

спутниковых широкополосных услугах, в создании приложений и услуг, поддерживающих стандарт 5G, особенно в области интернета вещей, Smart city и др.;

2) разрабатывать образцовые проекты сотрудничества в сфере больших данных, поощрять создание совместных предприятий, усиливать работу по сбору данных разных отраслей и их анализу в целях повышения их ценности;

3) совместно создавать базу данных в области обучения через Интернет с целью осуществления общего пользования образовательными ресурсами. На основе такой базы данных возможно создание общей платформы для проведения разных видов дистанционного обучения и онлайн-курсов, что принесет реальную пользу гражданам двух стран;

4) прилагать совместные усилия к созданию платформы по сотрудничеству в сфере информатизации сельского хозяйства. Изучать проекты внедрения в новейших интернет-технологий, мобильных терминалов, точного земледелия, интеграции данных, геопространственных данных и т.д. Рассматривать возможность укрепления сотрудничества в области производства сельскохозяйственной техники;

5) развивать сотрудничество в области Smart Energy, охватывающее разработку энергоэффективных технологий, распространение энергосберегающего строительства, изучение новых моделей добычи энергетических ресурсов, производство и использование энергии, совершенствование традиционных видов энергии, применение новых источников энергии и др.

Таким образом, построение цифровой экономики является приоритетным направлением развития в Республике Беларусь и Китайской Народной Республике на ближайшую перспективу. В связи с этим усиление сотрудничества между двумя странами в области цифровой трансформации будут способствовать дальнейшему развитию отношений всестороннего стратегического взаимодействия и партнёрства.

Список использованных источников

1. О развитии цифровой экономики: Декрет Президента Республики Беларусь, 21 декабря 2017 г., №8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://president.gov.by/ru/> – Дата доступа: 07.11.2019.

2. Информационное общество в Республике Беларусь, 2019. / Нац. стат. комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2019. – 101 с.

3. Информационное агентство «REGNUM» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regnum.ru/>. – Дата доступа: 07.11.2019.

4. Чжан Д. Современное состояние цифровой экономики в Китае и перспективы сотрудничества между Китаем и Россией в области цифровой экономики / Д. Чжан // Власть, 2017. – Том 25. – № 9. – С. 37-43.

5. Xu, Dake. The Principle and Conceptual Frame of Inovation Policy Design / D. Xu, J. Chen // Journal of the National School of administration, Political and Public administration. – 2004. – No 4. – P. 26–29.

УДК 004.896

РОБОТИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Усович А.В.

Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»

Аннотация. *Оптимизация работы энергосистемы и уменьшение затрат на её эксплуатацию являются важным вопросом в создании энергоэффективной работы элементов системы. Одним из способов решения данной задачи может служить использование роботизации в энергетике, что в свою очередь позволяет максимально улучшить работу энергосистемы и дистанционно управлять её состоянием.*

***Abstract.** Optimization of the power system and reducing the cost of its operation are an important issue in creating energyefficient work of system elements. One of the ways to deal with this problem can be the use of robotics in the energy sector, which in turn allows you to maximize power system performance and remotely control its state.*

Введение. Роботизация необходимый шаг в энергетике направленный не только на минимизацию риска для здоровья человека, но и позволяющий облегчить человеку труд и высвободить его время, а также служащий для экономии затрат на обслуживание объектов промышленной энергетики.

На сегодняшний день можно уже уверенно говорить о том, что такие задачи как:

- диагностика линий электропередач, их очистка ото льда,
- инспекция ветряных турбин,
- уход за солнечными панелями,
- диагностика и обслуживание атомных реакторов

в ближайшем будущем смогут решать именно мобильные полностью автономные роботы, или роботы с дистанционным управлением. Применение роботов особенно целесообразно там, где жизнь человека может оказаться подверженной риску. Например, для диагностики вышедших из строя атомных реакторов или для профилактики высоковольтных ЛЭП, расположенных на высоте в десятки метров над землей, лучше всего подойдут именно роботы. Они должны быть грамотно сконструированные и должным образом настроенные.

Роботы для диагностики и обслуживания высоковольтных ЛЭП. Японская фирма HiBot, по просьбе энергетической компании KansaiElectricPowerCompany (КЕРСО), разработала, и в 2011 году запустила в эксплуатацию, робота Expliner, предназначенного для обслуживания и проверки ЛЭП. Робот подвешивается к проводам линии, а оператор с экрана компьютера удаленно осуществлять визуальный контроль.

Движение робота вдоль линии похоже на движение поезда по рельсам, с той лишь разницей, что робот движется снизу, под проводами. Передвигаясь вдоль линии, робот Expliner использует лазерные датчики для выявления мест коррозии на проводах. По GPS робот принимает данные о своем местоположении, и передает их оператору, а видеокamеры высокого разрешения, расположенные на роботе, позволяют оператору рассмотреть механические повреждения, будь то оплавленный провод или трещина на нем.

Так, после прохода роботом вдоль всей линии, ремонтники уже будут знать точно, где и какая неисправность имеет место, что необходимо исправить, что и как отремонтировать. Доступна диагностика одновременно четырех параллельно идущих проводов.

Такие препятствия, как зажимы и прокладки робот преодолевает самостоятельно, обходя их, маневрируя, благодаря подвижному центру тяжести. Робот просто переносит колеса через препятствие и движется дальше. Если препятствие более сложное, то робота переносят вручную.

Применение робота дает возможность службам своевременно выявлять повреждения линий, такие как ржавчина, внутренняя коррозия (измененный диаметр провода) или механическое повреждение. Это сильно экономит время и расходы на обследование линий традиционным путем, когда бригада экипированных рабочих должна своими силами обойти всю линию электропередач.

Канадцы шагнули дальше. Разработчики из института Hydro-Québec еще в 1998 году задумались о создании более сложного робота для диагностики и обслуживания высоковольтных линий электропередач. И вот, спустя 11 лет, робот LineScout был успешно представлен на презентации, и даже удостоился в 2009 году премии от Электротехнического института Эдисона.

Идея пришла разработчикам не с пустого места. В конце 90-х в северных штатах прошел такой мощный снежный шторм, что провода одной из значимых линий электропередач были просто оборваны под грузом намерзшего на них льда.

Результатом десятилетней работы инженеров стал робот, который способен не просто катиться по проводам, но также умеющий манипулировать с различным оборудованием. Робот, конечно, оснащен камерами и GPS, но плюс к этому он может счищать снег с проводов, раскручивать и закручивать болты и гайки, снимать с проводов инородные предметы. Благодаря наличию тепловизоров, робот способен оценивать температуру проводов.

Оператор просто управляет роботом с компьютера при помощи специального джойстика. Робот LineScout показал себя достаточно эффективным во время многократных испытаниях в 2010 году на линиях с током до 2 кА, под напряжением 735 кВ.

Робот для инспекции ветряков. Энергия ветра в качестве экологически чистого источника электроэнергии является сегодня одним из очень быстро развивающихся направлений альтернативной энергетики. Изобретатели разрабатывают новые проекты для ветряных генераторов, но одно остается неизменным – промышленные ветрогенераторы – это очень большие по размеру и, как правило, всегда очень высокие сооружения. Поскольку число установленных ветряных турбин по всему миру растет, совсем не удивительно, что часть из них уже успела обрести дефекты за время своей работы. Решить задачу своевременной диагностики лопастей турбин опять же призваны роботы. Которые смогут бесстрашно взбираться на острые лезвия, вращающиеся на большой высоте. Один из таких роботов – разработанный немецким институтом Фраунгофера, робот RIWEA, способный работать даже на вращающейся турбине.

Робот перемещается по канату, взбираясь все выше и выше, будь то наземная или береговая турбина. Проверка на наличие дефектов осуществляется посредством инфракрасного излучателя и тепловизора высокого разрешения. Оператор просто получает изображение и анализирует его. Для диагностики прочных металлических элементов, робот RIWEA оснащен интегрированными ультразвуковым излучателем и детектором, обладающими высоким потенциалом в плане точности.

Промышленные ветрогенераторы представляют собой достаточно обширные и высокие сооружения. Дефекты на них не редки. Именно поэтому необходимо проводить диагностику лопастей турбин. Ведь при оперативной диагностике можно выявить те турбины, которые нуждаются в срочном капитальном ремонте. Как следствие, можно быстро осуществить ремонт и не понести убытки от простоя оборудования. Как было сказано ранее, ветрогенераторы в промышленности имеют очень большие габаритные размеры, поэтому целесообразно поручить диагностику неисправностей роботам. Такие системы могут взбираться на острые лезвия, которые вращаются на большой высоте. Повреждения выявляются с помощью инфракрасного излучателя и тепловизора высокого разрешения, встроенных в роботизированные системы. Для диагностики прочных металлических элементов, роботов оснащают и интегрированными ультразвуковым излучателем, и детектором, которые обладают высоким потенциалом в плане точности.

Заключение. Роботизированные системы становятся незаменимыми помощниками людей в сфере энергетической промышленности, что делает приоритетным развитие данного направления. С каждым годом в мире появляется все больше таких систем, и данный факт внушает надежду, что трудновыполнимые задачи для человека вскоре станут реализуемыми.

Список использованных источников

1. Применение роботов в энергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://powercoup.by/novye-tehnologii/primenenie-robotov-v-energetike> – Дата доступа: 25.02.2018.

2. Роботы в энергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trioicorp.ru/news/post/roboty-v-energetike-tochki-soprikosnoveniya> – Дата доступа: 25.02.2019.

3. Робот для инспекции ветряков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.2045.ru/news/31385.html> – Дата доступа: 25.02.2019.

УДК 621.373.826:621.396.69

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ШАРИКОВ ПРИПОЯ ПРИ СБОРКЕ 3D ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Фам В.Т., Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Abstract. *Laser heating is a promising method for forming solder balls during the assembly of 3D electronic modules since it is sufficient for melting the high melting point solders, like SAC solder. For the optimal mode recommended using 532 nm laser since it allows to reach the melting temperature of the solder faster than 1064 nm laser.*

Компьютерное моделирование имеет решающее значение в конкурентной среде для оптимизации условий процесса обработки и разработки на этапе проектирования. При моделировании требуются использовать реальные параметры лазера и объекта. Следовательно, после выполнения моделирования необходимо анализировать полученные результаты и сравнивать с экспериментальными данными [1].

Критерием оптимизации модели является производительность, определяемая скоростью нагрева в зоне воздействия излучения. При моделировании предполагаем, что энергия излучения распределена по уравнению гауссовского распределения от лазерного пятна, а задача теплопроводности рассматривается в одномерном приближении при условии, что основной поток теплоты в материале распространяется нормально поверхности в глубину тела по оси Oz .

Разработана модель процесса формирования шариковых выводов припоя лазерным нагревом при сборке 3D электронных модулей в среде COMSOL Multiphysics. В этой модели концентрация теплового потока находится в центре излучения, и, удаляясь от него, тепловой поток экспоненциально уменьшается. Математическое уравнение гауссовского распределения теплового потока имеет следующий вид [2]:

$$E(x, y) = \frac{E}{\pi \cdot r_G^2} \exp \left[- \left(\frac{r^2}{r_G^2} \right) \right], \quad (1)$$

где $E(x, y)$ – поглощенный тепловой поток, E – мощность лазера, r_G – радиус пятна лазерного излучения, r – расстояние от считаемой точки до центра излучения на шарике, рассчитываемое по формуле (2):

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \quad (2)$$

где x_0, y_0 – x - y -местоположение лазерной фокальной точки. Плотность мощности тепла, подающая на поверхность шарика от источника вычисляется как: $q_n = \eta_{эф} E$, где $\eta_{эф}$ – КПД источника лазера, $\eta_{эф} = 20\%$.

Распределение температуры по всей модели зависит от исходных параметров моделирования. При монтаже современных электронных модулей широко применяются 3D электронные модули как BGA и CGA. Для пайки используются бессвинцовые ша-