

УДК 681.51

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ БЫТОВЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Давыдов В.О., Водолазский А.Ю.

Одесский национальный политехнический университет

Статья продолжает тему разработки системы управления энергоснабжением при ограниченной мощности. В первой части работы была сформулирована задача управления и предложена концепция алгоритма управления энергоснабжением дома, а также проанализированы возможные способы его реализации [1, с. 11]. Следующий этап работы предусматривает синтез имитационной модели и проверку адекватности работы алгоритма. В данной статье подробно описан алгоритм работы программы, а также рассмотрены и проанализированы некоторые результаты работы данного алгоритма в составе программы.

Ключевые слова: система управления, энергопотребление, умный дом, бытовые приборы.

Постановка проблемы. Напомним основные требования к системе. Система должна:

– переключать оборудование с целью удовлетворения потребностей потребителя, с учётом ограничения по мощности;

– самостоятельно планировать работу бытовых приборов;

– собирать данные о работе приборов и потреблении электроэнергии в режиме реального времени;

– после поступления команды на включение оборудования система должна осуществлять анализ возможности включения данного прибора;

– на основе данных анализа система должна формировать план переключения оборудования, который бы максимально удовлетворял запросы пользователя не превышая максимальную допустимую потребляемую мощность.

Выделение не решённых ранее частей общей проблемы. Ранее был предложен алгоритм управ-

ления энергопотреблением в общем виде. Теперь необходимо разработать имитационную модель и проверить адекватность работы алгоритма.

Цель работы. Основной задачей является разработка системы управления энергообеспечением бытовых объектов при ограниченной мощности, т.е. обеспечение с его помощью одновременной бесперебойной работы некоторого набора бытовых устройств.

Изложение основного материала. На данном этапе необходимо создать инструмент, с помощью которого будет получена возможность симитировать процесс управления энергопотреблением. На основе анализа результатов работы имитационной модели можно проверить адекватность алгоритма, правильность работы системы.

Имитационная модель состоит из модели системы управления и модели объекта управления.

Алгоритм управления отражает модель системы управления. Модель объекта управления представляет собой свойства бытовых приборов, таких как величина энергопотребления, коэффициент запаса мощности.

Работа алгоритма (рис. 1) основана, кроме текущих переменных, на заданных технических характеристиках всех приборов, которые при желании можно изменить. Они могут быть равными табличным значениям:

- Energy Supply – энергопотребление прибора в номинальном режиме;
- Power Reserve Rate – коэффициент запаса мощности прибора; или же быть выбраны произвольным образом;
- Power Limit – общее ограничение по потребляемой мощности;
- Device State – состояние прибора.

Ниже приведено подробное описание работы алгоритма в составе программы.

После запуска программа рассчитывает текущее энергопотребление с учётом заданных начальных данных, выводит на экран список всех приборов с текущим статусом каждого (включён/выключен) и сразу спрашивает пользователя, какой прибор он хочет включить. В данном случае можно просто ввести порядковый номер прибора из списка.

После ввода номера прибора и простых проверок (например, не включён ли уже этот прибор) происходит расчёт общего энергопотребления с учётом дополнительного прибора. Учитывается влияние нового прибора на общее энергопотребление как в процессе его работы, так и при включении, когда затрачивается несколько большая мощность.

$$CPC' = CPC + ES[i] \cdot PRR[i],$$

где CPC – текущее энергопотребление всех работающих приборов;

[i] – прибор, который необходимо включить;

ES[i] – энергопотребление прибора [i];

PRR[i] – коэффициент запаса мощности прибора [i];

CPC' – энергопотребление с учётом работы прибора [i].

Теперь со всеми необходимыми данными появилась возможность проверки включения данного прибора. Если он проходит проверку, то мы значительно сдвигаемся вниз по алгоритму и ставим прибор в очередь на включение.

Если прибор не проходит проверку, пользователю предлагаются альтернативные варианты.

Эти варианты подбираются следующим образом. Сначала программа пересматривает список включённых приборов и предлагает пользователю альтернативный список приборов, которые можно выключить (по одному).

После выбора пользователем варианта из списка приборов на выключение производится расчёт нового энергопотребления и в случае, если энергопотребление будет меньше допустимого, обозначенный прибор выключается, а нужный прибор ставится в очередь на включение.

$$X = CPC - (ES[j_i] + \dots + ES[j_n]),$$

где CPC – текущее энергопотребление всех работающих приборов;

[j_n] – прибор, который необходимо выключить для включения [i];

(ES[j₁] + ... + ES[j_n]) – сумма энергопотребления приборов [j_n];

X – текущее энергопотребление без учёта приборов на выключение [j_n].

Если мы переходим к этой части алгоритма, то при проверке выяснилось, что выключения только лишь одного прибора недостаточно, чтобы включить (i).

Поэтому программа просчитывает все возможные варианты выключения двух приборов и выводит все возможные варианты на экран, чтобы пользователь мог выбрать конкретную пару для выключения.

Теперь происходит расчёт текущего энергопотребления с учётом нового прибора на включение (i) и прибора, который нужно было выключить (j), чтобы включить (i). То есть, проверяется возможность повторного включения только что выключенного прибора.

Если такая возможность есть, то есть при повторном включении не будет превышена располагаемая мощность, то сначала выключается прибор (j) и затем нужный нам прибор (i) ставится в очередь на включение.

$$Y = CPC + ES[i] + (ES[j_i] \cdot PRR[j_i] + \dots + ES[j_n] \cdot PRR[j_n]),$$

где CPC – текущее энергопотребление всех работающих приборов;

[i] – прибор, который необходимо включить;

[j_n] – прибор, который необходимо выключить для включения [i];

ES[i] – энергопотребление прибора [i];

(ES[j₁] · PRR[j₁] + ... + ES[j_n] · PRR[j_n]) – количество энергии, необходимое для включения всех [j_n];

Y – количество энергии, необходимой для включения всех [j_n] при работающем [i].

В противном случае программа уточняет у пользователя, действительно ли он хочет выключить прибор (j) без возможности повторного включения в период работы (i). Если пользователь отвечает положительно, то всё происходит по алгоритму, описанному выше. Если пользователь отвечает отрицательно, программа переходит в режим ожидания.

Если есть возможность выключить некоторый прибор, чтобы включить нужный нам в данный момент, то он выключается, выдерживается небольшая пауза, чтобы избежать непредвиденных ситуаций и включается нужный нам прибор. Затем программа переходит в режим ожидания.

Если также существует и возможность повторного включения выключенных ранее приборов, они ставятся в очередь на включение сразу после (i), и затем программа переходит в режим ожидания.

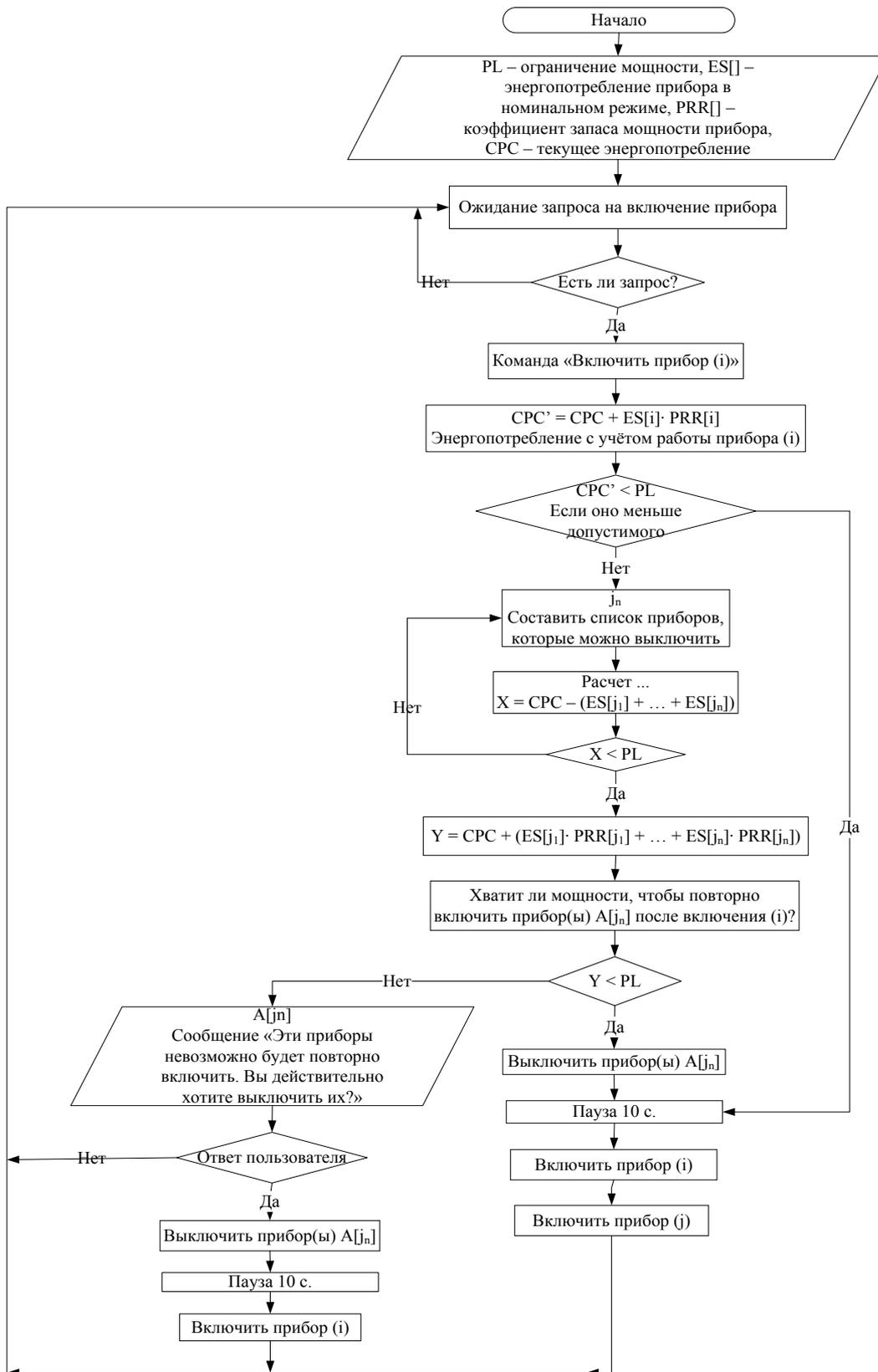


Рис. 1. Алгоритм работы программы

Источник: разработка авторов

В качестве примера работы системы рассмотрим следующие случаи.

Пример 1. Чтобы включить один прибор (стиральную машину), нужно временно выключить другой прибор (электрическую плиту) (табл. 1, рис. 2).

Пример 2. Чтобы включить один прибор (бойлер), нужно выключить два прибора (стиральную машину и электрический чайник) и при этом стиральную машину можно будет включить только после окончания работы бойлера (табл. 2, рис. 3).

Анализ работы программы в примере 1 пошагово

| Временной промежуток, с | Комментарий |
|-------------------------|---|
| 0 – 1 | Текущее энергопотребление составляет 6,1 кВт. Ограничение по мощности – 10 кВт. Поступает запрос на включение стиральной машины. |
| 1 – 2 | Программа подсчитывает количество потребляемой энергии при включении стиральной машины (пунктирная линия) и делает вывод, что в данный момент на её включение не хватит мощности. Пользователю предлагается на выбор ряд приборов, которые можно выключить, чтобы включить стиральную машину. Выбор пал на электрическую плиту. Плита относится к ряду приборов, которые требуют от пользователя разрешения на выключение. Плита выключается. |
| 2 – 3 | Теперь появилась возможность включить стиральную машину, так как порог мощности при включении не будет превышен. За небольшое время стиральная машина включается, достигая пика потребляемой мощности, и затем переходит в нормальный режим работы. |
| 3 – 4 | В итоге мы имеем работающую стиральную машину и выключенную плиту. |
| 4 – 5 | Также, программа видит, что можно не дожидаться окончания работы стиральной машины, так как текущее энергопотребление (4,1 кВт) позволяет автоматически включить электрическую плиту. |

Источник: разработка авторов

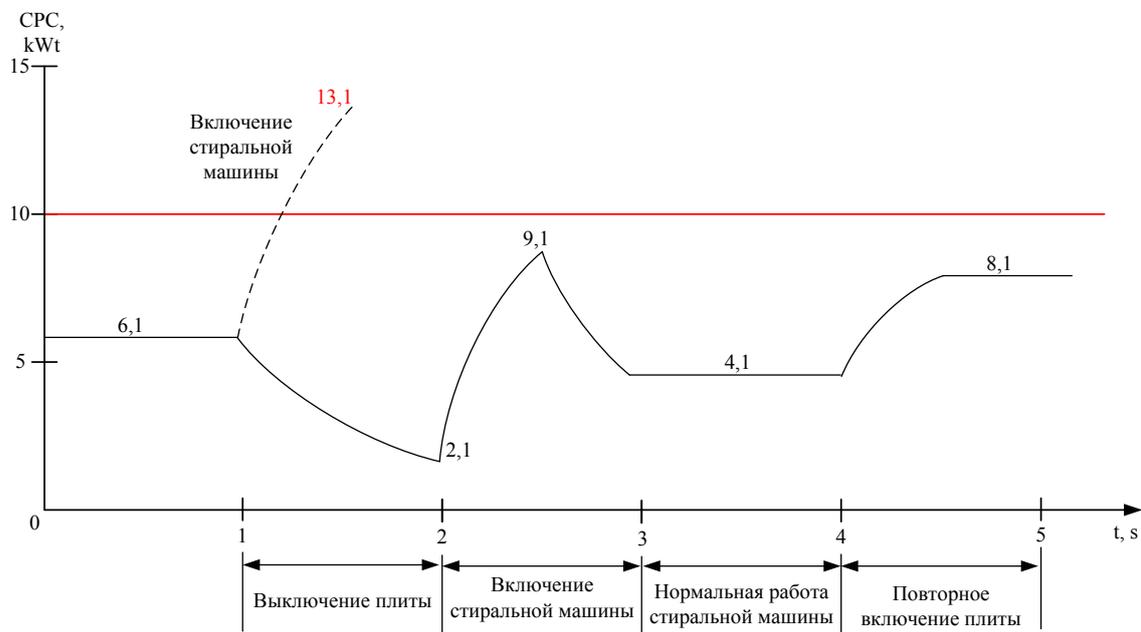


Рис. 2. Диаграмма работы программы в примере 1

Источник: разработка авторов

Анализ работы программы в примере 2 пошагово

| Временной промежуток, с | Комментарий |
|-------------------------|--|
| 0 – 1 | Текущее энергопотребление составляет 6,1 кВт. Ограничение по мощности – 10 кВт. Поступает запрос на включение бойлера. |
| 1 – 2 | Программа подсчитывает количество потребляемой энергии при включении бойлера (пунктирная линия) и делает вывод, что в данный момент на её включение не хватит мощности. Пользователю предлагается на выбор ряд приборов, которые можно выключить, чтобы включить бойлер. Выбор пал на стиральную машину и электрочайник. |
| 2 – 3 | Теперь появилась возможность включить бойлер, так как порог мощности при включении не будет превышен. За небольшое время бойлер включается, достигая пика потребляемой мощности, и затем переходит в нормальный режим работы. |
| 3 – 4 | В итоге мы имеем включённый бойлер и выключенные стиральную машину и электрочайник. |
| 4 – 5 | Также, программа видит, что можно не дожидаться окончания работы бойлера, так как текущее энергопотребление (4,9 кВт) позволяет автоматически включить электрочайник, а вот для повторного включения стиральной машины мощности не хватит. |

Источник: разработка авторов

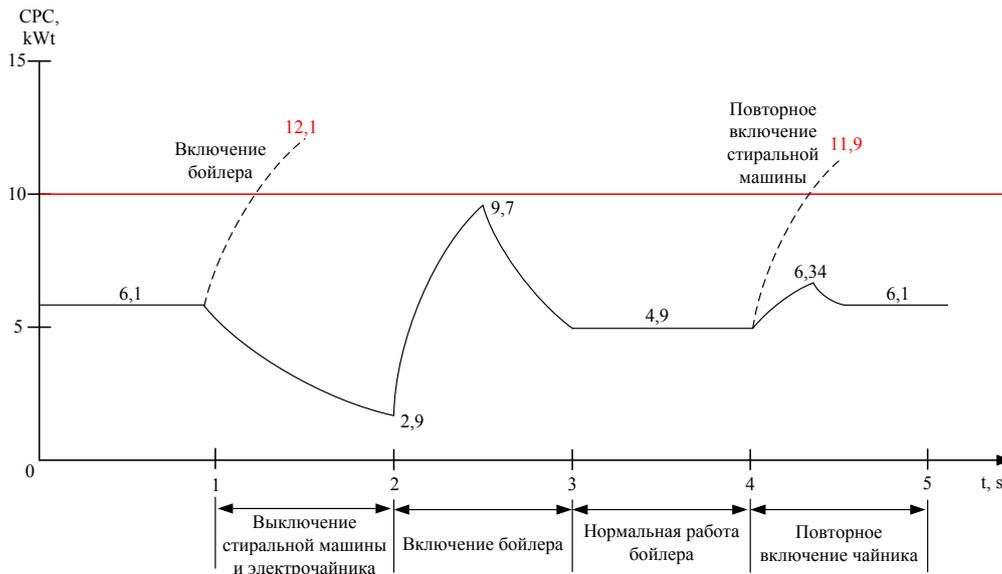


Рис. 3. Диаграмма работы программы в примере 2

Источник: разработка авторов

Выводы и предложения. Таким образом, разработана система управления энергопотреблением дома, согласно которой можно организовать работу приборов при наличии ограничения по мощности. Были проведены соответствующие испытания системы, и на основе анализа результатов данных испытаний мы убедились в её работоспособности.

Среди достоинств данной системы можно выделить относительную простоту в установке, использовании и подгонке под нужды отдельного пользователя, а также простоту обслуживания.

В качестве недостатков данной системы стоит отметить недостаточную универсальность – при значительных различиях имитационной модели объекта от рассматриваемой в данной статье системе понадобится некоторая доработка.

Список литературы:

1. Давыдов В.О., Водолазский А.Ю. Компьютерно-интегрированная система управления энергоснабжением бытовых объектов при ограниченной мощности // Молодой ученый. – 2018. – № 6(58). – 232 с.

Давыдов В.О., Водолазский А.Ю.

Одесский национальный политехнический университет

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯМ ПОВУТОВИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ОБМЕЖЕНІЙ ПОТУЖНОСТІ

Анотація

Стаття продовжує тему розробки системи управління енергопостачанням при обмеженій потужності. У першій частині роботи була сформульована задача управління і запропонована концепція алгоритму управління енергопостачанням будинку, а також проаналізовано можливі способи його реалізації [1]. Наступний етап роботи передбачає синтез імітаційної моделі і перевірку адекватності роботи алгоритму. У цій статті докладно описано алгоритм роботи програми, а також розглянуті і проаналізовані деякі результати роботи даного алгоритму в складі програми.

Ключові слова: система управління, енергоспоживання, розумний дім, побутові прилади.

Davydov V.O., Vodolazskii A.Yu.

Odessa National Polytechnic University

ENERGY SUPPLY CONTROL SYSTEM SIMULATION OF DOMESTIC OBJECTS WITH LIMITED POWER

Summary

The article continues the theme of developing a power management system, while the power is limited. In the first part of the work, the control aim was formulated and the concept of the algorithm for the house energy supply control was proposed, and possible ways to implement it were analyzed [1]. The next step of work involves the synthesis of a simulation model and verification of the adequacy of the algorithm. There are the algorithm of the program described in detail, as well as some of the algorithm working results as the part of the program reviewed and analyzed in this article.

Keywords: control system, power consumption, smart house, household appliances.