

# Автоматизированная система управления приводом тоннельного эскалатора метрополитена с применением преобразователя частоты

В 2009-2010 г. специалистами ЗАО «АйСиТи Автоматизация» выполнена разработка проектной документации на автоматизированную систему управления тоннельным эскалатором метрополитена с применением преобразователя частоты, обеспечивающую рекуперацию энергии торможения.

В результате работы подготовлен комплект рабочей документации на «Автоматизированную систему управления тоннельным эскалатором метрополитена с главным приводом от асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором мощностью от 45 кВт до 200 кВт» (АСУ Э). Проектная документация прошла экспертизу промышленной безопасности, получено решение Северо-Западного управления Ростехнадзора об утверждении решения экспертизы.

## Предпосылки к разработке

Важным условием повышения эффективности функционирования метрополитена является снижение энергозатрат при сохранении объема перевозок.

Наиболее энергоемким потребителем метрополитена являются эскалаторные установки. В Московском метрополитене эксплуатируется более шестисот эскалаторов, в метрополитене г. Санкт-Петербурга более двухсот.

С точки зрения электропривода эскалатор можно рассматривать как установку с постоянным моментом сопротивления, у которой значительная часть энергии расходуется на покрытие потерь в механических элементах эскалатора. Характер изменения нагрузки определяется суточными графиками пассажиропотока, которые, как правило, имеют один или несколько максимумов с длительными промежутками между ними. Потребление электроэнергии эскалатором и снижение их ресурса прямо пропорциональны скорости движения лестничного полотна. От этой скорости зависит пропускная способность эскалатора. Непосредственно от скорости движения лестничного полотна зависит периодичность ремонтных работ, так как пробег эскалатора определяется произведением его скорости на время работы. В связи с высокой стоимостью ремонтных работ, а также значительным неудобством, причиняемым пассажирам при остановке эскалаторов на время ремонта, очень важно увеличение межремонтных периодов.

Уменьшение скорости движения лестничного полотна в периоды времени с низкой нагрузкой эскалаторных установок, в конечном счете, приводит к увеличению межремонтного периода работы эскалатора и снижению потребления электрической энергии.

Для реализации такого способа управления применяется частотные преобразователи.

В процессе эксплуатации привод эскалатора работает в режиме продолжительного торможения при работе на спуск под нагрузкой, так как пассажирская нагрузка на лестничное полотно превы-

шает момент сопротивления механических элементов эскалатора. В этом случае электродвигатель главного привода эскалатора действует как генератор направляющий электроэнергию в звено постоянного тока преобразователя частоты (ПЧ). Возникает необходимость уменьшать величину избыточной энергии, чтобы предотвратить перегрузку звена постоянного тока ПЧ. Это можно сделать следующими способами:

- применением резистора динамического торможения в цепи постоянного тока;
- применением устройства рекуперации электроэнергии в питающую сеть.

Применение тормозного резистора нецелесообразно экономически, поскольку избыточная энергия при таком методе превращается в тепло. Применение устройства рекуперации позволяет всю энергию генерируемую электроприводом при торможении вернуть в питающую сеть.

Для реализации функции энергосбережения в качестве рекуперированного устройства применяется активный выпрямитель напряжения, обеспечивающий возврат энергии торможения в сеть.

В процессе разработки системы управления эскалатором осуществлялось тесное сотрудничество с эскалаторной службой Петербургского метрополитена и специалистами ЗАО «ЭЛЭС». При разработке учтены технические требования разработанные специалистами эскалаторной службы Петербургского метрополитена.

## Описание системы

Представляемая система предназначена для автоматизированного управления работой тоннельного эскалатора метрополитена с главным приводом от асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором мощностью от 45 кВт до 200 кВт, как автономно, так и в составе комплексной системы диспетчерского управления метрополитеном. Основной системой является оборудование фирмы Шнейдер Электрик, такое как программируемый логический контроллер Modicon M340, панель оператора Magelis,

преобразователь частоты Altivar 71 и активный рекуператор энергии (Activ Front End).

- Целями создания системы являются:
  - замена морально устаревших и выработавших свой ресурс действующих систем управления эскалатора на единую, унифицированную систему управления для всех типов эскалаторов;
  - оснащение вновь выпускаемых эскалаторов современной унифицированной системой управления;
  - повышение надёжности работы оборудования за счёт применения современной элементной базы;
  - уменьшение динамических нагрузок на механизмы эскалатора при пуске и останове эскалатора за счет применения преобразователя частоты;
  - снижение эксплуатационных расходов за счёт унификации применяемого оборудования и технического обслуживания системы, материалов и уменьшения энергоёмкости оборудования;
  - улучшение условий труда обслуживающего персонала;
  - повышение безопасности перевозки пассажиров за счёт «плавных» характеристик пуска и торможения эскалатора.

Комплекс технических и программных средств системы предназначен для управления работой эскалатора, диагностики состояния оборудования и представления диспетчерскому, оперативному и обслуживающему персоналу возможности контроля текущего состояния всего оборудования эскалаторной станции.

Информационная связь между системой, размещённой в машинном зале эскалаторной станции и удаленными рабочими местами, осуществляется посредством сети передачи данных, реализованной на основе коммуникационной сети Ethernet.

В части возможности интеграции в действующие системы диспетчерского управления метрополитена система представляет собой структуру с открытой архитектурой, использует стандартные интерфейсные каналы передачи данных, обеспечивающие информа-

ционную совместимость с действующими системами передачи данных.

На рисунке 1 показана структурная схема системы управления эскалатором.

## Порядок работы системы

Система обеспечивает следующие режимы управления эскалатором:

- местное управление;
- дистанционное управление;
- телеуправление – управление по каналам телеуправления из диспетчерской;
- управление в режиме наладки.

Режим управления эскалатором задаётся соответствующим переключателем, расположенным на двери шкафа управления в машзале эскалатора.

Система обеспечивает следующие функции управления:

- плавный пуск эскалатора на главном приводе в заданном направлении с задаваемой скоростью до 0,75 м/с и с ускорением в начальный момент пуска не более 0,6 м/с<sup>2</sup> и в процессе разгона не более 0,75 м/с<sup>2</sup>;
- пуск эскалаторов на вспомогательном приводе со скоростью не более 0,04 м/с;
- режим «Реверс толчком» – пуск остановленного эскалатора в обратном предшествующему направлению движения с целью перемещения лестничного полотна на величину не более 200 мм и со скоростью не более 0.04 м/с;
- защиту от случайного пуска эскалаторов с пассажирами в обратном направлении после его остановки;
- остановку эскалаторов с применением плавного электрического торможения электродвигателя главного привода с замедлением при работе на спуск не более 0,6 м/с<sup>2</sup>, а при работе на подъём не более 1,0 м/с<sup>2</sup>, и последующим наложением рабочих тормозов:

- от любого из ключей «Стоп»;
- при срабатывании блокировочных устройств;
- при неисправности перекрывателей (при неоткрытии перекрывателей на площадке схода по команде «Открыть перекрыватели»);
- при одиночном отказе элементов системы управления.

- управление перекрывателями на верхней и нижней входных площадках эскалатора.

Система обеспечивает пуск эскалатора на главном приводе (после выбора направления «на подъём» или «на спуск» и подачи команды «пуск»). Преобразователь частоты регулирует скорость электропривода эскалатора посредством алгоритма векторного управления потоком в замкнутой системе регулирования скорости. Для контроля скорости на валу двигателя устанавливается датчик скоро-

сти, который применяется в качестве обратной связи по скорости в преобразователе частоты, эта же информация поступает посредством шины CANopen из преобразователя частоты в управляющий контроллер. Управление рабочим тормозом осуществляет преобразователь частоты. Контролируя скорость вращения вала двигателя по датчику обратной связи, преобразователь частоты растормаживает электродвигатель при пуске и затормаживает при останове, постольку поскольку векторное управление и специальные функции, заложенные в преобразователе частоты позволяют удерживать практически нулевую скорость при неизменном номинальном моменте на валу двигателя. Кроме этого для контроля скорости полотна эскалатора применяется второй датчик скорости (энкодер 2), установленный на главном приводном валу, сигналы с этого датчика заводятся непосредственно в управляющий контроллер. Таким образом, имеются два канала измерения скорости. Один из каналов используется для регулирования скорости преобразователем частоты. Оба канала измерения скорости используются управляющим контроллером для измерения скорости, направления и величины пробега полотна эскалатора. По этим данным о скорости и направлении, получаемым по двум независимым каналам измерения скорости (энкодер 1 и энкодер 2), осуществляется управление аварийным тормозом.

Система обеспечивает следующие функции контроля и измерений:

- контроль направления движения лестничного полотна;
- контроль готовности эскалатора к пуску;
- измерение тормозного пути при торможении эскалатора (в том числе и рабочими тормозами) в пределах от 200 до 1500 мм с точностью ±20 мм;
- измерение холостого выбега в пределах от 1000 до 15000 мм с точностью ±50 мм.
- контроль режима управления;
- контроль целостности катушек и электрических цепей электромагнитов аварийных тормозов;
- контроль, по инициативе персонала, состояния перекрывателей, рабочих и аварийных тормозов, величины тормозного пути и холостого выбега;
- измерение общего пробега эскалатора;
- измерение величины перемещения при реверсе толчком;
- измерение тормозного пути при опробовании и в штатном режиме останова;
- контроль температуры подшипников входного вала редуктора - 2 точки на редукторе, t > 72°C с точностью ± 3°C;
- контроль температуры электродвигателя главного привода - одна точка

на корпусе электродвигателя, t > 100°C с точностью ± 3°C;

- измерение уровня вибрации электродвигателя главного привода, амплитуда вибрации более 0,16 мм с точностью ± 5 %;
- уровень вибрации редуктора - две точки в местах крепления к фундаменту амплитуда вибрации более 0,16 мм с точностью ± 5 %;
- параметры силовой сети питания 380В ± 15 % с точностью 2%;
- контроль токов электродвигателя главного привода 0–400А с точностью 2%.

Все события, контролируемые и измеряемые параметры сохраняются в системе с отметкой времени и даты и могут быть переданы по цифровой сети на диспетчерский пункт или в смежные системы.

## Состав системы

В состав комплекса технических средств АСУ Э входят следующие изделия:

- шкаф автоматического ввода резерва и модуля рекуперации (ШАВР) - АСТ-Н.425230.006.Э3.02;
- шкаф преобразователя частоты (ШПЧ) - АСТ-Н.425230.006.Э3.03;
- шкаф управления (ШУ) и пульт управления из машинного зала, размещаемый на двери ШУ - АСТ-Н.425230.006.Э3.04;
- шкаф ввода/вывода №1 (верхний, ШВВ1) - АСТ-Н.425230.006.Э3.05;
- шкаф ввода/вывода №2 (нижний, ШВВ2) - АСТ-Н.425230.006.Э3.06;
- пульт управления у верхней посадочной площадки (ПУВ);
- пульт управления у нижней посадочной площадки (ПУН);
- переносной пульт управления вспомогательным приводом (ППУ) - АСТ-Н.425230.006.Э3.09;
- датчики контроля температуры и вибрации;
- датчики блокировочных цепей.

По всем интересующим вопросам можно обращаться:

ЗАО «АйСиТи Автоматизация»  
630087, РФ, г. Новосибирск, а/я 289  
Зырянов В. П., Свояновский В. Г.  
Тел. +7 (383) 354 04 48  
факс +7 (383) 304 05 74  
E-mail: [nsk@ictglobal.ru](mailto:nsk@ictglobal.ru)  
[www.ictglobal.ru](http://www.ictglobal.ru)

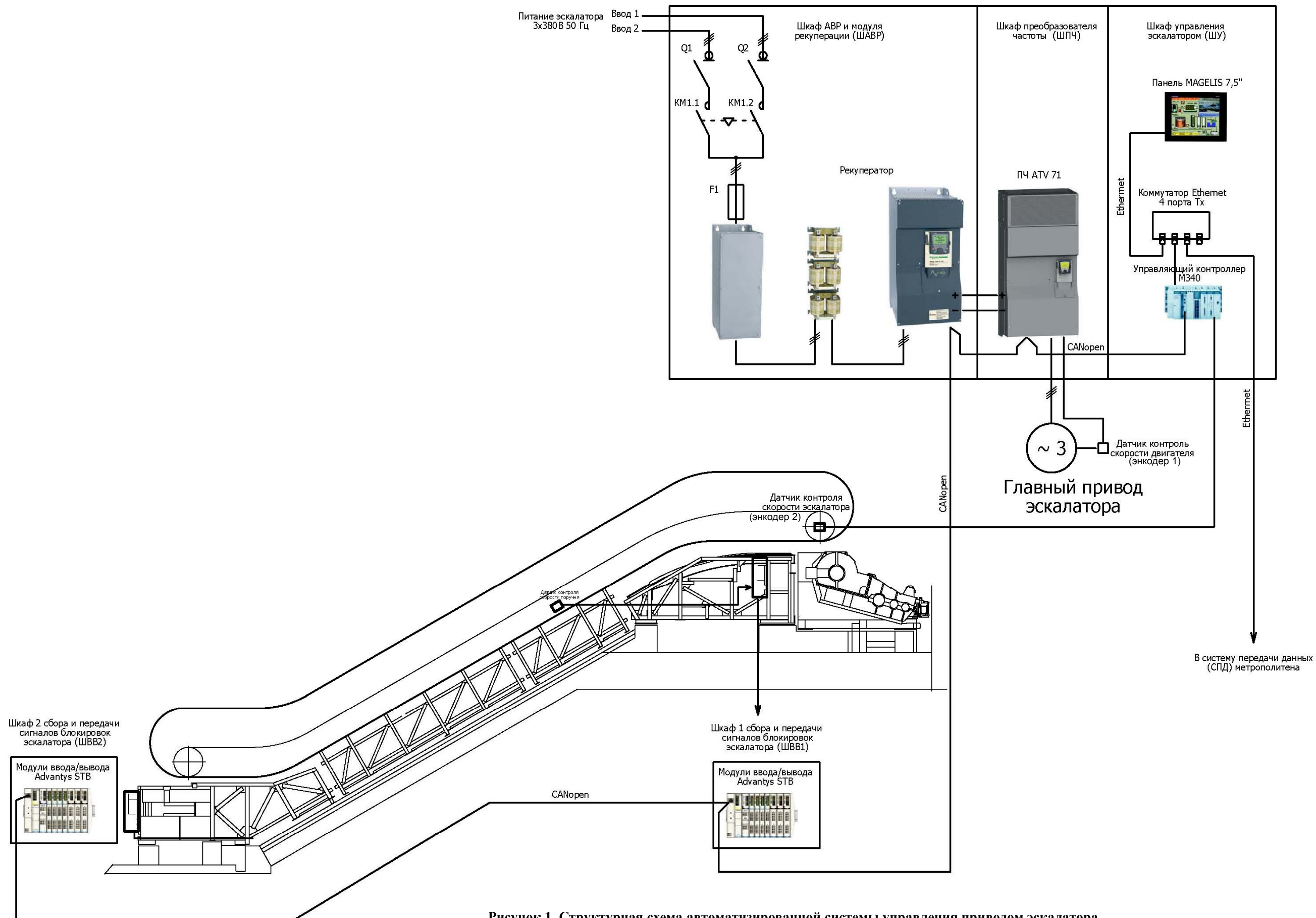


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы управления приводом эскалатора