

# Промышленные СКС – особенности и требования

Текущая деятельность всех без исключения структурных единиц современного промышленного предприятия невозможна без массового использования технических средств электронной обработки данных. Они применяются во всех областях производственного процесса и представлены серверами для хранения и обработки информации, пользовательскими рабочими станциями локальной сети офисной зоны предприятия и IP-телефонами; управляющими компьютерами и контроллерами, работающими непосредственно на производственных линиях; различными IP-камерами для визуального наблюдения в опасных и труднодоступных зонах.

Эффективность функционирования отдельных вычислительных устройств существенно повышается при их объединении в единую информационно-вычислительную структуру. Технически это может быть реализовано различными способами, но в рамках широко распространенной 7-уровневой модели открытых систем чаще всего осуществляется с привлечением проводных каналов связи.

Основой для формирования физического уровня производственной информационной инфраструктуры становится структурированная кабельная система, которая строится в соответствии с положениями стандарта ISO/IEC 24702 “Information technology - Generic cabling- Industrial premises” (Информационная технология – Структурированная кабельная система для применения на промышленных предприятиях). Кабельная проводка, созданная с выполнением требований нормативной части этого документа, предоставляет в области промышленного производства все те преимущества, который имеет пользователь, эксплуатирующий классическую офисную СКС, построенную на основе стандарта ISO/IEC 11801. Сильная сторона документа ISO/IEC 24702 заключается в том, что обращение к нему позволяет осуществить бесшовную стыковку офисной и производственной частей структурированной проводки, что открывает перспективы полномасштабной реализации концепции прозрачного предприятия.

## Особые требования к кабельной системе промышленного назначения

СКС, предназначенная для построения и использования в производственной зоне промышленного предприятия, эксплуатируется в чрезвычайно жестких условиях. Отдельные компоненты, из которых собираются стационарные линии и формируются тракты промышленных СКС, а также сами эти линии и тракты подвергаются сильному воздействию таких агрессивных факторов окружающей среды, как:

- механические нагрузки,
- удары и вибрация,
- высокая влажность и пыль,
- различные агрессивные жидкости и газы,
- резкие перепады температуры,
- интенсивное электромагнитное излучение различных диапазонов.

Представленный перечень является далеко не полным, и на конкретных производственных площадках его можно расширить с учетом специфики промышленного предприятия.

Совокупность этих факторов приводит к необходимости уделять особое внимание обеспечению

надежной защиты отдельных компонентов структурированной проводки. Основная цель проводимых мероприятий заключается в обеспечении нормальной работоспособности цепей передачи информационных сигналов на протяжении всего нормативного срока службы промышленной СКС.

## Классификация MICE

Компоненты промышленной СКС могут эксплуатироваться в довольно жестких условиях окружающей среды. Последние сильно отличаются в зависимости от того, на выпуске какой продукции специализируется производящее предприятие. Для учета этих особенностей международный стандарт ISO/IEC 24702 вводит понятие уровней внешних воздействий по MICE. Обращение к концепции, заложенной в данную классификацию, позволяет решить ряд практически важных задач. Главными из них становятся:

- четкое разделение по видам вредных влияющих воздействий окружающей среды, типичных для промышленных предприятий различных отраслей народного хозяйства, и структурирование их по уровням;
- формулирование в численном виде минимальных требований к отдельным компонентам и комплексным объектам СКС, собираемым на их основе и эксплуатируемым на промышленных предприятиях;
- внедрение универсального инструмента, облегчающего проектировщику подбор элементной базы СКС под конкретные производственные условия, а разработчику – создание соответствующих компонентов и комплексных решений.

Концепция MICE отличается весьма широкой областью действия. Информационная проводка, отвечающая требованиям соответствующих уровней MICE, обеспечивает высококачественными проводными трактами связи те устройства общего назначения и промышленной автоматизации, которые штатно эксплуатируются в различных областях. Это может быть как офис, так и зоны вблизи доменных печей или мощных силовых трансформаторов.

В соответствии с базовыми положениями концепции MICE полная совокупность вредных факторов окружающей среды представляется в виде матрицы с размерностью 4 × 3. Иначе говоря, эти факторы делятся на четыре основные разновидности и разбиваются на три уровня.

Таблица 1. Структура матрицы MICE

| Класс воздействия                      | 1 - офисные условия | 2 – легкие промышленные условия | 3 – тяжелые промышленные условия |
|--|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Механические воздействия               | M <sub>1</sub>      | M <sub>2</sub>                  | M <sub>3</sub>                   |
| Защита от проникновения                | I <sub>1</sub>      | I <sub>2</sub>                  | I <sub>3</sub>                   |
| Климатические и химические воздействия | C <sub>1</sub>      | C <sub>2</sub>                  | C <sub>3</sub>                   |
| Электромагнитные воздействия           | E <sub>1</sub>      | E <sub>2</sub>                  | E <sub>3</sub>                   |

По разновидностям факторы делятся на механические (Mechanical), проникающие (Ingress), климатические и химические (Climatic, Chemical) и электромагнитные (Electromagnetic).

Аббревиатура, образованная от английских наименований этих факторов, используется в качестве обозначения концепции.

Отдельные уровни влияющих факторов описываются в числовой форме и обозначаются арабскими цифрами от 1 до 3, причем уровень 1 считается офисным и является наиболее щадящим по отношению к элементной базе. Уровень 2 охватывает легкие промышленные условия, уровень 3 включает в себя тяжелые промышленные условия. Числовое описание уровней означает, что каждому из входящих в них качественных параметров обязательно ставится в соответствие определенный диапазон изменений нормируемой характеристики.

На практике используются две основные формы указания класса компонента по MICE. Развернутая форма предполагает указание числового индекса по каждой из четырех разновидностей вредного воздействия, например, M2I2C1E3. Сокращенная форма имеет вид MICE<sub>x</sub>, где x – числовой индекс в диапазоне от 1 до 3, используется в тех ситуациях, когда данный конкретно взятый компонент разрабатывается для применения в условиях определенного класса. Сокращенная форма предполагает совпадение индексов по всем видам внешних воздействий, т. е. компонент, предназначенный для легких промышленных условий, может обозначаться как M2I2C2E2, так и MICE2.

В качестве примера рассмотрим предельные значения некоторых влияющих факторов каждой из групп, которые являются штатными для компонентов различного уровня устойчивости к внешним воздействиям.

Таблица 2. Предельные значения влияющих факторов

| Влияющий фактор  | MICE1       | MICE2     | M2I2C3E3  | MICE3     |
|--|-------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Механические воздействия</b>                                |             |           |           |           |
| Ускорение, не более, м/с <sup>2</sup>                          | 40          | 40        | 100       | 250       |
| Амплитуда вибраций (частотный диапазон 2...9 Гц), мм, не более | 1,5         | 1,5       | 7,0       | 15,0      |
| Раздавливающее воздействие, не более, Н / на длине, мм         | 45/25       | 1100/150  | 1100/150  | 2200/150  |
| <b>Защита от проникновения</b>                                 |             |           |           |           |
| Максимальный диаметр   | 12,5 мм     | 50 мкм    | 50 мкм    | 50 мкм    |
| Защита от влаги, л/мин.  | Отсутствует | ≤ 15,5    | ≤ 15,5    | ≤ 15,5    |
| <b>Климатические и химические воздействия</b>                  |             |           |           |           |
| Температуры, °С  | -10...+60   | -25...+70 | -30...+70 | -30...+70 |
| Скорость изменения температуры, °С/мин                         | 0,1         | 1,0       | 3,0       | 3,0       |
| <b>Электромагнитные воздействия</b>                            |             |           |           |           |
| Электрическое поле, не более, В/м                              | 3           | 3         | 10        | 10        |
| Магнитное поле, не более, А/м                                  | 1           | 3         | 30        | 30        |

Прямая практическая выгода от применения концепции MICE заключается в существенном сокращении времени на подбор элементной базы. При указании этого индекса для конкретного компонента промышленной СКС достаточно определить индекс MICE для конкретной области производственного предприятия.

MICE как концепция имеет ряд сильных сторон. Подход, положенный в ее основу,

- включает в себя на правах подмножества известную классификацию IP, но более предпочтителен для практического использования благодаря существенно более широкой области ее действия;
- носит открытый характер, т. е. при необходимости матрица может быть расширена при возникновении такой практической потребности как по разновидностям мешающих воздействий, так и по уровням.

С учетом существования разнообразных условий эксплуатации и значительных отличий в решаемых задачах целесообразно выделить в промышленной СКС укрупненные функциональные блоки, приведенные на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные функциональные блоки промышленной СКС

### Структурные и топологические особенности промышленных СКС

В основу топологии промышленной СКС положена иерархическая звездообразная структура, которая является классической для масштабного структурированного каблирования. Одновременно в полной мере учитываются типовые особенности области установки. В процессе нормирования структурных и топологических правил построения промышленных СКС принимались во внимание следующие основные положения:

- кабельная система промышленного назначения разрабатывается на основе СКС офисного типа с учетом соответствующих нормативов стандарта ISO/IEC 11801, что открывает перспективы бесшовного перехода от производственной к офисной части и реализации концепции прозрачного предприятия;
- нормативные правила формирования структуры промышленных СКС учитывают заметно бóльшие масштабы области их установки, а также традиционные для промышленного производства подходы к достижению необходимого уровня защиты от воздействия вредных факторов окружающей среды;
- нормативная часть стандарта разрабатывалась с учетом наличия широко распространенных в промышленной автоматизации разновидностей линейных кабелей, а также типовых областей установки активных устройств промышленной автоматики.

Широкое использование в промышленных СКС принципов реализации кабельных систем офисного назначения дает пользователю информационной проводки данной разновидности такие важные преимущества, как:

- возможность применения однотипной техники на пассивном и активном уровнях информационной системы;
- перспективы совместного использования имеющихся ресурсов офисной и производственной частей кабельной системы;
- сокращение требуемого числа сотрудников отдела эксплуатации, уменьшение времени простоя сети в аварийных ситуациях и снижение как капитальных, так и эксплуатационных расходов.

Отдельно укажем на то, что компоненты в промышленном исполнении (соответствующие классу по меньшей мере MICE2) используются преимущественно на нижнем уровне кабельной системы промышленного назначения. Фактически они задействуются для формирования этаж-ной и промежуточной подсистем, а также цеховых информационных розеток непосредственно в производственной зоне.

В СКС для непромышленной сферы элементная база в промышленном исполнении широко задействуется в тех случаях, когда условия окружающей среды заметно отличаются от офисных. Примерами могут служить телекамеры системы видеонаблюдения периметра здания или территории.

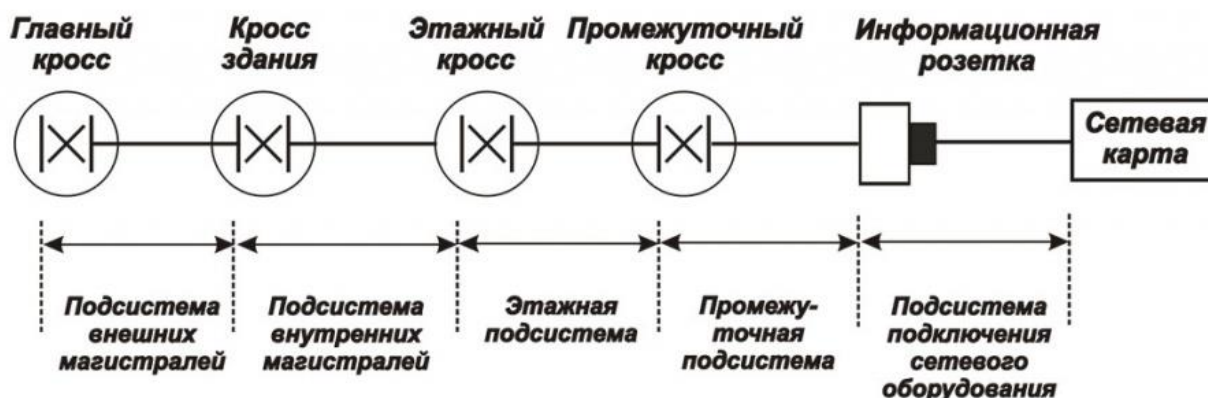


Рисунок 2. Подсистемы промышленной СКС и ее обобщенная структура

Главные топологические особенности промышленной СКС на общесистемном уровне вытекают из значительно большей площади развертывания проводки и повышенных рисков физического повреждения отдельных линий и даже целых коммутационных узлов.

Результатом становятся такие нововведения, как:

- увеличение максимально допустимой протяженности тракта передачи до 10 000 м;
- наращивание числа уровней иерархии до четырех: к двум магистральным подсистемам добавляются этажная и промежуточная подсистемы, которые заменяют традиционную для офисной СКС горизонтальную подсистему;
- заметное расширение возможностей построения резервных линий – они могут прокладываться не только между узлами одного уровня, но и между узлами, организационно относящимися к

различным уровням СКС.

Подчеркнем, что на подсистему внешних магистралей наряду с обычными для данной структурной единицы кабельной системы функциями дополнительно накладывается также решение задачи сопряжения в единое целое офисной и производственной частей промышленной СКС.

### **Варианты реализации трактов передачи**

Стандарт ISO/IEC 24702 по сравнению со своим офисным прототипом существенно расширяет количество допустимых вариантов построения трактов передачи. В необходимости внедрения подобных нововведений играют роль следующие обстоятельства:

- массовое использование шкафов, металлических кожухов и иных аналогичных конструкций в качестве средства групповой защиты от воздействия факторов окружающей среды;
- широкое применение на нижних уровнях промышленной СКС связей не только между панелями и информационными розетками, но и между панелями в шкафах, которые установлены в узловых пунктах организуемой производственной сети;
- необходимость подключения к информационной системе предприятия статичных устройств типа телекамер, точек радиодоступа и аналогичного оборудования, которое расположено в областях, имеющих ограниченный доступ для персонала;
- необходимость подключения к информационной системе предприятия активного оборудования промышленной автоматики, смонтированного на различных подвижных механизмах типа манипуляторов, козловых кранов и т. п.

Использование шкафов и иных аналогичных конструкций в качестве средства групповой защиты от воздействия факторов окружающей среды приводит к необходимости применения проходного соединителя, устанавливаемого в стенке подобного конструктива и предназначенного для связи с внешним миром. С учетом возможности

- соединения панелей в шкафах промышленной автоматики между собой,
- организации внутреннего коммутационного поля по схеме кросс-коннекта
- и необходимости применения проходного соединителя с установкой во внешней оболочке защитного покрытия

эта особенность вынуждает осуществлять нормирование характеристик тракта по шестиконнекторной модели (в офисных СКС максимальное число коннекторов не превышает четырех). Для компенсации повышенного уровня переходных шумов, возникающих из-за появления в составе тракта двух дополнительных разъемов, шестиконнекторные тракты должны собираться на элементной базе категории не ниже 6.

Для подключения к информационной системе предприятия различных статичных устройств может привлекаться концепция прямого подключения (direct connection). Ее суть состоит в том, что вилка модульного разъема устанавливается непосредственно на линейный кабель и включается непосредственно в разъем активного сетевого оборудования, рисунок 3.



Рисунок 3. Схема реализации концепции прямого подключения

Для обеспечения возможности подключения к информационной системе предприятия устройств, находящихся на подвижных механизмах, допускается выполнение линейной части тракта передачи на гибких шнуровых кабелях с многожильными проводниками.

### **Оптическая подсистема промышленной СКС**

Оптическая подсистема промышленной СКС существенно отличается от аналогичной подсистемы своего офисного прототипа. Основные особенности данной части промышленной структурированной проводки заключаются в следующем:

- увеличение максимальной протяженности тракта до 10 000 м и, соответственно, появление двух классов оптических линий – OF-5000 (максимальная протяженность 5 км) и OF-10000 (максимальная протяженность 10 км);
- введение в перечень разрешенных к применению многомодовых кварц-полимерных и полимерных световодов.

Многомодовые кварц-полимерные и полимерные волокна калибром 200/230 (категория ОН1) и 980/1000 мкм (категория ОР1) соответственно широко используются в оборудовании промышленной автоматки. Заметно реже применяются полимерные световоды категории ОР2 калибром 490/500 мкм. Введение этих волокон в перечень допустимых к применению обусловлено стремлением к созданию единой проводки для всех видов компьютерной и телекоммуникационной техники, применяемой на промышленных предприятиях. Относительно небольшая дальность действия использующего их оборудования вызвала необходимость введения дополнительных классов оптических трактов OF-25, OF-50, OF-100 и OF-200. Сетевые интерфейсы, использующие кварц-полимерные и полимерные волокна, зачастую работают в видимом диапазоне длин волн (650 нм), что облегчает их настройку методом визуального контроля.

### **Медножильная подсистема промышленной СКС**

Электропроводная (медножильная) подсистема промышленной СКС реализуется на сим-метричных кабелях типа «витая пара» с номинальным волновым сопротивлением 100 Ом. В отличие от

оптической подсистемы, медножильная подсистема промышленной СКС довольно близка к офисному прототипу. Наиболее существенные отличия этих вариантов структурированной проводки друг от друга таковы:

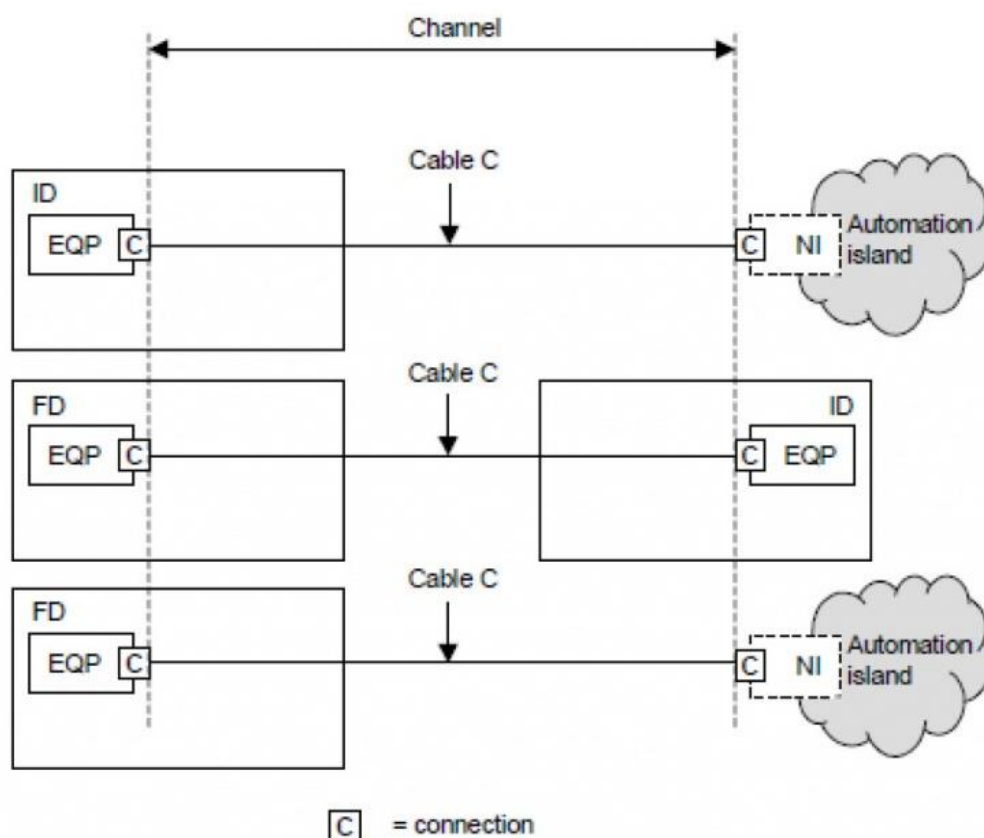


Рисунок 4. Бесконнекторные тракты промышленной СКС

- возможность применения шестиконнекторных моделей построения трактов передачи сигналов;
- допустимость реализации концепции прямого подключения и возможность построения бесконнекторных трактов в различных конфигурациях (варианты представлены на рисунке 4);
- отсутствие в промежуточной подсистеме производственной части промышленной СКС консолидационных точек;
- возможность использования непосредственно в области промышленного производства (области MICE2 и MICE3) разъемных соединителей M12;
- допустимость применения двухпарной схемы разводки информационных розеток в случае применения для их организации некоторых разновидностей промышленных разъемных соединителей типа M12.

Максимальная протяженность тракта передачи медножильной СКС зависит от выбранного типа коммутации и категории элементной базы, применяемой для его реализации. Для расчета предельной протяженности тракта используются уравнения, представленные в таблице 3.

Дополнительно учитывается температура в области эксплуатации кабельной системы. При



превышении температуры 20 °С максимальная протяженность тракта уменьшается в пропорции 0,2%/°С для экранированной элементной базы. В случае использования неэкранированной техники уменьшение предельной длины составляет 0,4 %/°С в диапазоне 20...40 °С и 0,6 %/°С в диапазоне 40...60 °С. При температуре выше 60 °С следует пользоваться спецификациями производителей кабельных изделий.

### Особенности коммутационной техники промышленных СКС

При построении промышленных СКС в качестве разъемных соединителей целесообразно использовать единый тип изделий для офисной и производственной зоны. Для решения задачи защиты от воздействия факторов, характерных для легких и тяжелых условий производственной зоны, вилки и розетки таких соединителей оборудуются соответствующими защитными элементами. В системе Eurolan для решения этой задачи используется корпус байонетного типа, соответствующий стандарту IEC 61076-3-106, предназначенный для установки в него разъема RJ45 и оптического соединителя LC (рисунок 5).

[Брошюра. Eurolan Industrial, pdf >>](#)



Рисунок 5. Элементы разъемного соединителя IEC 61076-3-106

### Мероприятия по увеличению эксплуатационной надежности

Таблица 3. Уравнения для расчета предельной протяженности медножильного тракта

| Компонент<br>Категория | Длина С кабеля, м    |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
|------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                        | Класс А              | Класс В                           | Класс С                           | Класс D                           | Класс Е                           | Класс F                           |
| 5                      | $C = 2000 \text{ м}$ | $C = (258 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (178 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (113 - 2N - F \times Y) / X$ | -                                 | -                                 |
| 6                      | $C = 2000 \text{ м}$ | $C = (268 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (193 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (115 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (106 - 2N - F \times Y) / X$ | -                                 |
| 7                      | $C = 2000 \text{ м}$ | $C = (268 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (198 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (119 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (109 - 2N - F \times Y) / X$ | $C = (106 - 2N - F \times Y) / X$ |

N – число коннекторов в тракте;

F – общая длина коммутационных шнуров;

X – коэффициент электрического удлинения гибких кабелей коммутационных шнуров;

Y – коэффициент электрического удлинения кабелей гибких аппаратных шнуров;

Аппаратура, работоспособность которой зависит от параметра skew, не может гарантированно функционировать в трактах протяженностью свыше 100 м.

Жесткие условия эксплуатации, характерные для той части промышленной СКС, которая монтируется непосредственно в производственной области, заставляет уделять повышенное внимание вопросам обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надежности. Для достижения этого свойства в стандарте ISO/IEC 24702 предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- применение развитого резервирования с прокладкой дополнительных линий не только между узлами одного уровня, но и между узлами различных уровней ступеней иерархии по схеме (рисунок 6);
- использование элементной базы, исполнение которой подобрано в соответствии с местными особенностями конкретной производственной области и требованиями матрицы MICE;
- широкое обращение к различным видам защитных приспособлений в индивидуальной и групповой формах их исполнения.

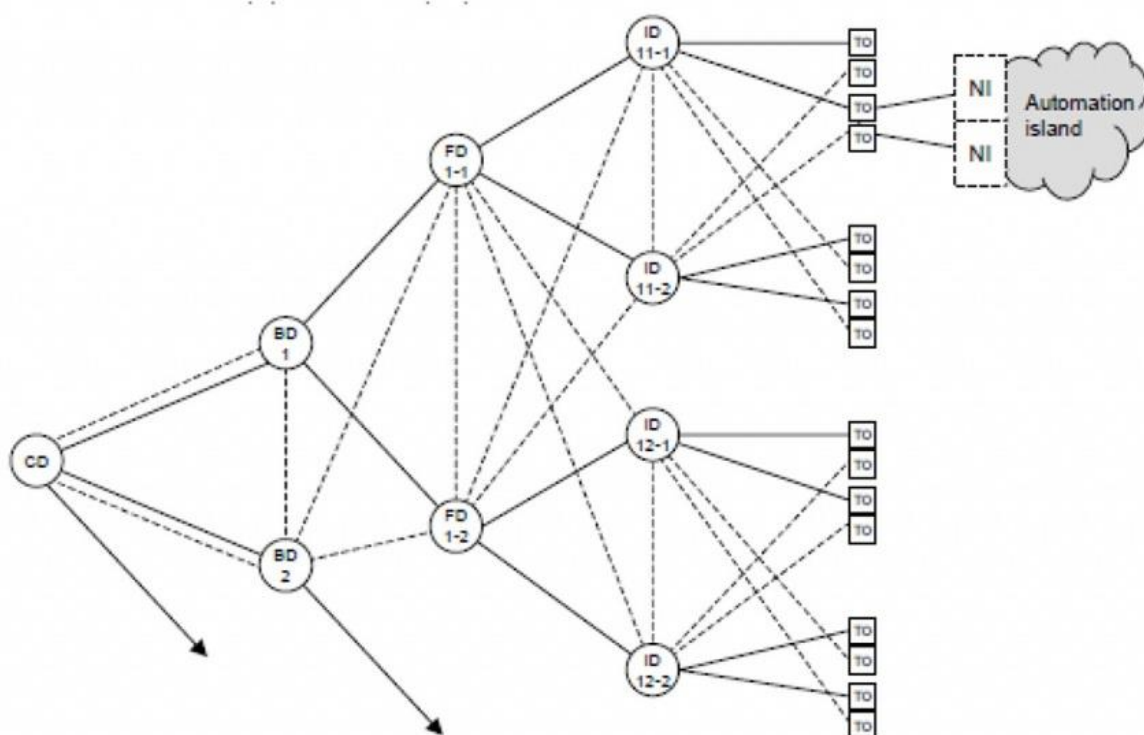


Рисунок 6. Схема организации резервных линий промышленной СКС