

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ЛЭП

¹Соленая О.Я., доц., к.т.н., доц.; ²Демченко Г.В., доц., к.т.н., доц.;

¹Шабанова А.Р., магистрант

¹(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, РФ)

²(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

На сегодняшний день надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей является не только показателем уровня развития национальной экономики, но и жизни всего общества в целом. Несмотря на то, что за последние годы наблюдался незначительный рост использования электроэнергии, порядка 0,5-2,0 %, в ближайшие 20 лет глобальное энергопотребление возрастет почти на 40-50 %. Как следствие этого увеличится протяженность электрических распределительных сетей и еще более остро встанет проблема планового обслуживания, инспектирования и предотвращения аварийных отключений линий электропередачи (ЛЭП), так как число отказов пропорционально длине ЛЭП. Россия является одной из стран, лидирующих по количеству потребляемой энергии, а также по протяженности снабжающих линий, однако существующая система мониторинга и диагностики состояния ЛЭП недостаточно эффективна, что иллюстрирует большое количество технологических нарушений, аварий и инцидентов. Поэтому встает необходимость создания автоматизированной роботехнической системы инспектирования ЛЭП.

В настоящее время существует четыре вида контроля рабочего состояния линий: ручной осмотр, осмотр при помощи наземных транспортных средств, авиационная (бортовая) инспекция, а также робототехническое инспектирование. Ручной осмотр включает в себя визуальную оценку состояния ЛЭП невооруженным глазом или с использованием телескопа без подъема и с подъемом на опоры. Данный метод является самым трудоемким, опасным, дорогостоящим и неточным. Использование автомобилей для инспектирования ЛЭП позволяет применять транспортное средство в качестве платформы для транспортирования контрольно-измерительной аппаратуры: GPS- и INS-приборов, лазерных датчиков и камер. Все это делает процесс проверки более гибким благодаря высокоэффективным инструментам точной оценки контролируемых параметров линии, однако данная технология осмотра применима для проверки ЛЭП только в городе. При бортовой инспекции в качестве несущей платформы используются вертолеты, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с неподвижным крылом и мультироторные БТЛА (мультикоптеры) (рис. 1) [1].

БПЛА имеют меньшую стоимость по сравнению с вертолетами, что является их преимуществом, но аппараты с фиксированным крылом пригодны лишь для грубой обзорной проверки, непредназначены для крупномасштабных задач, а также они неспособны парить над землей. Мультикоптеры не имеют такого недостатка, однако оба типа БПЛА обладают низкой грузоподъемностью и ограниченным энергетическим ресурсом.

Зарубежный опыт контроля состояния ЛЭП за последнее десятилетие показал успешное применение роботов-инспекторов, передвигающихся по проводам (rolling on wires robots–RWR) [2]. Такие роботы перемещаются по одиночному токоведущему проводу фазы [3, 4] либо по грозозащитному тросу [5] (рис. 2), и большинство из них снабжены механизмами, позволяющими преодолевать такие препятствия, как ряды изоляторов, предупреждающие сферы, виброгасители и коронирующие кольца. Диагностика ЛЭП осуществляется при помощи камер высокого разрешения, лазерных и инфракрасных сенсоров.



а)



б)

Рисунок 1 – Проведение аэровизуального инспектирования ЛЭП при помощи БПЛА с неподвижным крылом (а) и мультироторного БПЛА (б)



а)



б)

Рисунок 2 – Проведение инспектирования ЛЭП при помощи роботов LineScout (а) и Expliner (б)

К сожалению, в России пока не существует аналогичных устройств. В данной работе описано создание прототипа робототехнической системы для инспектирования состояния ЛЭП и предотвращения аварийных отключений участков проводящих линий. В частности, в рамках проекта решались вопросы проектирования механической части устройства, позволяющего перемещаться по проводу фазы ЛЭП, и создания системы зарядки мобильного робота. Для имитации пролета проводящей линии были спаяны две стойки опоры из полипропиленовых тройников, заглушек и труб диаметром 50 мм (рис. 3, а), через которые был протянут универсальный гибкий изолированный силовой трехжильный провод диаметром 20 мм в качестве одиночного токоведущего провода фазы. Крепление кабеля к опорам с обеих сторон осуществлялось при помощи гирлянд керамических изоляторов (рис. 3, б).

При анализе уже существующих робототехнических систем контроля были сформулированы следующие требования к создаваемому механизму:

- минимальная масса;
- высокая скорость передвижения;
- малые габариты;
- достаточное трение между колесами механизма и проводом фазы;
- устойчивость при движении.



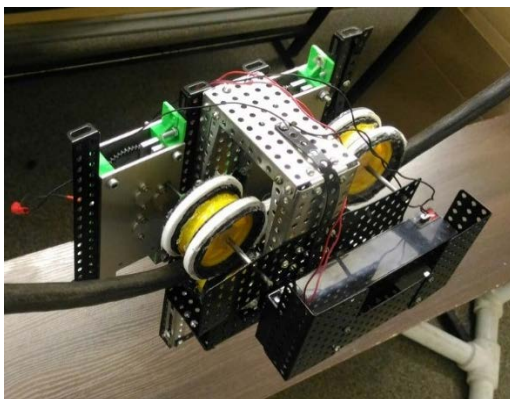
а)



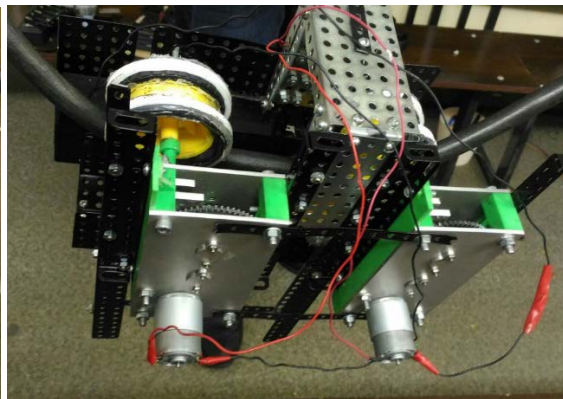
б)

Рисунок 3 – Натурная модель ЛЭП: опоры ЛЭП (а) и крепление гирлянды изоляторов (б)

При сборке корпуса робота использовались детали металлического конструктора ввиду их малой массы, доступности и возможности внесения изменений в конструкцию. Робот передвигается с помощью четырех колес, которые зажимают провод фазы сверху и снизу. Это обеспечивает надежное крепление робота на проводящей линии, что особенно важно в условиях эксплуатации при воздействии природных факторов. Колеса приводятся в движение двумя двигателями постоянного тока, которые позволяют перемещаться в двух направлениях (рис. 4). В качестве источника питания был выбран свинцовый-кислотный аккумулятор Delta серии DT напряжением 12 В (2,2 А·ч) ввиду простоты его перезарядки, высокой плотности энергии, длительного срока службы и герметичности. Аккумулятор установлен симметрично двигателям относительно токоведущего провода, такое расположение комплектующих робота позволяет соблюдать равновесие и устойчивость при его движении по проводу.



а)



б)

Рисунок 4 – Конструкция робота: крепление колес и аккумулятора (а) и крепление двигателей постоянного тока (б)

Лимит энергетического ресурса аккумулятора создает ограничение для применения робота, поэтому была создана такая система зарядки, которая позволила бы роботу функционировать неограниченное количество времени. Процесс подзарядки осуществляется

от проводящей линии при помощи трансформатора тока. При его намотке были использованы тороидальный ферромагнитный сердечник, бумажная изоляция и медный провод с лаковой изоляцией.

Однако, при использовании трансформатора тока в результате процесса намагничивания стали напряжение вторичной обмотки непостоянно, что недопустимо для зарядки аккумулятора. Для решения данной проблемы была спроектирована схема стабилизации напряжения (рис. 5). Ядром схемы является интегральный регулируемый стабилизатор напряжения положительной полярности КР142ЕН12А, позволяющий питать устройства током 1,5 А в диапазоне напряжений от 1,2 В до 37 В. Данный тип стабилизатора имеет более высокую линейность характеристики по сравнению со стандартными фиксированными стабилизаторами и полную защиту от перегрузок, включающую внутрисхемное ограничение по току, защиту от перегрева и защиту выходного транзистора. Требуемое значение выходного напряжения 12 В достигается при помощи двух внешних навесных резисторов: постоянного $R_1 = 240$ Ом и переменного $R_2 = 22$ кОм. Выходной конденсатор емкостью 100 мкФ обеспечивает сглаживание переходных процессов.

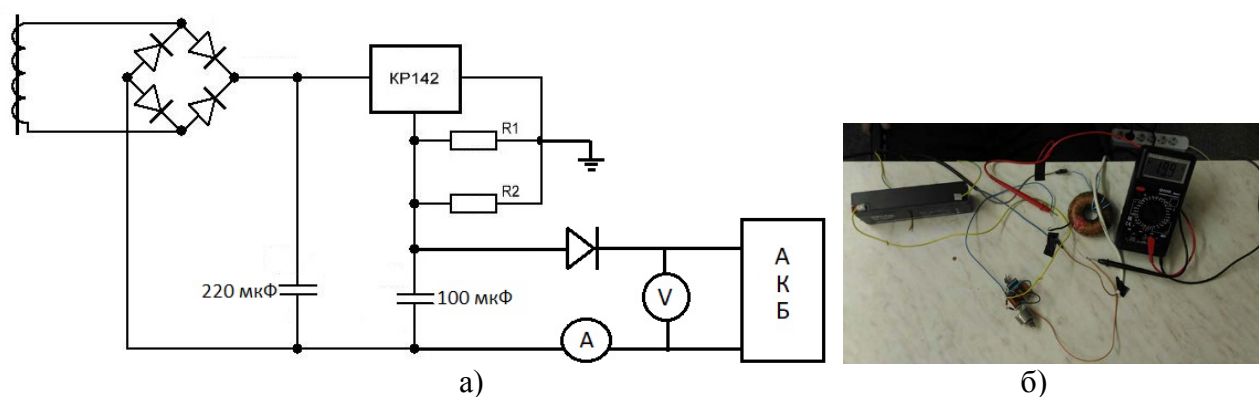


Рисунок 5 – Схема системы зарядки аккумулятора: а) электрическая; б) внешний вид системы

Таким образом, в ходе работы над проектом были решены поставленные задачи по проектированию и реализации механической части робота и системы подзарядки для его автономного функционирования. В дальнейшем планируется интеграция схемы зарядки аккумулятора в готовую конструкцию, а также внедрение систем датчиков и видеонаблюдения.

Перечень ссылок

1. Deng, C. Unmanned aerial vehicles for power line inspection : A cooperative way in platforms and communications / C. Deng et al. // J. Commun. – 2014. – Т. 9. – №. 9. – С. 687-692.
2. Pagnano, A. A roadmap for automated power line inspection.Maintenance and repair / A. Pagnano, M. Höpfa, R. Tetib // 8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. -2013.-№2.- pp. 234-239.
3. Montambault, S. Design and Validation of a Mobile Robot for Power Line Inspection and Maintenance / S. Montambault, N. Pouliot // 6th International Conference on Field and Service Robotics – FSR 2007, France. – 2007. – 11 p.
4. Debenest, P. Expliner – Toward a Practical Robot for Inspection of High-Voltage Lines / P. Debenest, M. Guarnieri, K. Takita, F. Edwards // Conference: Field and Service Robotics, Results of the 7th International Conference, FSR 2009, Cambridge, Massachusetts, USA. – 2009. – 10 p.
5. Phillips, A. Robotic transmission line inspector / A. Phillips // EPRI Journal. –2010. – №2. – 40 p. – pp. 28- 29.