

## ОБЗОР ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УКРАИНЕ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ТРОЛЛЕЙБУСОВ

Тимошок Д.С., магистрант, Воронко А.Б., аспирант, Ковбаса С.Н., к.т.н., доц.

*НТУУ «КПИ», кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода*

**Вступление.** На сегодняшний день троллейбусы стали неотъемлемой частью городского электротранспорта и функционируют более чем в 53 городах Украины [1]. Современный троллейбус представляет собой сложный комплекс электрических, пневматических, электронных и механических компонентов, обеспечивающих надёжную работу данного вида городского электротранспорта. Показатели качества тяговых электромеханических систем являются определяющими в эффективности использования троллейбусного транспорта. Также актуальным вопросом сегодня является восстановление имеющегося подвижного состава с установкой современного энергоэкономичного электрооборудования и закупка нового с электрооборудованием [1].

**Цель работы.** Сделать обзор существующих систем управления электроприводом троллейбусов, описать достоинства и недостатки каждой и выделить наиболее перспективную для использования систему.

**Материалы исследования.** Первой системой, используемой в троллейбусах, была реостатно-контакторная система управления (РКСУ). Она регулирует ток через двигатель с помощью мощных сопротивлений, подключаемых контакторами. При этом главные недостатки ступенчатого пуска – определённая степень неравномерности, т.е. колебания пускового тока, а следовательно, и силы тяги между максимальными и минимальными значениями, а так же значительные потери электроэнергии [2, 5]. РКСУ ввиду своей неэкономичности в плане сбережения электроэнергии постепенно вытесняются с троллейбусного рынка, однако остались ещё троллейбусы на маршрутах, использующие данную систему (ЮМЗ Т1, ЗиУ-9, ЗиУ-682Г [6]).

Следующей системой, пришедшей на замену РКСУ, является безреостатная система тиристорно-импульсного управления (ТИСУ), которая строится на базе силовых GTO (Gate Turn Off) тиристорov. В такой системе необходимый по величине ток создаётся не коммутацией сопротивлений в цепи двигателя, а посредством формирования временной последовательности токовых импульсов заданной частоты и скважности. Изменяя эти параметры, можно изменять средний протекающий через тяговый электродвигатель (ТЭД) ток, а следовательно и управлять вращающим моментом ТЭД. Безреостатные системы разделяются на частотно-импульсные, широтно-импульсные и комбинированные [3, 5]. Безреостатная система зарекомендовала себя как надёжная и экономичная система, и она используется на таких троллейбусах как ЗиУ-52642, БОГДАН Т 90110, МАЗ-103Т.

Наиболее перспективной для массового внедрения в городской электротранспорт системой управления тяговым приводом троллейбуса является система управления ТЭД переменного тока [7], ввиду высоких технико-экономических показателей и надёжности её работы. Упрощённая функциональная схема тягового асинхронного привода представлена на рисунке 1.

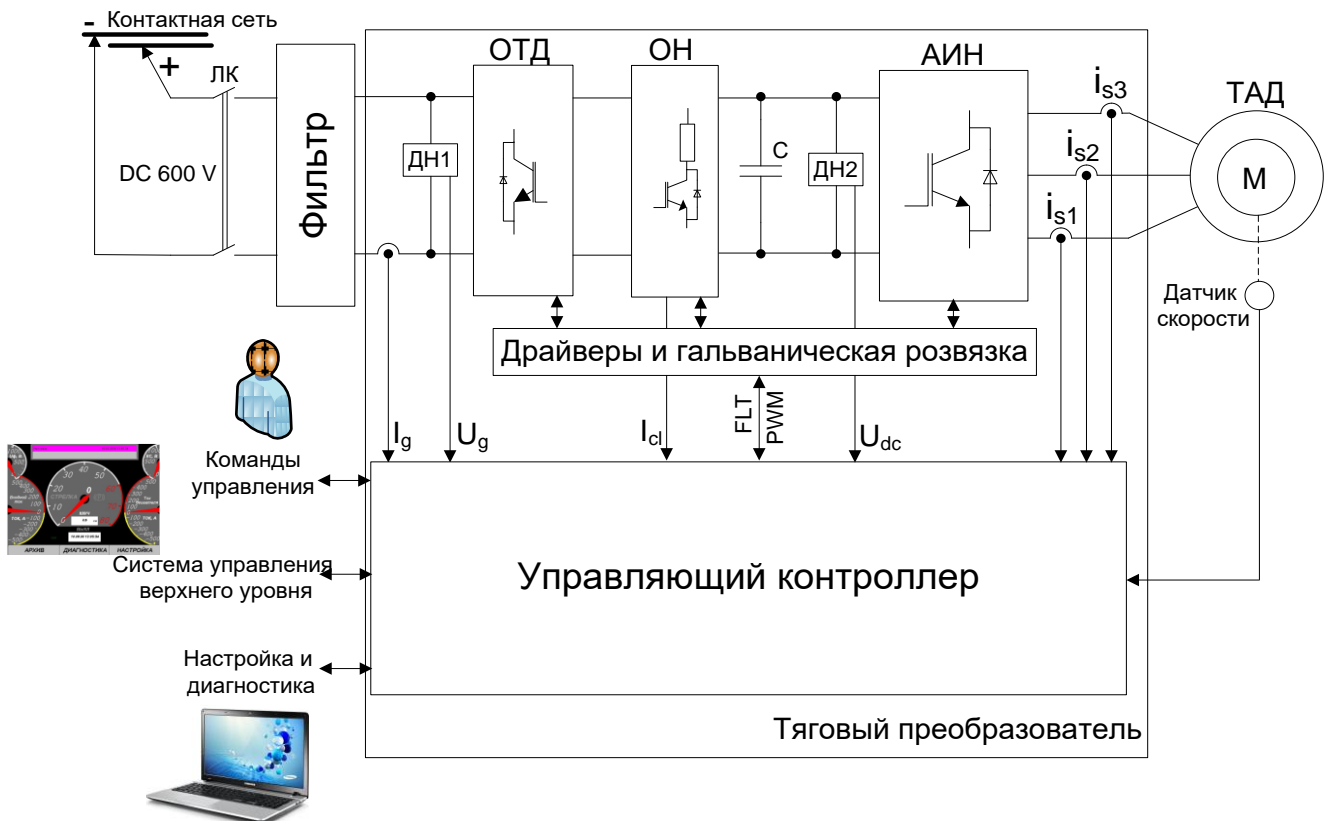


Рисунок 1 – Упрощённая функциональная схема тягового асинхронного привода

Тяговые электромеханические системы на основе асинхронных двигателей являются более энергоэффективными и позволяют осуществить рекуперацию накопленной энергии обратно в контактную сеть при торможении, за что отвечает отделитель звена постоянного тока от контактной сети (ОТД). Однако такие системы требуют более дорогостоящего автономного инвертора напряжения (АИН) для питания асинхронного ТЭД и более сложных алгоритмов управления. В качестве силовых элементов используются IGBT-ключи. Современные тяговые преобразователи используют цифровые сигнальные процессоры в качестве управляющих устройств, позволяющие применять современные методы и алгоритмы управления для ТЭД переменного тока (синхронных и асинхронных). Контроллер с таким процессором осуществляет формирование режимов работы электропривода с заданными параметрами с помощью ШИМ (PWM), обработку сигналов защиты и аварийного отключения электропривода, приёма и передачи внешних управляющих, задающих и информационных сигналов. Для связи с другими устройствами системы используются надёжные протоколы передачи данных:

CANopen, ModBus и другие [6]. Система с микропроцессорным управлением имеет следующие преимущества: экономия электроэнергии до 25% (по сравнению с РКСУ); бесступенчатое регулирование скорости; движение при любой полярности напряжения (переключение происходит автоматически); дистанционное изменение направления движения (реверсирование); самодиагностика с выводом световой и звуковой информации на лицевую панель блока управления и панель управления в кабине водителя. Тяговый электропривод переменного тока производится такими мировыми компаниями как Medcom, Skoda Electric, Cegelec и Siemens, ABB, Alstom, Bombardier и т.д. Несмотря на свою существенную стоимость, троллейбусы с комплектными тяговыми электроприводами переменного тока пополняют ряды троллейбусного парка Украины: ЛАЗ-Е301 (ЭлектроЛАЗ-20, ElectroLAZ-20), АКСМ-321, ЛАЗ Е183 (ЭлектроЛАЗ-12, ElectroLAZ-12).

**Выводы:** Проанализировав существующие системы управления тяговых электроприводов Украины, была выделена наиболее перспективная для внедрения в городской троллейбусный электротранспорт система управления тяговым ТЭД переменного тока.

#### Перечень ссылок

1. Черных М. Внедрение энергоэффективного оборудования и технологий на подвижном составе городского электротранспорта Украины / М. Черных, В. Качимов [Электронный ресурс]. – Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – №88. – с 263-266. – Режим доступа к журн.: [http://eprints.kname.edu.ua/13758/1/263-266\\_Черны\\_М.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/13758/1/263-266_Черны_М.pdf)
2. Корягина Е.Е., Электрооборудование трамваев и троллейбусов. Учебник для техникумов городского транспорта. Е.Е. Корягина, Коськин О.А – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
3. Максимов А.Н. Городской электротранспорт: Троллейбус: Учебник для нач. проф. образования/ Анатолий Николаевич Максимов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
4. Сенько В.И. Электроника и микросхемотехника: учебник для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по направлениям «Электромеханика» и «Электротехника»: В 4-х томах / В.И. Сенько, М.В. Панасенко, Э. В. Сенько. – К.: ТОВ Издательство «Обереги». 2000. Т.1. Элементная база электронных устройств. – 300 с.
5. Ефремов И.С. Троллейбусы (теория, конструкция и расчёт). Изд.3, исправленное и дополненное. Учебник для вузов по спец. «Городской электрический транспорт» / И.С. Ефремов М. «Высш. школа». 1969 488с с илл. 1л. вкл.
6. Санников Н. Bombardier Transportation Современные транспортные решения для городской среды. [Электронный ресурс]. – Презентация для 1-го международного инвестиционного форума «Модернизация инфраструктуры российских городов: путь – 2018». – Москва, 5-6 июля 2012 г. – Режим доступа: <http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fforum2018.ru%2Ftransportnayainfrastruktura%2Fitem%2Fdownload%2F36&ei=aEyiUifeAcKF4gSiy4DoCw&usq=AFQjCNFGaEaJXYFJhrR4diig3PeFLegcsxg&sig2=18Fwf-3zYIQkEib0gsI06A>
7. Король В. Особенности применения тягового асинхронного электропривода в составе рельсового транспорта. [Электронный ресурс]. – Механика Машин, Механизмов и Материалов. – 2012, № 1 (18). – Режим доступа: [http://oim.by/dfiles/000702\\_259729\\_3.pdf](http://oim.by/dfiles/000702_259729_3.pdf)