

**Латышев Г.В.,
к.т.н., докторант,
E-mail: latyshev@sga-bms.ru,**

**Латышев К.В.,
аспирант,
E-mail: konstantin73@inbox.ru**

**Мохов А.И.,
д.т.н., профессор,
E-mail: anmokhov@mail.ru.**

**Чулков В.О.,
д.т.н., профессор,
E-mail: vitolch@gmail.com**

НОУ ВПО ИГУПИТ

Инфографическое моделирование систем автоматики на основе схемотехники их элементов¹

Аннотация. Развитие автоматизации предполагает последовательное изменение принципов проектирования систем автоматики. Так, с переходом от электромеханической автоматики к системам с применением вычислительной техники, появилась тематика передачи данных в целях реализации алгоритма управления технологическим процессом. Особенностью построения таких систем автоматики, разрабатываемых для крупных зданий, сооружений становится планирование сети передачи данных. Основные проблемы решения данной задачи – в организации трафика и уменьшении времени реакции системы автоматики. Неудовлетворительное решение задачи приводит на практике к параличу работы системы диспетчеризации здания. Поиск оптимального решения приводит к формулированию новых принципов автоматизации и изменению подхода к проектированию системы автоматики. В данной статье предпринята попытка на основе элементов схемотехники для систем автоматики построить методику проектирования, использующую инфографическое моделирование.

Ключевые слова: инфография, инфографическое моделирование, сети передачи данных, система автоматики, схемотехника, системы автоматизации зданий.

Прогноз развития систем автоматики включает [1]:

¹ Исследование поддержано грантом РГНФ № 08-03-00648а.

- Построение распределенных сетей автоматики на базе радиочастоты.
- Увеличение производительности контроллеров.
- Увеличение скорости передачи при не снижении надежности.
- Снижение стоимости устройств систем автоматики.

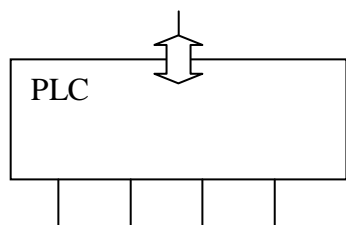
Этот новый этап развития подготовлен всей историей автоматизации как инструмента повышения эффективности управления. Автоматизация проходит естественный путь к комплексной автоматизации – к совокупности последовательных действий, направленных на построение эффективной системы управления на базе многофункциональных современных программно аппаратных решений. Можно даже говорить об интеллектуальной организации систем управления, датчиков, приводов.

Базовые обозначения элементов в схемотехнике систем автоматики

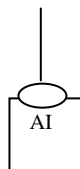
Логика развития систем автоматики заключается в переходе от эволюции электронных приборов управления к изменению протоколов передачи данных. Приборы управления - быстро меняющийся компонент по сравнению с протоколами передачи данных: первые по отношению к вторым за последние 70 лет активно развивались. Это позволило выявить классификацию элементов сетей автоматики (узлов, контроллеров, датчиков, приборов, приводов, маршрутизаторов и др.) и ввести для них базовые обозначения, представленные на рисунках 1 а,б,в,г,д,ж,з,к. Линии передачи данных, представленные на рис. 2 а,б могут объединять между собой элементы систем автоматики и интегрироваться со SCADA системой², показанной на рис. 3.

² **SCADA** (аббр. от англ. *Supervisory Control And Data Acquisition* - Диспетчерское управление и сбор данных) — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA-системы используются во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени.

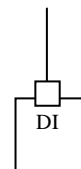
а) Узел, контролер



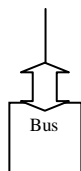
б) Датчик, прибор с аналоговым интерфейсом



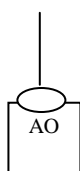
в) Датчик, прибор с дискретным интерфейсом



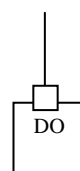
г) Датчик, прибор, привод с поддержкой протокола



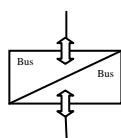
д) Привод с аналоговым интерфейсом



ж) Привод с дискретным интерфейсом



з) Маршрутизатор сети автоматки



к) Кросс-медиа маршрутизатор

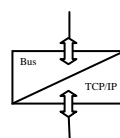
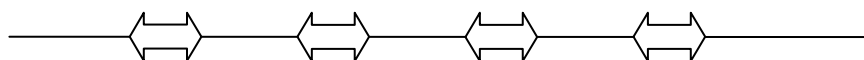


Рис. 1. а,б,в,г,д,ж,з,к Базовые обозначения для элементов сетей автоматки

а) Линия передачи данных протокола автоматки



б) Линия передачи данных сетей общего пользования

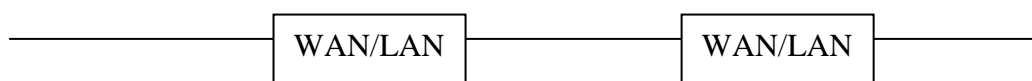


Рис. 2. а,б Обозначения линий передачи данных

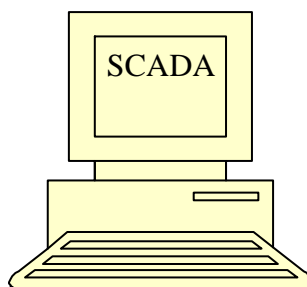
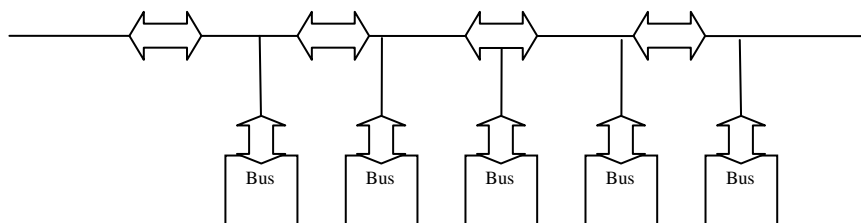


Рис. 3. SCADA система

Сформированный набор базовых обозначений позволяет привлечь для создания систем автоматики схемотехнику – научно-техническое направление, традиционно привлекаемое для синтеза (определения структуры) электронных схем, обеспечивающих выполнение определённых функций, и расчёт параметров входящих в них элементов.

Традиционно в схемотехнике на основе разработанной электронной схемы создают соответствующее устройство, к которому предъявляется требование надёжной работы в течение заданного времени в реальных условиях производственного разброса параметров элементов и их старения, влияния внешней среды и возмущающих воздействий [2]. Поэтому при разработке схем, наряду с расчётом номинальных значений параметров элементов, необходимо рассчитывать эксплуатационные допуски на них, предусматривать в схеме средства, повышающие надёжность устройства (обеспечивающие устойчивую работу схемы при внешних воздействиях), а также позволяющие контролировать его исправность. Элементной базой для создания устройств автоматики служат дискретные элементы и их наборы, реализующие типовые функции. В результате объединения элементов сетей автоматики в их базовых обозначениях позволяет получать схемы различной конфигурации, с разным оборудованием и свойствами (рис.4-6). На рисунке 4 приведена схема приточной установки нагрева воздуха; на рис. 5 - схема сети с применением одноуровневого протокола передачи данных; на рис. 6 - план размещения контроллеров по зданию.



вентилятор, насос, термостат защиты, датчик темпа, привод клапана

Рис. 4. Схема приточной установки нагрева воздуха

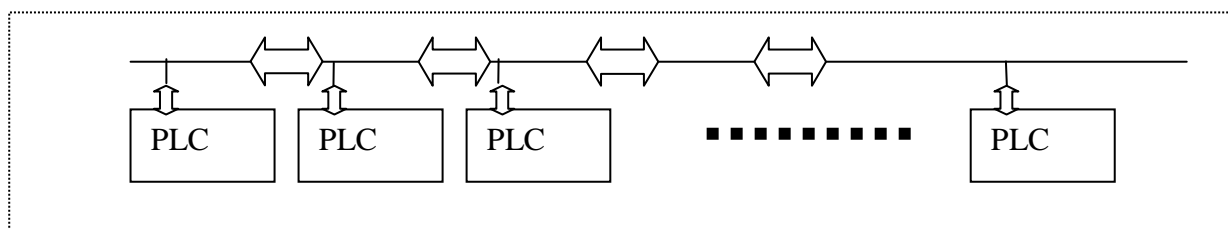


Рис. 5. Схема сети с применением одноуровневого протокола передачи данных

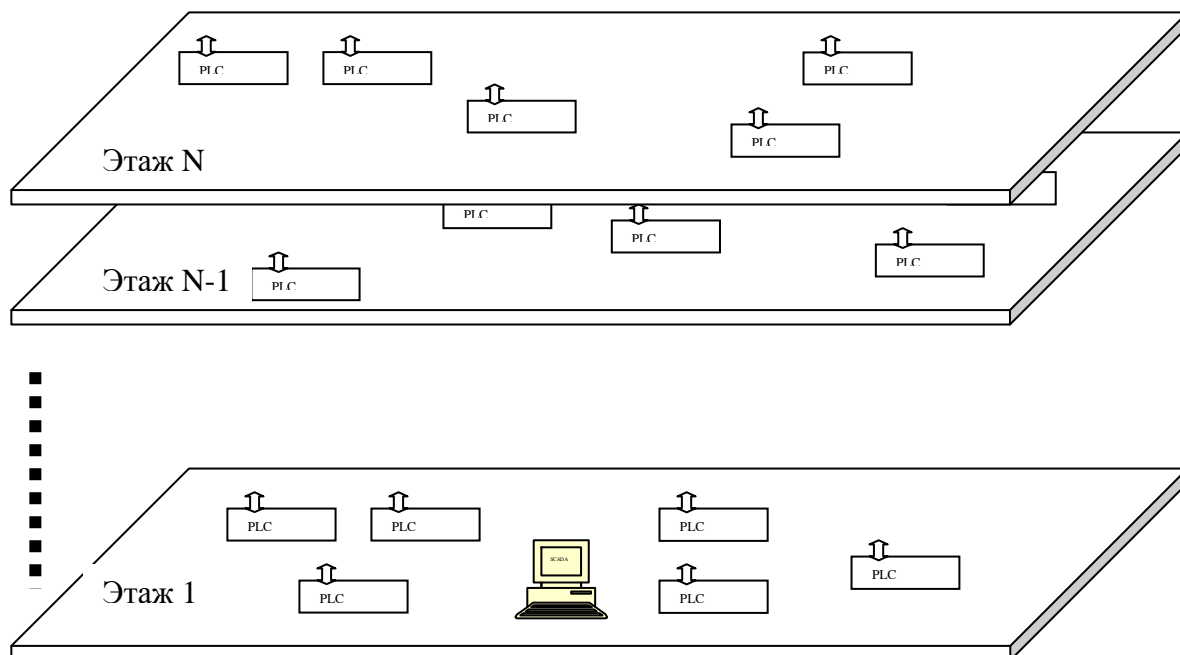


Рис. 6. План размещения контроллеров по многоэтажному зданию

Особенности перехода к 4-ому поколению систем автоматизации

Вслед за электронными приборами подвергались изменению протоколы передачи данных. Обозначим основные этапы развития систем автоматизации обеспеченные этими изменениями [3].

Первое поколение систем автоматизации характеризуется созданием электронных управляющих систем построенных в идеологии «централизации». При этом один управляющий узел обрабатывает сигналы от всех датчиков и выдает управляющие воздействия на все задействованные приводы.

Второе поколение систем автоматизации характеризуется созданием электронных управляющих систем построенных в идеологии «иерархии». Согласно этой идеологии контроллеры делят на контроллеры нижнего и верхнего уровня. Контроллеры нижнего уровня производят первичную обработку измеряемого сигнала, переводят измеряемые параметры в цифровой вид (применительно к датчикам) и наоборот вырабатывают управляющие воздействия на приводы (применительно к приводам). Контроллеры нижнего уровня всю информацию передают и принимают в цифровом виде контроллерам второго уровня, которые уже умеют «думать», т.е. реализовывать алгоритм управления технологическим процессом. Здесь мы имеем уже жизненно необходимый цифровой протокол передачи нижнего уровня, обеспечивающий обмен между контроллером верхнего уровня и контроллерами нижнего уровня, подчиняющимися ему. Для сбора данных (уже обработанных и обобщенных) с контроллеров верхнего уровня применен протокол верхнего уровня, обслуживающий обмен между рабочей станцией АРМ диспетчера АСУТП и контроллерами верхнего уровня. В качестве протоколов нижнего и верхнего уровня прекрасно подходили протоколы с дискредитационным доступом к среде передачи (подразумевает механизм арбитража, кто принимает, а кто передает).

Третье поколение систем автоматизации характеризуется созданием электронных управляющих систем построенных в идеологии «распределенных одноуровневых систем». Согласно этой идеологии каждый датчик и привод снабжены микроконтроллером, способны обрабатывать сигнал, реализовывать алгоритм управления

и общаться по сети передачи данных не только с рабочей станцией АРМ АСУТП но и между собой, в целях реализации некоего распределенного алгоритма управления. Другими словами, 3-е поколение систем автоматики полностью соответствует девизу Sun Microsystems «Сеть - это компьютер, возникнувшему в эпоху становления Интернета». Именно особенности функционирования распределенных систем автоматики формируют список требований к протоколам передачи данных для современных управляющих сетей.

В настоящее время происходит переход от автоматики 3-его поколения к 4-ому поколению. Третье поколение существовало более 20-ти лет. Цель перехода к четвертому поколению – гибкая автоматизация среды.

Это обусловлено следующими сложившимися практическими требованиями:

- Использование в инсталляции только открытых протоколов. Данное требование позволяет сначала заказать проектирование стадии «П», а затем организовать тендер на поставку оборудования и реализацию.
- Использование универсальной SCADA вместо «протоколо-ориентированной».
- Предпочтение энергоэффективных решений.
- Возрастающие требования к интегрированности подсистем.
- Снижение эксплуатационных расходов.
- Создание концепции АСДУ до начала проектных работ по разделам автоматики и «слаботочки».
- Предпочтение распределенных протоколов. Выбор распределенной автоматики позволяет максимально увеличить масштабируемость решения, повышает отказоустойчивость, позволяет запускать систему в эксплуатацию частями, не дожидаясь строительной готовности всего здания.
- Максимум отдачи, минимум затрат.

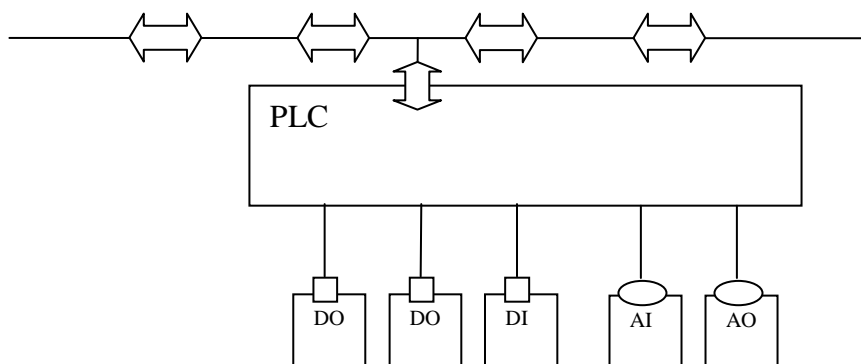
Дадим только перечень требований к протоколу:

1. Открытость и наличие описания, разбитого на главы по уровням семиуровневой модели OSI/ISO.
2. Объем адресного пространства не меньше 12000 адресов.
3. Одноуровневый доступ к среде передачи, логическая сегментация.
4. Поддержка нескольких сред передачи (в каждой области свои предпочтения: витая пара для BMS, RF для старых зданий и т.д.).
5. Поддержка по-событийного опроса.
6. Высокая помехоустойчивость (даже за счет относительного снижения скорости).
7. Поддержка квитирования (одноадресного, многоадресного, циркулярного, без квитирования).
8. Поддержка телеграмм переменной длины.
9. Возможность горячего подключения контроллера к сети.
10. Высокая прогнозируемость сетевого обмена.
11. Наличие встроенных механизмов сетевой диагностики.
12. Возможность удаленного программирования контроллеров.

13. Наличие достаточно удобного инструментального программного обеспечения для настройки контроллеров, диагностики и конфигурирования сети.

14. Выделенный прикладной процессор.

Для обеспечения наглядности автоматических систем четвертого поколения, используя созданный набор базовых обозначений, и приведенную на рис. 4 систему управления приточной установкой скорректируем, согласно сформулированным принципам. Результат коррекции схемы управления приточной установкой нагрева воздуха приведен на рис. 7.



вентилятор, насос, термостат защиты, датчик темп, привод клапана

Рис. 7. Скорректированная схема управления приточной установкой

Полученная схема обладает свойствами распределенной автоматики, обеспеченной максимальной надежностью функционирования и масштабируемостью. Согласно этому, необходимо использовать датчики и приводы, снабженные поддержкой протокола. Однако легко заметить, что при выходе из строя любого из датчиков или приводов установка все равно остановится. Здесь имеем дело с эффектом технологически неделимой единицы – приточной установкой. В тоже время, обмен информацией между датчиками и приводами, имеющий целью реализацию алгоритма управления технологическим процессом, засоряет сеть передачи данных, которая, является одноуровневой. Пропускная способность канала ограничивает время реакции алгоритма управления.

Как видно из рисунка 7, данный вариант сети обладает «относительной распределенностью». Сеть при этом реализует принцип «Одна установка – один контроллер». С точки зрения надежности он не уступает предыдущему случаю. Однако применение данной схемы позволяет избежать лишнего сетевого обмена информацией. Время реакции алгоритма ограничено только ресурсами самого контроллера.

Если поставить задачу оптимизации трафика сети автоматики, применение одноуровневого протокола передачи данных, схема приведенная на рис. 5 может быть скорректирована. Коррекция направлена на устранение следующих недостатков схемы. В вышеприведенной сети любую «телеграмму» любого контроллера «слышат» абсолютно все узлы. С ростом числа контроллеров выше некоторого критического, интенсивность сетевых коллизий начинает возрастать экспоненциально, что приводит к абсолютной парализации сети передачи данных. Результатом решения этой проблемы применяются маршрутизаторы, которые пропускают пакет (телеграмму) через себя только, если получатель телеграммы находится на другой стороне маршрутизатора. Таким образом, маршрутизаторы разбивают сеть на кусочки, предотвращая «сетевой шум».

Скорректированная сеть в виде схемы, определяющей принцип работы маршрутизатора, показана на рис. 8.

Сеть автоматики многоэтажного здания, приведенную на рис. 6, также можно скорректировать на основе требований к автоматике четвертого поколения, сформированных выше. Скорректированная схема приведена на рис. 9

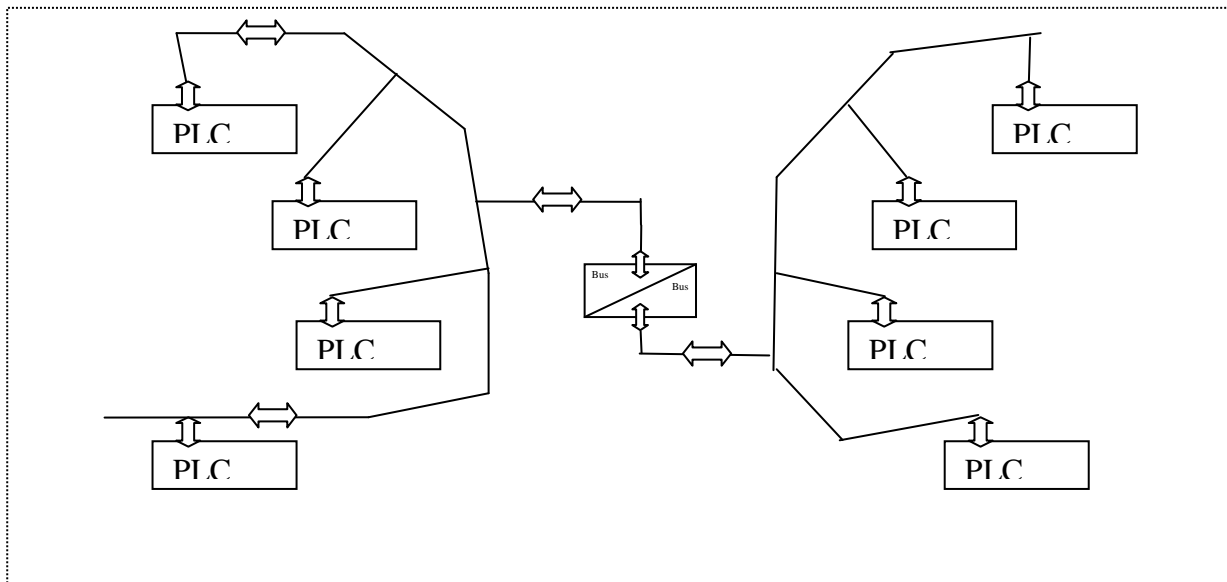


Рис. 8. Схема работы маршрутизатора

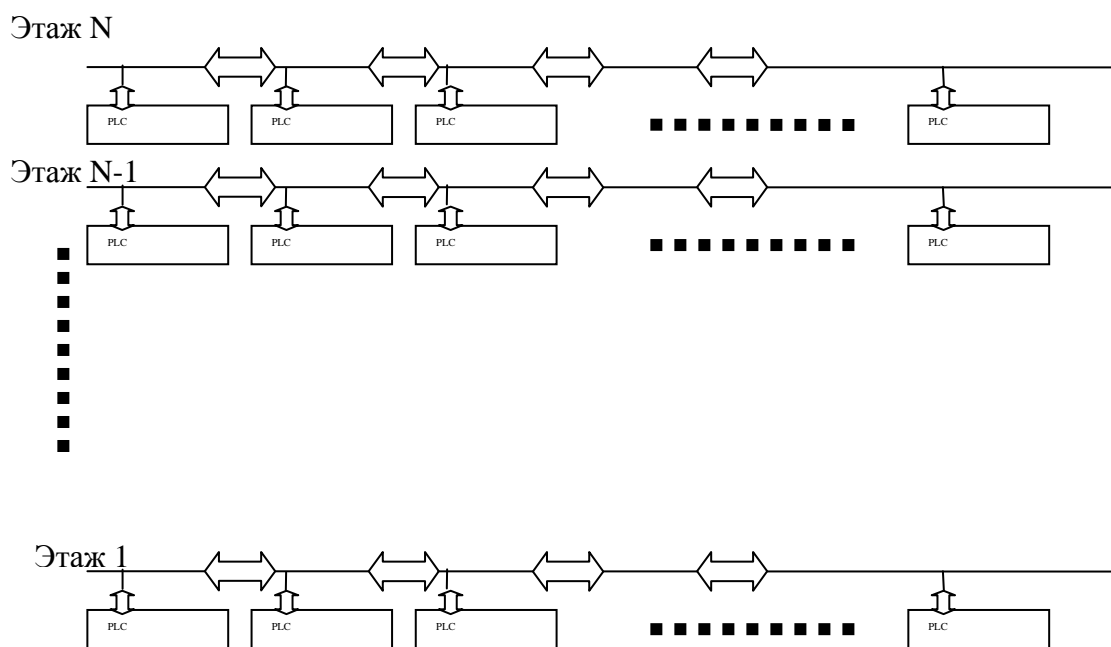


Рис. 9. Схема группировки контроллеров по этажам многоэтажного здания

Дальнейшая корректировка позволяет оптимизировать «распределенность», применяя следующие приемы:

- используем датчики и приводы со встроенной поддержкой протокола для случаев большого удаления таких приборов до ближайшего шкафа автоматики (более 50 метров);
- подбираем модификацию контроллера максимально подходящую по числу портов ввода-вывода к профилю технологической установки;
- расставляем маршрутизаторы, добиваясь того, чтобы количество узлов в одном сетевом сегменте не превышало рекомендованного для данного протокола. При этом контроллеры, обслуживающие один технологический алгоритм (процесс) должны находиться в одном сегменте.

Дальнейшая корректировка учитывает интенсивность обмена при мониторинге со стороны SCADA системы для каждого сегмента и позволяет определить оптимальную точку подключения к главной магистрали здания. На каждом этаже такой точкой будет сегмент с максимальной интенсивностью обмена при мониторинге. На рисунке 10 указана в качестве примера характеристика «интенсивность обмена» для каждого сегмента в процентах от максимальной пропускной способности.

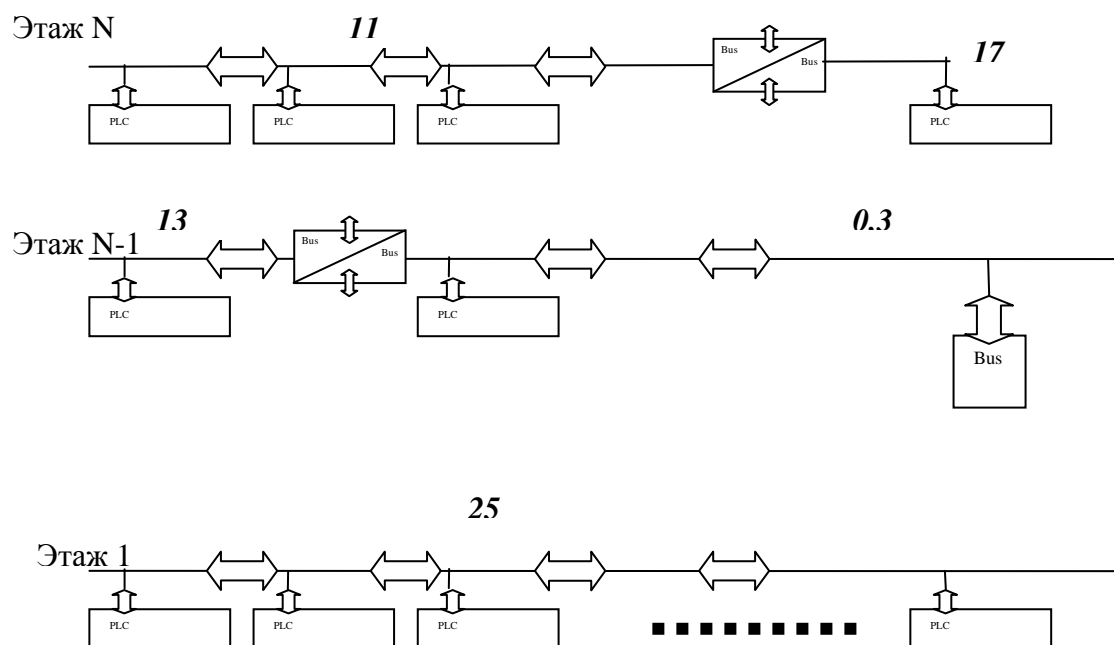


Рис. 10. Схема для определения интенсивности обмена

На рисунке 11 отображена полная схема с учетом высокоскоростного канала называемого Главной Линией (BACKBONE).

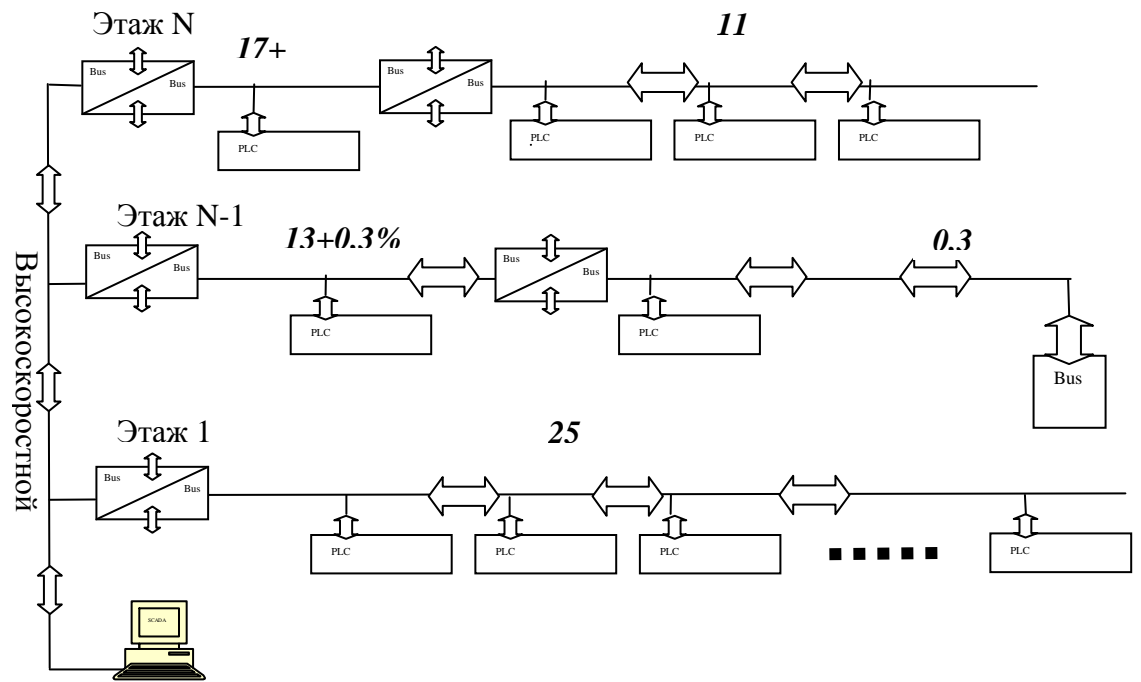


Рис. 11. Полная схема с учетом высокоскоростного канала

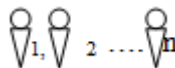
Важным представляется полученный результат коррекции схемы, заключающийся в том, что трафик второго по счету от главной линии сегмента проходит через ближайший к главной линии сегмент. Это приводит к перерасчету интенсивности обмена при мониторинге. На рисунке 11 приведен окончательный результат скорректированной схемы моделирования для случая конкретного многоэтажного здания. Остается только начертить схему прокладки кабельных трасс и составить спецификацию на кабель, монтажные материалы и активное оборудование.


Инфографическое моделирование процесса формирования систем автоматики

Анализ преобразований, приведших к рассмотренной выше корректировке схем, показывает, что исходные схемы не только меняют свою форму представления, но и нагружаются дополнительным содержанием, возникающим при объединении схемных элементов в их базовых обозначениях. Это в полной мере совпадает с подходом, определяемым как «инфографическое моделирование» [4].

Заметим, что идеологии, применяемые при создании электронных управляющих систем и фиксирующие принадлежность этих систем к автоматизации того или иного поколения, используют закономерности из теории организации [5]. Централизация управления, иерархия управления, распределенное управление – это понятия, традиционно используемые в менеджменте организации. Таким образом, знания из гуманитарных научных областей становятся основой для построения систем автоматизации. Носителями таких знаний в форме образов оперируют специалисты-проектировщики, включенные в процесс создания таких систем.

На рисунке 12 приведена инфографическая модель формирования системы автоматики крупного здания. Рассматриваемые в качестве примера системы автоматики для крупного здания — объект комплексного проектирования, в котором участвуют

совместно специалисты разного типа  (проектировщики, программисты, технологи, конструкторы и др., представленные на рисунке 12 набором «незакрашенных» фигур с номерами). Стрелки, объединяющие специалистов комплексного проектирования систем автоматики и потребителя, обозначенного на рисунке 12 - «закрашенной» фигурой

, позволяет обмениваться образами, сформированными в процессе проектирования и эксплуатации систем автоматики и крупного здания, включающего и охваченного этими системами.

Схемы, рассмотренные выше и представленные на рисунках 1-11, становятся основой выработки общего видения специалистов по функционированию систем автоматики. Поиск оптимального решения для систем автоматизации крупного здания позволяет сформулировать новые принципы автоматизации и изменить подход к проектированию этих систем. При этом на основе элементов схемотехники для систем автоматики удастся построить методику проектирования, использующую инфографическое моделирование.

Схемы не только становятся средством организации коммуникации между специалистами, а также служат макетом для объяснения функционирования крупного здания с системами автоматики потребителю. Тем самым, формируя нормы понимания и управления системами автоматики у потребителя, осуществляем интеллектуальную организацию систем управления, датчиков, приводов этих систем и в полной мере реализуем автоматизацию производства и управления³ объектов, в частности крупных зданий.

³ **АВТОМАТИЗАЦИЯ** — применение машин, машинной техники и технологии с целью облегчения человеческого труда, вытеснения его ручных форм, повышения его производительности. **Автоматизация производства** призвана устранить физически тяжелый, монотонный труд, переложив его на плечи машин. **Автоматизация управления** направлена на использование компьютеров и других технических средств обработки и передачи информации в управлении производством, хозяйственными процессами [6].



Рис. 12. Инфографическая модель формирования системы автоматизации крупного здания

Выводом к данной статье является установленный факт актуальности инфографического моделирования систем автоматизации для развития конкретного направления технического прогресса, каким является автоматизация. Может быть реализовано повышение производительности труда с улучшением качества продукции, а также оптимизацией управления при проектировании и эксплуатации систем автоматизации зданий. Предполагаем, что приложение данного исследования в практике жилищно-коммунального хозяйства в существенной мере определит будущее этой отрасли экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Латышев Г.В. Инфографическое моделирование сетей автоматизации // Алгоритм безопасности. – 2006, №6. - С.44-46.
2. Поспелов Д. А. Логические методы анализа и синтеза схем, 3 изд., - М., 1974.
3. Латышев Г.В. Протоколы систем автоматизации: вчера, сегодня, завтра // Алгоритм безопасности. – 2008, №1. - С.24-26.
4. Инфография. Том1. Многоуровневое инфографическое моделирование. Модульный курс лекций/ Под редакцией В.О. Чулкова. М.: СВР-АРГУС, 2007.
5. Мильнер Б.З. Теория организации: учебник. 2-е изд.- М.: ИНФРА-М, 1999.
6. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. - 5-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 495 с.