

# Поездные устройства АЛСН нового поколения для метрополитена Мюнхена

**Метрополитен Мюнхена перевозит ежегодно более 300 млн. пассажиров и составляет основу системы общественного транспорта города. По рабочим дням им пользуется примерно 1 млн. чел.**

**В результате расширения сети метрополитена в 1997 г. и вследствие роста объема перевозок возникла необходимость в приобретении новых поездов. Ввод этих поездов в эксплуатацию совпал с внедрением устройств АЛСН на базе компьютерной техники, которые пришли на смену прежним приборам типа LZB 502. Новое поездное устройство типа LZB M21 должно удовлетворять требованиям к существующей системе обеспечения безопасности движения (интерфейс с поездным оборудованием, управление поездом, совместимость с напольными устройствами) как для парка поездов серий А и В, так и для новых поездов серии С.**

## Исходная ситуация

В условиях, когда необходимо обеспечить высокую плотность движения (на метрополитене Мюнхена это в первую очередь общий участок линий U3 и U6) с минимальным риском опозданий поездов, целесообразно применение системы автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа LZB, работающей совместно с системой автоматического управления тягой и торможением. Поэтому обновлению устаревших поездных устройств LZB 502, стоимость технического обслуживания которых растет, не было реальной альтернативы.

В периоды пиковой нагрузки на метрополитене Мюнхена одновременно курсируют до 86 поездов. При этом на шести из восьми линий в течение почти всего дня используются шестивагонные поезда. Парк подвижного состава метрополитена насчитывает 570 вагонов серий А, В и С (рис. 1).

Поезда серии А вводили в эксплуатацию с 1967 по 1984 г. Они состоят из секций, составленных из

двух моторных вагонов, соединенных короткой сцепкой. Поезд может формироваться из одной, двух или трех секций. Секции серии А несовместимы по электрическим цепям с вагонами серий В и С. В них установлен тяговый привод постоянного тока, для управления поездом служит аппаратура на релейной технике. Парк поездов серии А насчитывает 184 двухвагонные секции.

В поездах следующего поколения серии В установлены тяговые приводы трехфазного тока. Для управления поездом служит релейная техника, дополненная аппаратурой на интегральных схемах и микропроцессорах. Основой поездов также являются двухвагонные секции. Совместимость по электрическим цепям с вагонами других серий отсутствует. Секции вводили в эксплуатацию с 1981 по 1995 г., их парк составляет 62 ед.

Наиболее современными на метрополитене Мюнхена являются поезда серии С. Они оборудованы компьютерной техникой и системами информационных шин. В составе каждого поезда два головных вагона с кабинами управления и четыре прицепных вагона со сквозным проходом. Вместимость поезда — 918 чел. Поезда вводят в эксплуатацию с 2002 г., в настоящее время их парк составляет 18 ед.



Рис. 1. Поезда серий А, В и С (слева направо, фото: MVG)

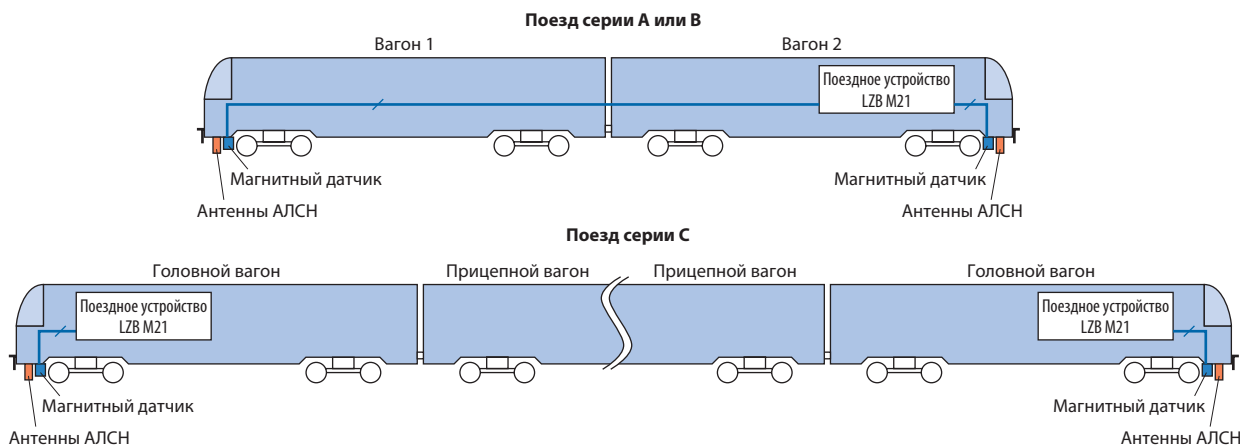


Рис. 2. Размещение аппаратуры АЛСН LZB M21 на поездах разных серий

Способы размещения оборудования АЛСН на поездах разных серий приведены на рис. 2.

### Поездное устройство LZB M21

Разработка и реализация поездных устройств АЛСН нового поколения включали в себя наряду с удовлетворением требования об адаптации к существующему поезвному оборудованию интеграцию в одном приборе функций АЛСН и автостопа. Ранее эти функции в поездах серий А и В выполняли разные приборы, а органы управления и индикации располагались в разных местах пульта управления машиниста. Кроме того, для упрощения технического обслуживания необходимо было усовершенствовать диагностику и унифициро-

вать механическое исполнение устройств.

Помимо этого, устройства нового поколения отличают:

- исполнение компьютерной системы по схеме «2 из 3», что наряду с высоким уровнем безопасности способствует росту эксплуатационной готовности;
- унификация индикации и управления для поездов всех серий;
- замена ступенчатого профиля кривой контроля скорости непрерывным;
- повышенная точность остановки поезда за счет усовершенствованного изменения пройденного пути и скорости в сочетании с оптимизированными алгоритмами регулирования в системе управления тягой и торможением;
- объединение в одном приборе функций автоматического управле-

ния тягой и торможением и функций обеспечения безопасности;

- автоматическое ведение поезда по показаниям АЛСН с режимами оптимизации по времени движения или потреблению энергии;
- движение в режиме АЛСН при выходе из строя одного из импульсных колесных датчиков;
- увеличение интервалов между операциями технического обслуживания и осмотров за счет проверки функций, выполняемой, в частности, при подготовке поезда к рейсу;
- пригодность к смешанной эксплуатации на линиях с разным оборудованием и при использовании в составе поезда устройств LZB M21 и LZB 502;
- возможность расширения системы для реализации новых функций (например, автоведения поезда).



Рис. 3. Функциональная структура устройства АЛСН для поездов серий А и В

### Структура устройства

На основе предъявленных технических требований была разработана единая логическая модель устройства LZB M21 для поездов всех трех серий. На ее основе в дальнейшем строилась модульная физическая модель, которой учитывались технические различия в расположении аппаратуры на поезде и ее подключении к поезвному оборудованию.

Компьютерная система LZB M21 состоит из центрального вычислительного ядра и вспомогательных модулей, отвечающих за разные функции и адаптацию к внешнему оборудованию.

В поездах серий А и В все соединения между органами управления и индикации, с одной стороны, и поездным устройством LZB M21 — с другой, выполнены традиционным способом как соединения точка — точка (рис. 3).

В поездах серии С используются как соединения точка — точка, так и многофункциональная вагонная шина MVB (рис. 4). В отличие от поездов серий А и В здесь для каждой кабины управления выделен свой поездный прибор АЛСН. Таким образом, для шестивагонного поезда серии С требуется два поездных прибора, для шестивагонных поездов серий А и В — три прибора.

*Центральная компьютерная система поездного устройства LZB M21 построена на основе унифицированной вычислительной платформы компании Alcatel. Вычислительная система выполнена по схеме «2 из 3» с программным сравнением результатов обработки. В ней использованы стандартные 32-разрядные процессоры, способные работать в расширенном диапазоне температур. Концепция системы обеспечивает совместимость с новыми аппаратными средствами (например, более мощными процессорами). Аппаратные и программные интерфейсы выполнены по промышленным стандартам. Предусмотрено программирование с использова-*



Рис. 4. Функциональная структура устройства АЛСН для поездов серии С

нием высокоуровневых языков, что снимает зависимость от типа процессора. Ядро операционной системы работает в реальном масштабе времени, оно уже опробовано на железных дорогах Германии (DBAG) и имеет допуск к эксплуатации.

*Периферийные устройства* подключаются к центральной компьютерной системе через различные модули согласования. В поездном устройстве имеются преобразователи сигналов для вводов и выводов с напряжением 110 и 24 В, аналоговых вводов/выводов, силовых (до 6 А) выводов, последовательных портов и портов шины MVB.

Поездное устройство LZB M21 построено по модульному принципу, что позволяет адаптировать его к подвижному составу другой серии в короткий срок. Концепция модульного построения представлена на рис. 5.

*Органы управления и индикации* выполняют идентичные функции, но имеют разное механическое исполнение в поездах разных серий. В поездах серии С дополнительно на экране специального дисплея отображается диагностическая информация, кроме того, на пульте машиниста расположены различные приборы управления и индикации, подключенные к шине MVB.

*Интерфейс с системой принудительного торможения* выполнен в

виде двухканального электронного прибора, управляющего электромагнитным клапаном.

В связи с применением в поездах серии С многофункциональной шины MVB *интерфейсы с системой управления поездами* этой серии и серий А и В различаются. Для поездов серии А реализовано традиционное решение на базе реле с цепями постоянного тока напряжением 110 В и ступенчатым управлением тягой и торможением. В диапазоне низких скоростей применяется электропневматический остановочный тормоз. В поездах серии В заданные значения для автоматической системы управления тягой и торможением представлены в виде аналоговых сигналов, при этом регулирование осуществляется плавно. В поездах серии С заданные значения передаются в устройство управления поездом через шину MVB.

*Регистрация событий* унифицирована в поездах всех серий. Предусмотрены счетчики числа срабатываний автостопа, движения на пригласительный сигнал и т. п. Дополнительно в поездном устройстве АЛСН реализована электронная регистрация. Посредством ноутбука, подключенного к сервисному интерфейсу, могут быть считаны эксплуатационные и технические данные в период времени, предшествующий нарушению.

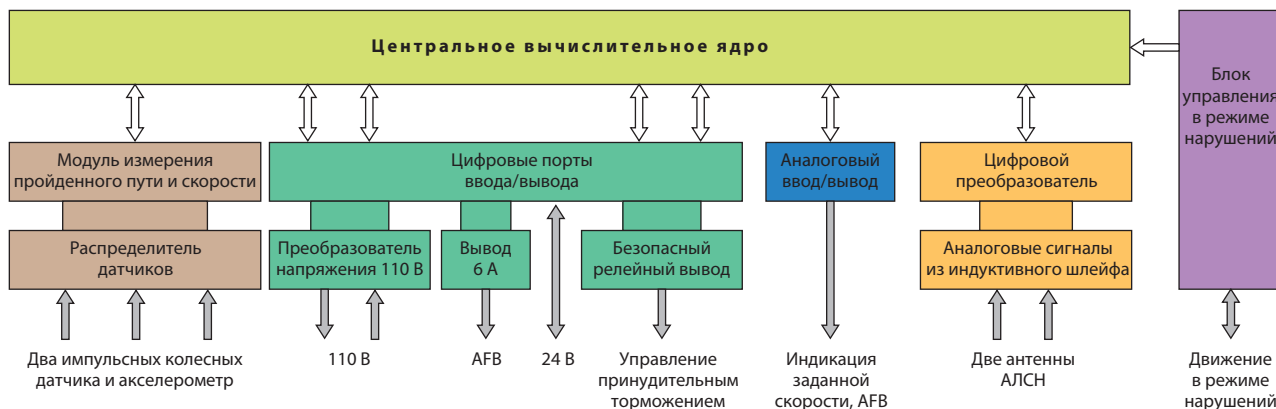


Рис. 5. Модульный принцип построения аппаратного обеспечения устройства LZW M21: AFB — система автоматического управления тягой и торможением

В устройстве АЛСН воспроизведена функция автостопа с применением существующих магнитных датчиков. Дополнительно осуществляются автоматические проверки, позволяющие увеличить интервалы между осмотрами, обусловленными необходимостью выполнения требований безопасности.

Измерение пройденного пути и скорости основано на применении двух импульсных колесных датчиков, дополненных датчиком ускорения. Благодаря этому повышена эксплуатационная готовность системы и оптимизировано управление тягой и торможением, прежде всего при приближении поезда к месту остановки на станции. Функции измерения реализованы безопасно работающим модулем SDMU компании Alcatel.

Механическое исполнение. Устройства АЛСН для поездов всех серий размещены в одинаковых аппаратных шкафах (рис. 6), все кабели подключаются через штекерные разъемы на боковой стенке шкафа. Габариты шкафа — 665×320×700 мм,



Рис. 6. Шкаф с аппаратурой устройства LZW M21

он соответствует стандарту DIN VDE 0470, ч.1 и классу защиты IP54.

Техническое обслуживание и диагностика неисправностей. Модульное исполнение устройства ускоряет техническое обслуживание и снижает его стоимость. Для этого в поездном устройстве АЛСН и вне его реализованы механизмы диагностики неисправностей как в оперативном режиме, так и в режиме осмотра. Например, во время движения поезда на диагностический дисплей в кабине машиниста может выводиться первая информация о нарушении в работе компьютерной системы или периферийного оборудования. Кроме того, в поездах серии С все неисправности, требующие проведения ремонта в условиях депо, регистрируются в центральном диагностическом устройстве поезда.

Концепция тестирования вне режима эксплуатации позволяет подключить устройство LZW M21 к испытательному стенду в депо и выполнить функциональные проверки независимо от периферийного оборудования и конкретных эксплуатационных условий. При этом благодаря имитационному моделированию возможно тестирование работы интерфейсов LZW M21 (например, с периферийным оборудованием).

Безопасность. При разработке LZW M21 необходимо было, с одной стороны, выполнить условия безопасности существующей системы АЛСН, чтобы сохранить совместимость всего комплекса «напольное

оборудование — среда передачи — поездное устройство — поездное периферийное оборудование», а с другой — учесть современные стандарты, прежде всего нормы CENELEC. Для удовлетворения этих требований допуск устройства к эксплуатации осуществлялся согласно положениям документа Mü 8004 железных дорог Германии, в то время как в ходе разработки руководствовались нормами CENELEC и внутренними стандартами Alcatel. В результате устройство соответствует уровню безопасности SIL 4 по нормам CENELEC.

### Перспективы

В настоящее время получен допуск к эксплуатации устройств АЛСН для поездов серий В и С. Прототип устройства АЛСН для поезда А пока испытывается. Всего на метрополитене Мюнхена должно быть внедрено 20 устройств на поездах серии С 1.9, 16 устройств на поездах серии С 1.10 и 180 устройств, предназначенных для замены устаревших приборов LZW 502 на поездах серий А и В. После завершения этапов приемки и опытной эксплуатации на метрополитене сначала будут переоборудованы поезда серии С, а в дальнейшем — серий А и В. Новые устройства АЛСН могут также устанавливаться на поезда последующих поколений.

С. Heidecken et al. Signal und Draht, 2005, № 12, S. 30–34.