



СТАНЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛИФТАМИ СУЛ СОЮЗ 2.0

Функциональные возможности

- Управление лифтами грузоподъемностью до 1000 кг, скоростью до 2,5 м/с, этажностью до 32-х этажей в базовом исполнении
- Эвакуация пассажира при пропадании питания (активная, пассивная, комбинированная)
- Предоткрывание дверей кабины, шахты
- Встроенная 2-проводная ремонтная связь с функцией "Звонок"
- Поддержка 2 этажных площадок на одном этаже, 2 сторон кабины, 2 постов приказов, 2 предотвратителей
- До 20 автоматических и сервисных режимов работы
- Более 300 определяемых состояний неисправностей
- Встроенные модули: Охрана шахты, Контроль скорости, USB-Mp3, Удалённый доступ, Управление ЧП, Аварийное освещение, Контроль фаз (при наличии ШУ А3 эвакуатор)
- Оптимальное управление кабиной, обеспечивающее минимальное время и плавность движения. Используются собственные формулы расчёта S-образных и линейных участков движения
- Драйверы: статистики, журналов, отчётов, ввода-вывода
- Парная, групповая работа.

Техническая реализация

- Высокопроизводительный процессор с ядром Cortex-M4 на базе 32-разрядной архитектуры ARM
- Графический ЖКИ-индикатор 128x64
- Внешняя NVRAM-память для хранения настроек, статистики, журналов работы
- Поддержка порта USB-Host для подключения USB-флешки, порта USB-Slave для подключения ноутбука, ПК. Поддержка файловой системы, декодер mp3, wav-файлов
- Собственная операционная система (ОС) реального времени, установлена в каждом модуле, содержащем микропроцессор.
- Функциональный стиль программирования
- Бытовой загрузчик в каждом модуле, содержащем микропроцессор, для обновления версий ПО локально или дистанционно.

ПРЕИМУЩЕСТВА:

Для Заводов-Изготовителей лифтов

- Лучшая цена
- Возможность частичной локализации производства
- Быстрая адаптация под конкретные узлы и задачи
- Современная, обновляемая разработка, повышающая конкурентность Ваших лифтов

Для монтажных организаций

- Компактные размеры ШУ А4 (250x300x155 мм), ШУ А5 (400x400x155 мм)
- Малый вес ШУ А4 (4 кг), ШУ А5 (8 кг)
- Простой монтаж и подключение. Распределённая система

Для обслуживающих организаций

- Локальное обновление ПО всех модулей СУЛ с помощью USB-флешки
- Дистанционное обновления ПО всех модулей СУЛ с помощью модуля удалённого доступа
- Формирование статистической информации и журналов работы оборудования. Рекомендации о замене узлов и ППР
- Речевое оповещение, проигрывание рекламной информации в кабине лифта с USB-флешки
- Удалённый доступ для получения всей необходимой информации и контроля работы
- Поддержка протокола Модбас для подключения к ДС "Объ", SCADA-системам.

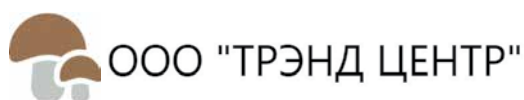
ООО ТРЭНД ЦЕНТР,
г. Новосибирск
тел. 8-913-904-03-08
www.trendc.ru



ООО ТРЭНД ЦЕНТР
© 2007-2022

СУЛ СОЮЗ 2.0

Оптимальное управление лифтом



ООО "ТРЭНД ЦЕНТР"

Сформулирован критерий оптимального управления кабиной лифта. Выведен набор формул для реализации алгоритма оптимального управления с учетом S-образных участков движения. Расчет предложен для случая полной и частичной реализации профилей разгона, замедления. Рассмотрены особенности технической реализации расчетов в СУЛ СОЮЗ 2.0.

ООО «ТРЭНД ЦЕНТР», г. Новосибирск

Оптимальное управление перемещением кабины лифта обеспечивает транспортирование пассажиров на требуемые этажи за минимальное время с сохранением плавности и комфорта движения. Под оптимальным управлением будем понимать такое управление, при котором обеспечивается *минимальное время движения* на требуемые этажи.

Для достижения этого критерия необходимо обеспечить максимальное время движения на номинальной скорости и минимальное время движения на скорости выравнивания (замедления). Это требует рассчитать макси-

мально возможную скорость движения и оптимальную точку начала замедления (ТНЗ) с учетом всех S-образных участков движения.

S-образные участки движения на кривой скорости формируются преобразователем частоты (ПЧ), исходя из запрограммированных параметров и математической модели, заложенной в ПЧ. Единообразие расчетов в ПЧ и станции управления лифтом (СУЛ) позволяет сформировать расчетный профиль движения в СУЛ и обеспечить синхронность расчетов с ПЧ, что необходимо для выдачи команд разгона, установки скорости и замедления строго в требуемый момент.

Таким образом, необходим вывод формул расчета для скорости, ускорения и пути движения кабины. Далее требуется реализовать данные расчеты в СУЛ, а на основании полученной информации возможно оптимальное управление по критерию: *минимальное время движения*.

Базовые положения

Получим графики параметров движения: на участке разгона – Т1; на участке движения – Т2, на участке замедления – Т3 **при отсутствии S-образных участков движения:**

► скорость на участках Т1, Т2, Т3 (рис. 1) принимаем $V_{max} = 1 \text{ м/с}$.

$$V1(t) = V_{max} \cdot t;$$

$$V2(t) = V_{max};$$

$$V3(t) = V_{max} - V_{max} \cdot t;$$

► ускорение на участках Т1, Т2, Т3 (рис. 2) найдем через дифференцирование скорости:

$$A1(t) = \frac{d}{dt}V1(t) \rightarrow 1;$$

$$A2(t) = \frac{d}{dt}V2(t) \rightarrow 0;$$

$$A3(t) = \frac{d}{dt}V3(t) \rightarrow -1;$$



▲ Автор статьи: Е. В. Шоба, к. т. н., директор ООО «ТРЭНД ЦЕНТР»



Рис. 1. Функции скорости на участках Т1, Т2, Т3



Рис. 2. Функции ускорения на участках T1, T2, T3

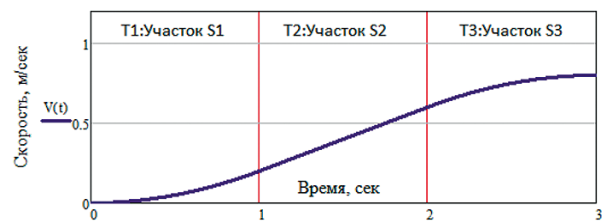


Рис. 5. Функции скорости на участках T1, T2, T3

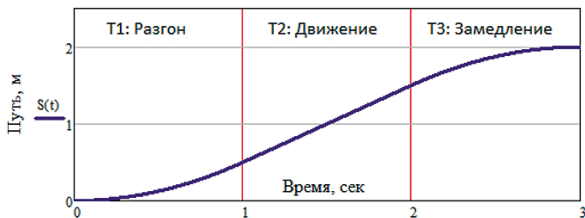


Рис. 3. Функции пути на участках T1, T2, T3

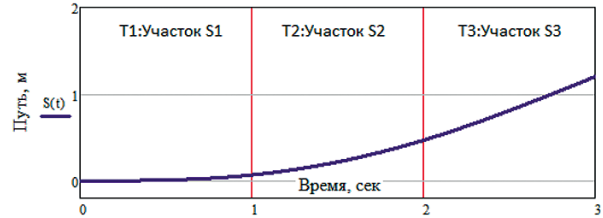


Рис. 6. Функции пути на участках T1, T2, T3

► пройденный путь на участках T1, T2, T3 (рис. 3) найдем через интегрирование скорости:

$$S1(t) = \int_0^t V1(t) dt \rightarrow \frac{t^2}{2};$$

$$S2(t) = \int_0^t V2(t) dt \rightarrow t;$$

$$S3(t) = \int_0^t V3(t) dt \rightarrow \frac{-t \cdot (t - 2)}{2}.$$

Для обеспечения более комфортного движения на участках разгона и замедления в кривые скорости вводятся S-образные участки.

Добавим S-образные участки в кривую разгона. Далее все расчеты будем проводить с участком разгона T1 (рис. 1). Расчеты для участка замедления аналогичны, за исключением начальных условий.

Получим графики параметров движения на участке разгона T1 при **наличии S-образных участков движения**.

Будем работать от ускорения. Для введения S-образных участков скорости необходимо сформировать

функции ускорения, как показано на рис. 4.

► Ускорение на участках T1, T2, T3 для участка разгона показано на рис. 4, принимаем: $A_{max} = 0,4 \text{ м/с}^2$, тогда:

$$A1(t) = A_{max} \cdot t;$$

$$A2(t) = A_{max};$$

$$A3(t) = A_{max} - A_{max} \cdot t.$$

Проинтегрируем функции ускорения и получим функции скорости с S-образными участками:

► скорость на участках T1, T2, T3 для участка разгона (рис. 5):

$$V1(t) = \int_0^t A1(t) dt \rightarrow 0,2 \cdot t^2;$$

$$V2(t) = \int_0^t A2(t) dt \rightarrow \frac{2}{5} \cdot t;$$

$$V3(t) = \int_0^t A3(t) dt \rightarrow 0,4 \cdot t - 0,2 \cdot t^2.$$

► Пройденный путь на участках T1, T2, T3 для участка разгона (рис. 6) найдем через интегрирование скорости:

$$S1(t) = \int_0^t V1(t) dt \rightarrow 0,066 \cdot t^3;$$

$$S2(t) = \int_0^t V2(t) dt \rightarrow 0,2 \cdot t + 0,2 \cdot t^2;$$

$$S3(t) = \int_0^t V3(t) dt \rightarrow 0,6 \cdot t + 0,2 \cdot t^2 + 0,066 \cdot t^3.$$

Модели формирования профилей движения в ПЧ

Для применения базовых положений к конкретной задаче управления ПЧ, необходимо определиться с особенностями формирования кривых разгона и торможения различными ПЧ.

В целом, на основании проведенных исследований на некотором количестве разных ПЧ, можно выделить две основные модели формирования профилей движения:

► *модель «Постоянное время»*. В данной модели принимается, что задаваемое время разгона, замедления в ПЧ постоянно и не зависит от S-образных участков на профиле разгона, замедления (участок S1, S3 на рис. 5). Эта модель характерна для таких ПЧ, как SE Altivar 58, SE Altivar 71 и др.;

► *модель «Постоянное ускорение»*. В данной модели принимается, что задаваемое время разгона, замедления в ПЧ увеличивается при наличии S-образных участков на профиле разгона, замедления. Постоянно только ускорение, задаваемое данным временем на участке линейного нарастания скорости (участок S2 на рис. 5). Вторая модель характерна

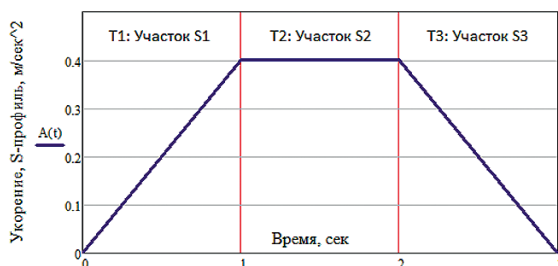


Рис. 4. Функции ускорения на участках T1, T2, T3

для таких ПЧ, как SV iV5, DELTA VFD-ED и др.

СУЛ СОЮЗ 2.0 реализует обе модели расчетов в зависимости от типа используемого ПЧ. Рассмотрим расчет для модели «Постоянное ускорение», так как ПЧ, формирующие профили движения по данной модели, в настоящее время наиболее востребованы.

Расчеты для модели «Постоянное ускорение»

В статье приведены расчеты для участка разгона T1 (рис. 1). Расчеты для участка замедления аналогичны, за исключением начальных условий.

Конечной задачей является вывод формул для расчета пути разгона, движения и замедления. Данные формулы реализуются в СУЛ, на основании этих расчетов команды управления выдаются оптимально.

Выполним вывод формул и расчеты.

Изменение скорости на участке разгона с учетом S-образных участков показано на рис. 7.

Исходные данные для расчета:

- ▶ максимальная скорость: $V_{max} = 1,0 \text{ м/с}$;
- ▶ время разгона: $Acc = 2,5 \text{ с}$;
- ▶ время участка S1: $T1 = 1,5 \text{ с}$;
- ▶ время участка S3: $T3 = 1,5 \text{ с}$.

Шаг 1: Найдем изменение скорости на участке T1.

▶ функция ускорения на участке T1:

$$A1(t) = K \cdot t,$$

где $K = \frac{V_{max}}{Acc \cdot T1}$ – коэффициент наклона кривой ускорения;

▶ функция скорости на участке T1:

$$V1(t) = \int_0^t A1(t) dt = K \cdot \frac{t^2}{2};$$

▶ изменение скорости на участке T1:

$$\Delta V1 = T1 \cdot \frac{V_{max}}{2 \cdot Acc} = 0,3 \text{ м/с} \quad (1)$$

Шаг 2: Найдем изменение скорости на участке T3:

▶ функция ускорения на участке T3:

$$A3(t) = A_{max} - K \cdot t,$$

где $K = \frac{V_{max}}{Acc \cdot T3}$ – коэффициент наклона кривой ускорения;

▶ функция скорости на участке T3:

$$V3(t) = \int_0^t A3(t) dt \rightarrow A_{max} \cdot t - K \cdot \frac{t^2}{2};$$

▶ изменение скорости на участке T3:

$$\Delta V3 = T3 \cdot \frac{V_{max}}{2 \cdot Acc} = 0,3 \text{ м/с} \quad (2)$$

Шаг 3: Выбор дальнейшей методики расчета определяется возможностью реализации профиля разгона, замедления.

▶ Если $V_{max} \geq \Delta V1 + \Delta V3$, значит, требуемый профиль может быть реализован в соответствии с шагом 4;

▶ если $V_{max} < \Delta V1 + \Delta V3$, значит, возможна только частичная реализация профиля разгона, замедления. Данная ситуация характерна при движении на «короткие» этажи, когда пути движения недостаточно (шаг 5).

Шаг 4: При полной реализации профиля разгона, замедления найдем изменение скорости на участке T2 (рис. 7):

▶ изменение скорости на участке T2:

$$\Delta V2 = V_{max} - (\Delta V1 + \Delta V3) = 0,4 \text{ м/с} \quad (3)$$

▶ время движения на участке T2:

$$T2 = \Delta V2 \cdot \frac{Acc}{V_{max}} = 1 \text{ с} \quad (4)$$

▶ пройденный путь за линейный участок с постоянным ускорением:

$$S2(t) = \Delta V1 \cdot T2 + \frac{V_{max} \cdot T2^2}{2 \cdot Acc} \quad (5)$$

▶ пройденный путь за участок T1:

$$S1(t) = \int_0^t V1(t) dt = \frac{V_{max} \cdot T1^2}{6 \cdot Acc} = 0,15 \text{ м} \quad (6)$$

▶ пройденный путь за участок T3:

$$S3(t) = \int_0^t V3(t) dt = (\Delta V1 + \Delta V2) \cdot T3 + \frac{V_{max} \cdot T3^2}{3 \cdot Acc} = 1,35 \text{ м} \quad (7)$$

Шаг 5: При частичной реализации профиля разгона, замедления, участок T2 (рис. 7), будет отсутствовать.

Дадим общее решение для определения пути и времени на участках T1, T3 при отсутствии T2.

▶ Изменение скорости на участке T1, T3:

$$\Delta V1 = T1 \cdot \frac{V_{max}}{2 \cdot Acc};$$

$$\Delta V3 = T3 \cdot \frac{V_{max}}{2 \cdot Acc} \quad (8)$$

▶ Через интегрирование ускорения формула для скорости на любом участке движения:

$$VX = \frac{V_{max}}{2 \cdot Acc \cdot T1} \cdot TX^2;$$

▶ получим уравнение относительно TX:

$$\frac{V_{max}}{2Acc \cdot T1} TX^2 - (\Delta V1 - (\Delta V1 + \Delta V3 - \Delta rpm) \cdot \frac{\Delta V1}{\Delta V1 + \Delta V3}) = 0,$$

где Δrpm – изменение скорости от начальной до требуемой.

Решение уравнения для участка T1, T3:

$$T1 = \sqrt{\frac{2 \cdot T1^2 \cdot Acc \cdot \Delta rpm}{V_{max} \cdot (T1 + T3)}};$$

$$T3 = \sqrt{\frac{2 \cdot T3^2 \cdot Acc \cdot \Delta rpm}{V_{max} \cdot (T1 + T3)}} \quad (9)$$

▶ Выражение для пройденного пути S1, S3:

$$S1 = \frac{V_{max} \cdot T1^2}{6 \cdot Acc};$$

$$S2 = \Delta V1 \cdot T3 + \frac{V_{max} \cdot T3^2}{3 \cdot Acc} \quad (10)$$

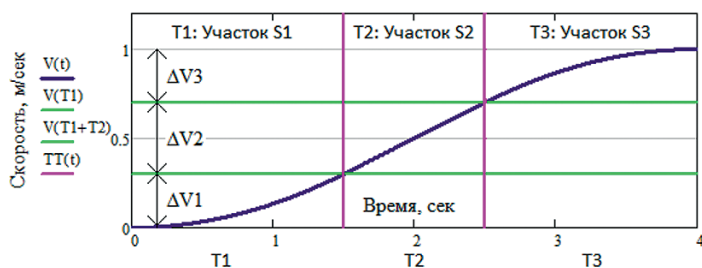


Рис. 7. Участок разгона с S-профилями

Таким образом, выведен набор формул для модели «Постоянное ускорение», позволяющий рассчитать все параметры разгона, движения, замедления кабины.

Для определения изменений скорости на участках T1, T3 необходимо использовать формулы (1), (2).

При полной реализации профиля разгона, замедления, для определения изменения скорости на участке T2 и длительности T2 необходимо использовать формулы (3), (4).

Для определения пути движения на участках T1, T2, T3 необходимо использовать формулы (5), (6), (7).

При частичной реализации профиля разгона, замедления, для определения изменений скорости на участках T1, T3 необходимо использовать формулу (8). Для определения пути движения на участках T1, T3 необходимо использовать формулы (9), (10).

Применение данных формул позволяет реализовать задачу оптимального управления движением кабины лифта.

Расчет для модели «Постоянное время» будет приведен позже.

Особенности технической реализации расчетов в СУЛ СОЮЗ 2.0

Расчет профилей разгона, движения, замедления должен выполняться непрерывно, в течение всего цикла движения кабины лифта. Также необходимо иметь данную информацию перед стартом для определения оптимальной скорости движения на ближайшие этажи.

Исходя из текущей скорости и положения в шахте, непрерывный расчет позволяет в реальном времени определять предстоящий путь замедления с учетом всех S-образных участков движения.

Имея данную информацию, возможно оптимально рассчитать точку начала замедления (ТНЗ) и выдавать команду замедления в момент, обеспечивающий наименьшее время движения на скорости выравнивания (замедления).

При скорости лифта 2,5 м/с и необходимом времени реакции 25 мс алгоритм расчета требует до 16 MIPS.

В СУЛ СОЮЗ 2.0 используется современный, высокопроизводительный процессор с ядром Cortex-M4 на базе 32-разрядной архитектуры ARM.

Это позволило реализовать все необходимые вычисления, а также добавить множество сервисных функций, с которыми можно ознакомиться на сайте производителя СУЛ СОЮЗ 2.0: www.trendc.ru.

Версии СУЛ СОЮЗ ниже 2.0 построены на 16-битном ядре 56800E и не содержат данных расчетов и сервисных функций. Применение СУЛ СОЮЗ 2.0 на лифтах позволяет добиться оптимального управления кабиной лифта с сохранением плавности движения. Компактные размеры системы обеспечивают простоту монтажа и низкую стоимость. Возможности, безопасность, функциональность, надежность достигаются благодаря использованию современных технических решений при проектировании и более чем 15-летнему опыту разработки и производства подобных систем.

Таким образом, использование СУЛ СОЮЗ 2.0 позволяет заводам-производителям лифтов находиться в тренде импортозамещения и предлагать современные, конкурентные решения рынку лифтового оборудования.

Е. В. Шоба, к. т. н., директор,
ООО «ТРЭНД ЦЕНТР», г. Новосибирск,
тел.: +7 (913) 904-0308,
e-mail: oootrendc@yandex.ru,
сайт: www.trendc.ru



ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ

2022 / Специализированные конференции

- Промышленная автоматизация
- Цифровизация производства
- Искусственный интеллект
- Интернет вещей и большие данные
- Информационная безопасность
- Автоматизация зданий и инженерных систем

