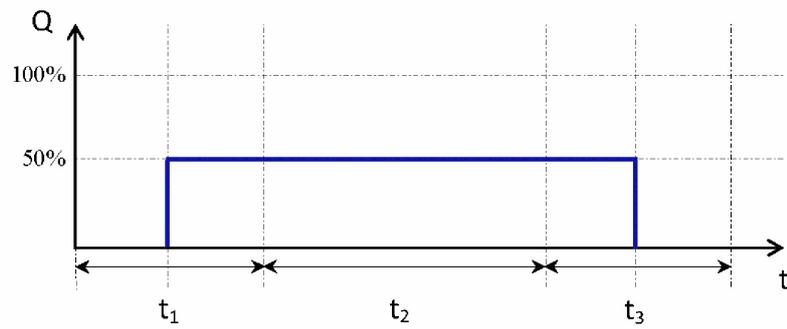


Фиг. 1

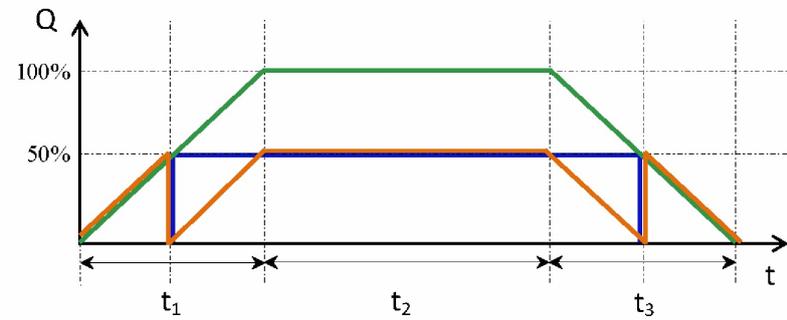
2



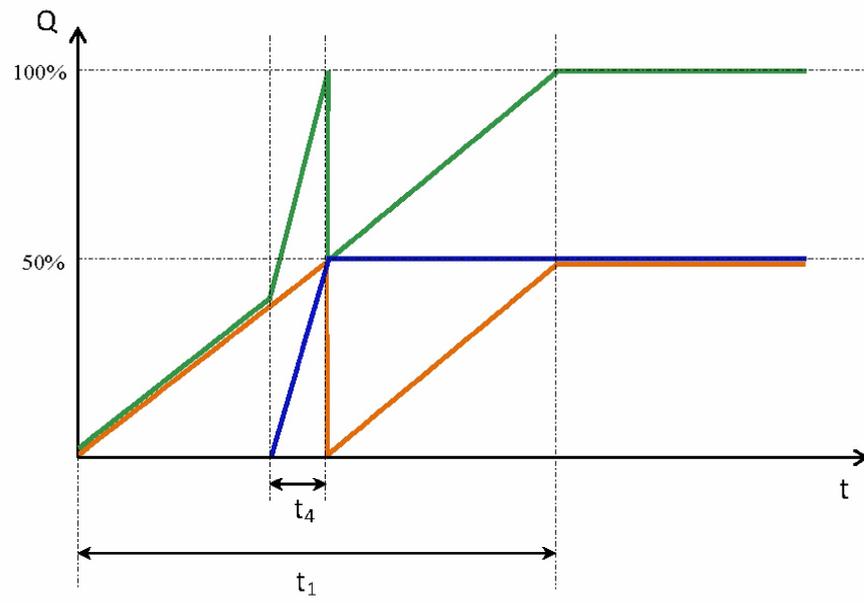
Фиг. 2



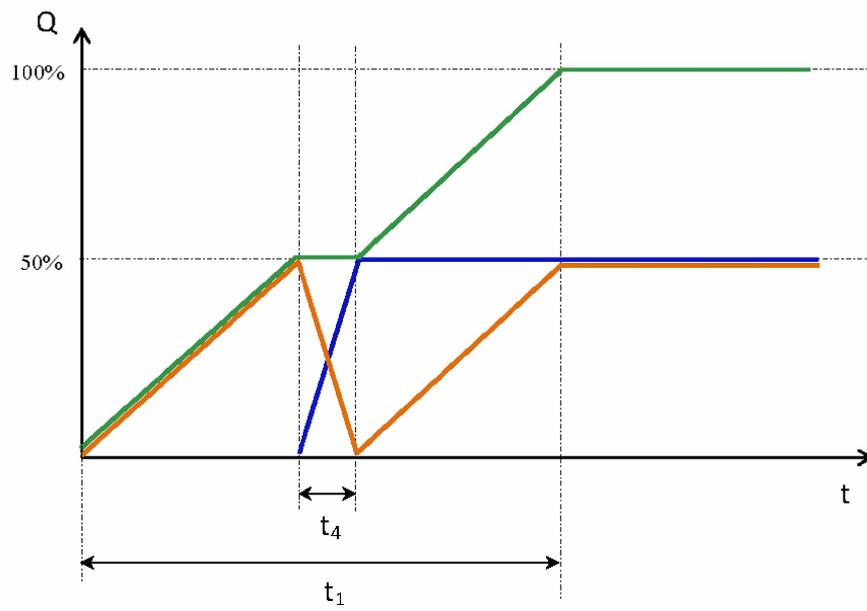
Фиг. 3



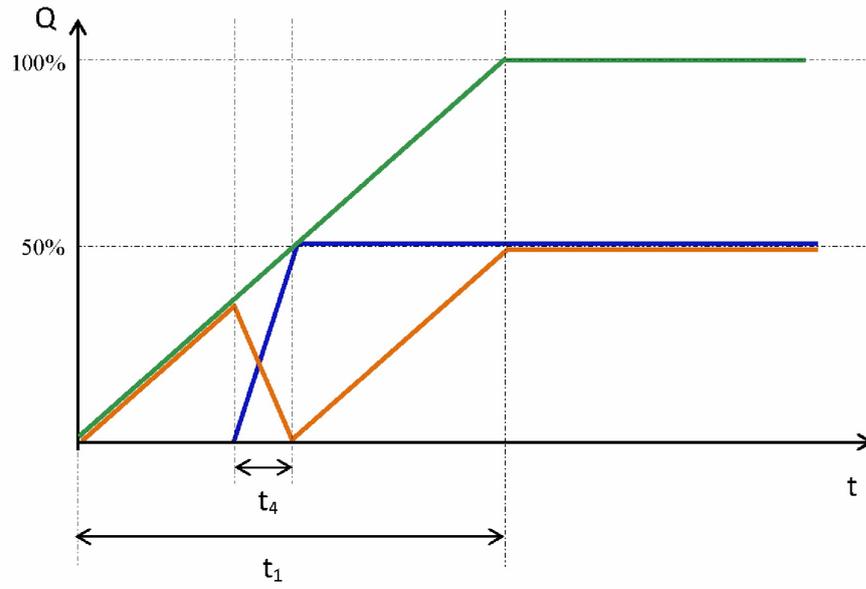
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7