

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ФІТОМОНІТОРИНГУ РОСЛИН У ТЕПЛИЦІ

В. П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук, професор

І. М. БОЛБОТ, кандидат технічних наук, доцент

І. І. ЧЕРНОВ, інженер

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

e-mail: lysenko@nubip.edu.ua

e-mail: igor-bolbot@ukr.net

e-mail: itz@nubip.edu.ua

Анотація. Для забезпечення автономної роботи електротехнічного роботизованого комплексу фітомоніторингу рослин в теплиці необхідно одночасно аналізувати велику кількість факторів: зовнішні перешкоди, власна швидкість, поточне розташування. Але крім цього у зв'язку із великою площею приміщень закритого ґрунту та обмеженням заряду акумулятора самого мобільного комплексу необхідно здійснювати побудову маршруту, ґрунтуючись як на доцільності доїзду до тих чи інших точок теплиці, так і на можливостях самого мобільного комплексу. Для вирішення цієї задачі використовуються результати моделювання щодо розподілення температурних полів теплиці та інформація про поточну локалізацію робота і його картографування.

Ключові слова: мобільний робот, керування, ієрархічна система, ROS

Робота всередині закритих приміщень характеризується безліччю найрізноманітніших перешкод, починаючи від нерівномірності освітлення і закінчуючи проблемами відображення радіосигналів. У такому разі середовище вважається погано обумовленим, з ненадійними каналами зв'язку, з принциповою неточністю і невизначеністю [1].

Мета досліджень – розробка системи керування електротехнічним комплексом фітомоніторингу рослин у теплиці.

Матеріал та методика досліджень. Будуючи систему керування електротехнічним комплексом фітомоніторингу рослин в теплиці, за основу було взято багаторівневу організацію за ієрархічним принципом побудови [2], що має можливість аналізу фітокліматичних даних та прийняття на цій основі рішень щодо оптимізації маршруту переміщення, планування послідовності дій мобільного робота, розпізнавання образів та перешкод. Структура такої системи керування містить у своєму складі стратегічний, тактичний та виконавчий рівні, взаємозв'язок котрих представлено на рисунку 1.

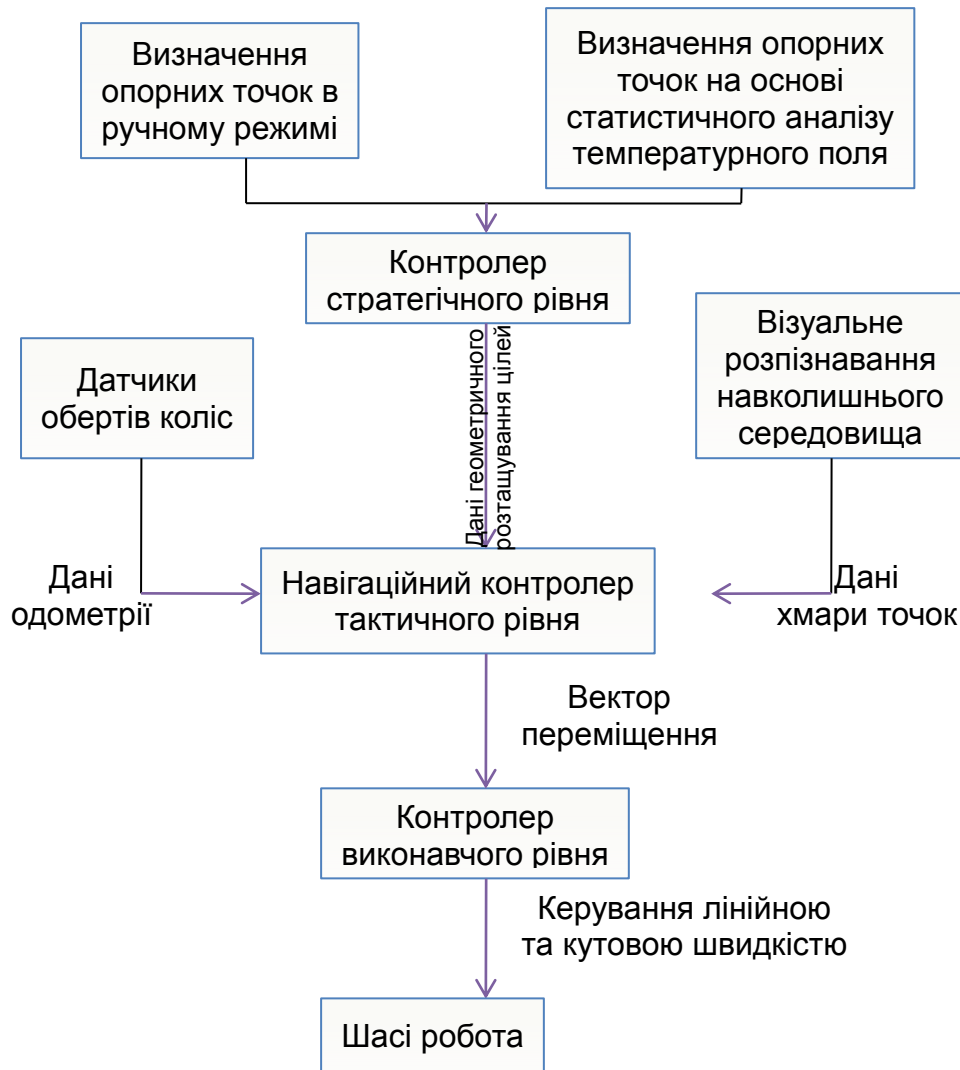


Рис. 1. Багаторівнева ієрархічна структура керування електротехнічним комплексом фітомоніторингу в теплиці

Система керування функціонує так. Для планування маршруту на стратегічному рівні система повинна отримати координати контрольних точок, через котрі робот повинен прокласти свій маршрут і провести в них виміри. Передбачено два можливі шляхи визначення таких контрольних точок: в ручному режимі оператором та в автоматичному за результатами аналізу прогнозу розподілу температури за методом обчислювальної гідрогазодинаміки повітряних потоків в теплиці. Перелік контрольних точок потрапляє до контролера стратегічного рівня, що призначений для вирішення задачі побудови найкращого маршруту, котрий охоплює максимальну кількість контрольних точок, виходячи із можливостей мобільного робота та обмежень конструкції теплиці. Навігаційний контролер тактичного рівня призначений для вирішення задачі щодо обробки поточних даних, що надходять від вимірювальної системи мобільного робота, визначення поточного місцезнаходження робота, уточнення карти навколишнього середовища і можливих перешкод на шляху переміщення та безпосередньо здійснює керування переміщенням від однієї контрольної точки до іншої. Сформований вектор переміщення передається на

контролер виконавчого рівня, котрий керує швидкостями обертання ведучих коліс, розузгодженням між ними при поворотах.

Результати досліджень. За основу для побудови інформаційної системи мобільного робота було взято безкоштовну та відкриту програмну оболонку ROS (Robot Operating System) [3]. ROS - це розподілена система процесів (вузлів), що можуть бути згруповані в пакети та стеки. Така система надає функціонал операційної системи для обладнання робота: апаратна абстракція, низькорівневий контроль обладнання, передача повідомлень між процесами, керування пакетами.

У цьому інформаційному середовищі використовуються такі поняття:

- вузли (nodes). Вузол - це файл, що використовує ROS для зв'язку з іншими вузлами;
- теми (topics). Вузли можуть публікувати повідомлення за темою, а також підписатися на тему для прийому повідомлень;
- повідомлення (messages). Тип даних ROS, що використовується при підписці або публікації на тему.

Виходячи із цієї концепції, можна представити взаємодію апаратно-програмного комплексу мобільного робота у вигляді блок-схеми (рис. 2). На рисунку показано метавузли у вигляді прямокутників, теми, котрими вони пов'язані один з одним, показано лініями, і публікуються безпосередньо повідомлення із інформацією, що передається. Типи даних, що публікуються у відповідних темах, стандартизовано. Наприклад, в темі `cmd_vel` інформація передається у вигляді масиву двох векторів лінійної та кутової швидкості за трьома координатами (`linear: x: 2.0 y: 0.0 z: 0.0 angular: x: 0.0 y: 0.0 z: 0.0`). Окрім того, тема може містити підтеми із окремими каналами даних - так тема `sensors` включає в себе `sensors/encoder` із даними про обертання коліс, `sensors/temperature` - з інформацією про виміряну температуру, `sensors/power` - інформацію про поточні витрати електричної енергії тощо.

Звичайно, приведена схема є узагальненою, тому що для забезпечення роботи кожного метавузла необхідна співпраця декількох вузлів. Це можна показати на прикладі метавузла `navigation` (рис. 3) [4].

Як бачимо, до метавузла приходять дані у вигляді завчасно створеної мапи (тема `nav_msgs/map`), поточні дані, що розпізнаються із камери (теми `sensor/laserscan`), дані одометрії про поточне положення робота (тема `nav_msgs/odometry`), дані про переміщення, котрі потрібно виконати (тема `tf/tfmessage`). Метавузол здійснює побудову локальних та глобальних матриць переміщень за алгоритмом стимулюючого навчання, оцінюючи доцільність від тієї чи іншої дії та формуючи маршрут переміщення, враховуючи обмеження та формуючи вектор переміщення, що публікується у відповідну тему. Процес відбувається безперервно до отримання команди на скасування подальшого переміщення від оператора або відповідних внутрішніх діагностичних попереджень.

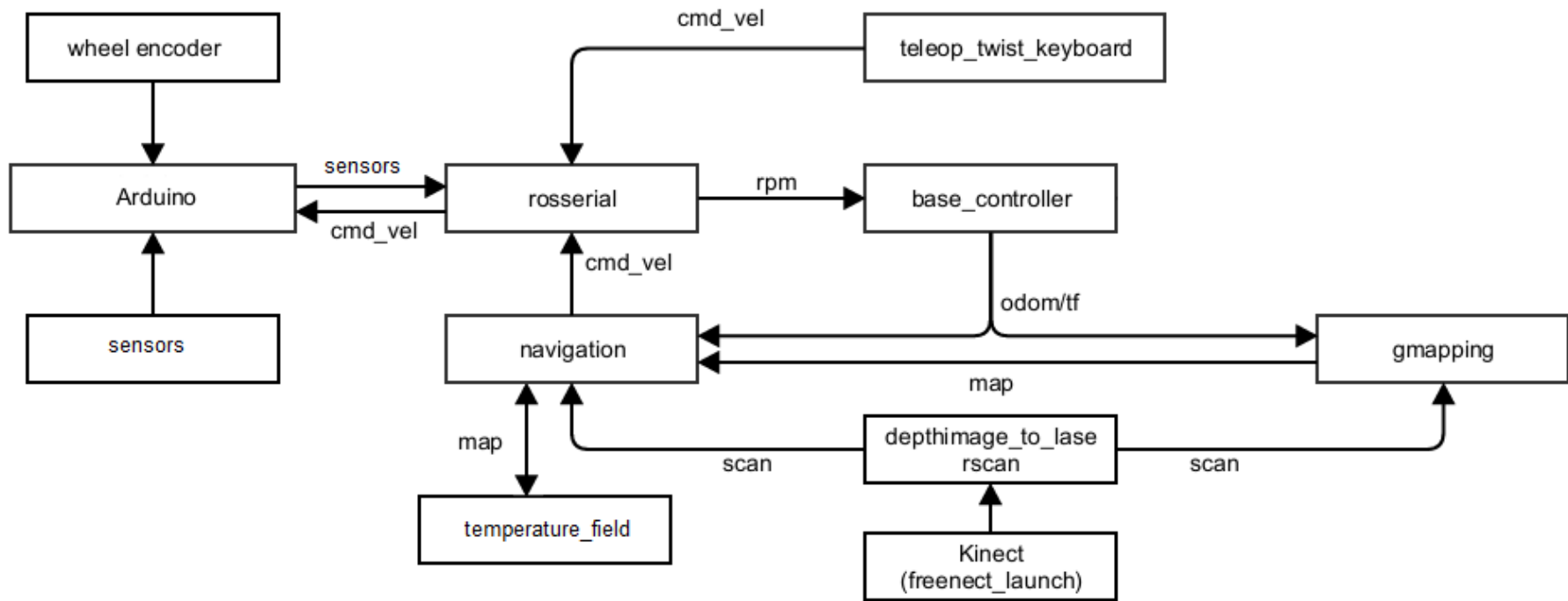


Рис. 2. Загальна блок-схема метавузлів інформаційної системи робота та взаємозв'язків між ними

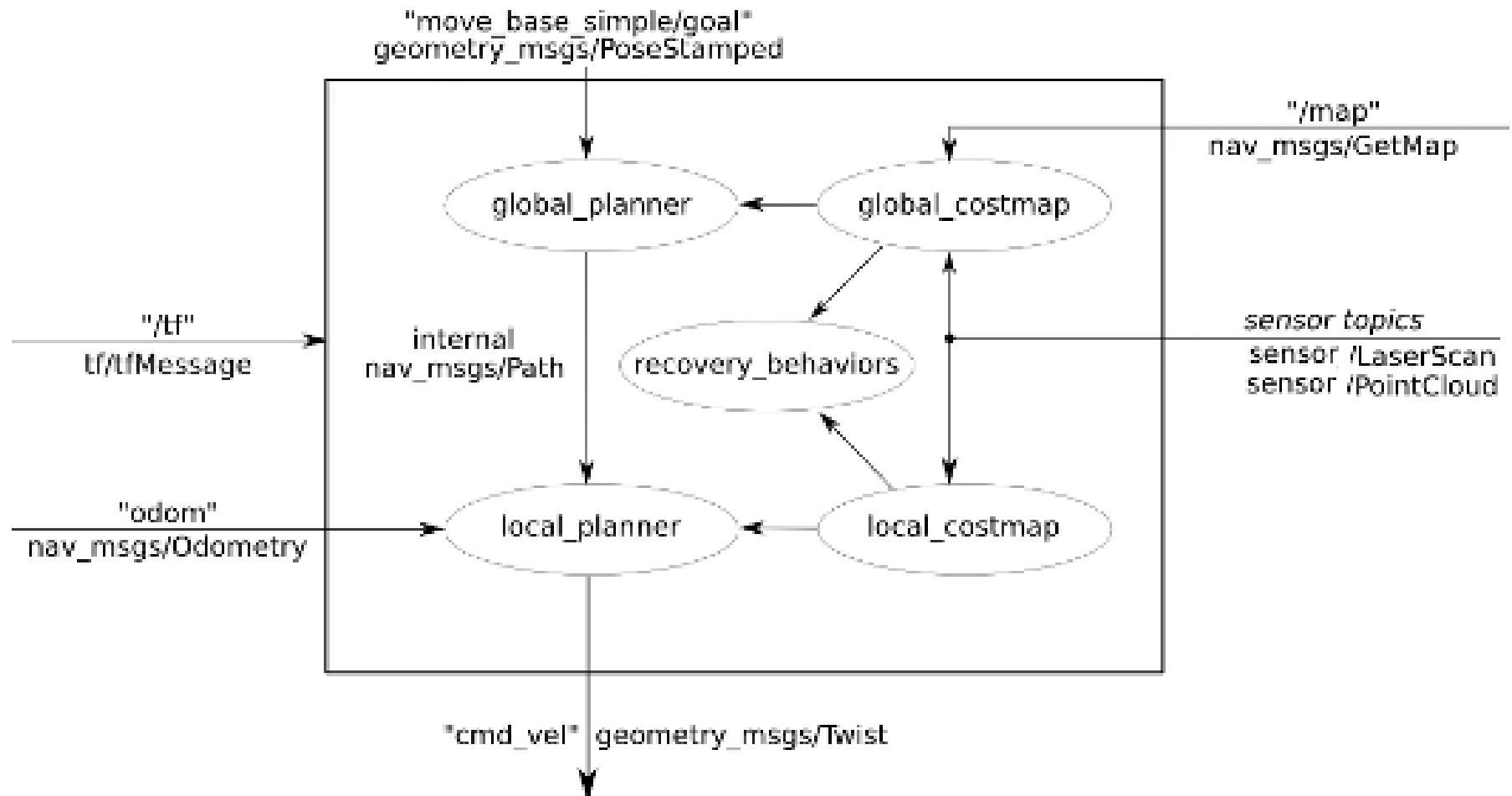


Рис. 3. Метавузол navigation при детальнішому розгляді

Інформаційна оболонка ROS здатна виконувати розподілені обчислення, що поліпшує її використання у випадках обмеженого енергетичного та обчислювального ресурсу. Тому, в концепції побудови електротехнічного роботизованого комплексу фітомоніторингу рослин в теплиці використано принцип "клієнт-сервер", де перший відповідає за збір, передачу інформації та керування виконавчими механізмами робота, а другий - за обробку масивів даних та прийняття керуючих рішень, поєднаних єдиним інформаційним середовищем, що функціонує одночасно і на рухомому мобільному роботі, і на стаціонарному сервері (рис. 4).

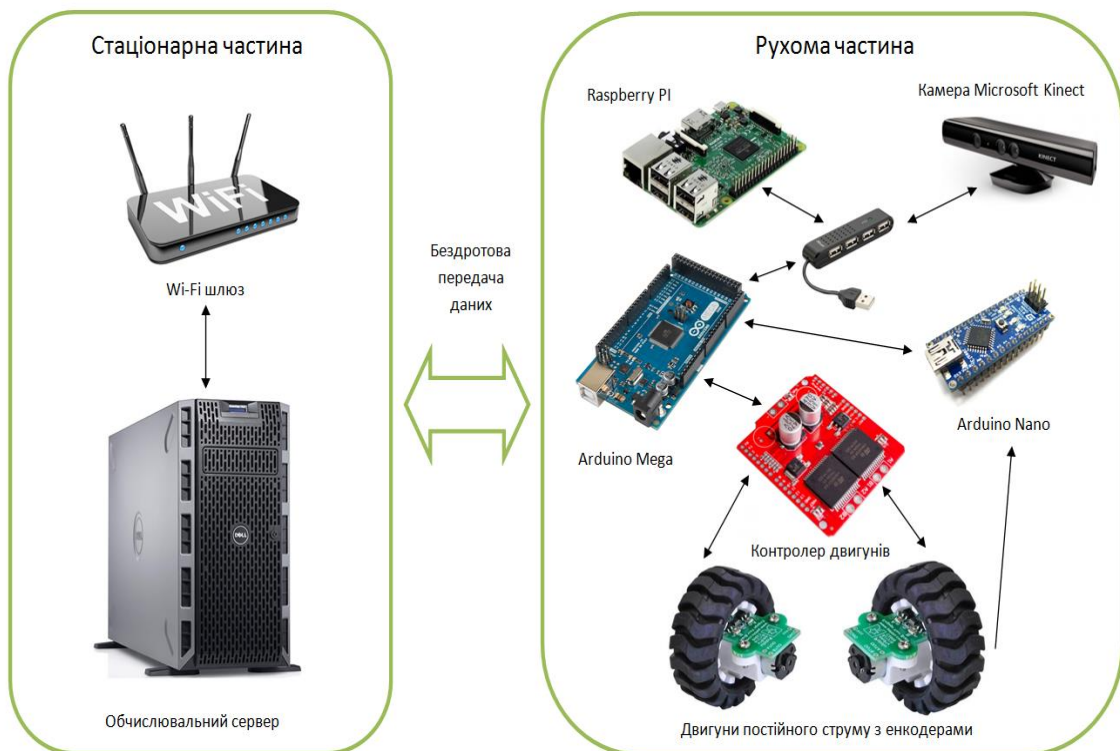


Рис. 4. Взаємодія окремих апаратних частин в єдиному інформаційному середовищі

Якщо перейти безпосередньо на виконавчий рівень, що відповідає за перетворення команд тактичного та стратегічного рівнів керування, то останньою ланкою, котра безпосередньо взаємодіє з інформаційним середовищем ROS, є контролер ArduinoMega. Він під'єднується до мікрокомп'ютера RaspberryPi, на котрому запущено клієнтську частину ROS та котрий підтримує зв'язок із серверною частиною комплексу. Контролер ArduinoMega працює безпосередньо із протоколами кінцевих пристроїв, наприклад, із платою ArduinoNano через протокол SPI, звідки отримує дані про обертання коліс. Також він формує аналогову керуючу дію для плати керування двигунами. Електричну схему з'єднань блоків виконавчого рівня керування представлено на рисунку 5.

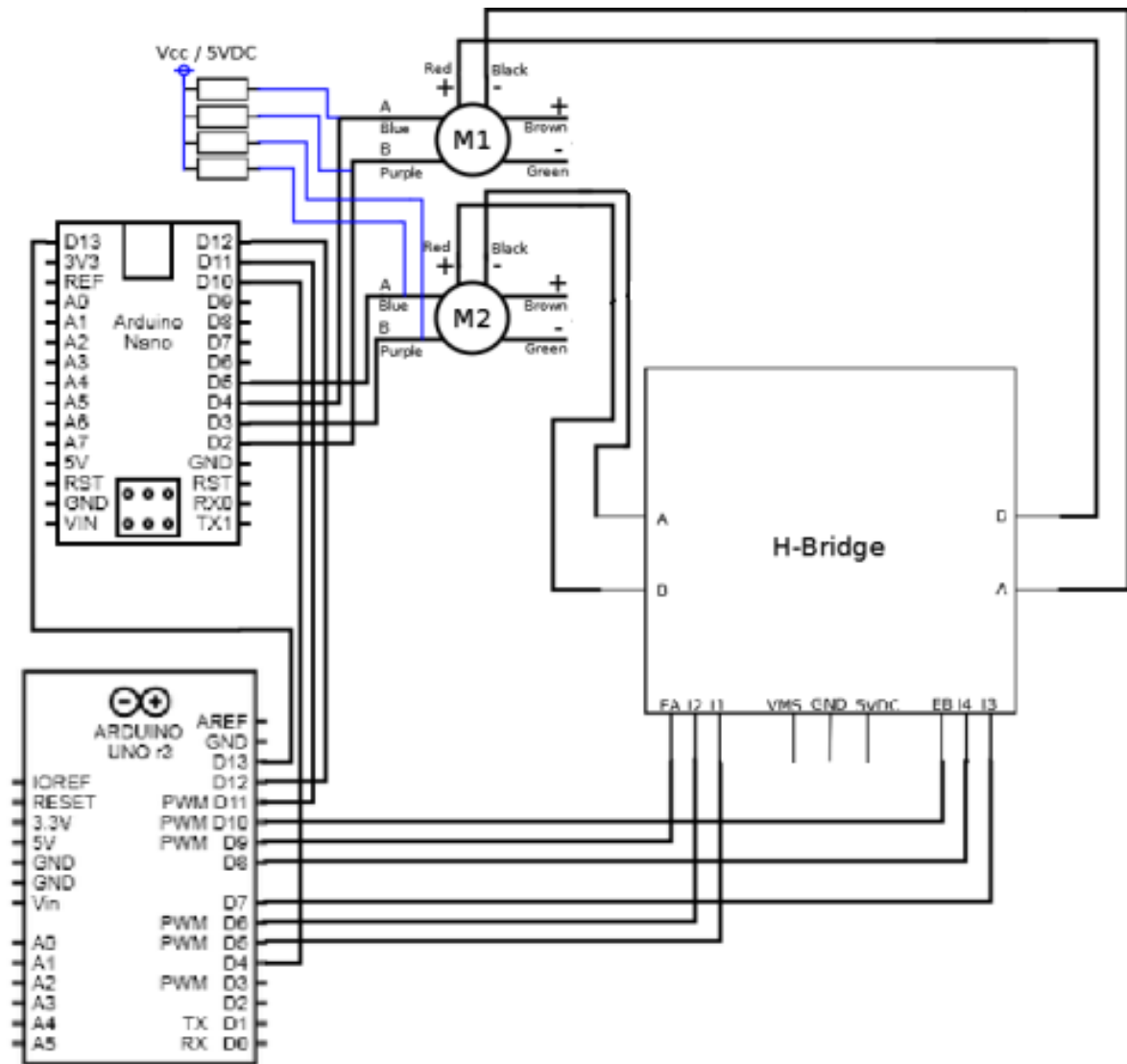


Рис. 5. Електрична схема виконавчого рівня

Керування обертанням двигунів здійснюється формуванням сигналів ШІМ за допомогою так званої схеми Н-мосту [5], електронної схеми, яка дає можливість подати напругу двигунів до їх навантаження для обертання цих двигунів в різних напрямках. У використаному контролері двигунів є два незалежних Н-моста, котрими керують високошвидкісні транзисторні ключі. Принципову електричну схему контролера двигунів мобільного робота приведено на рисунку 6.

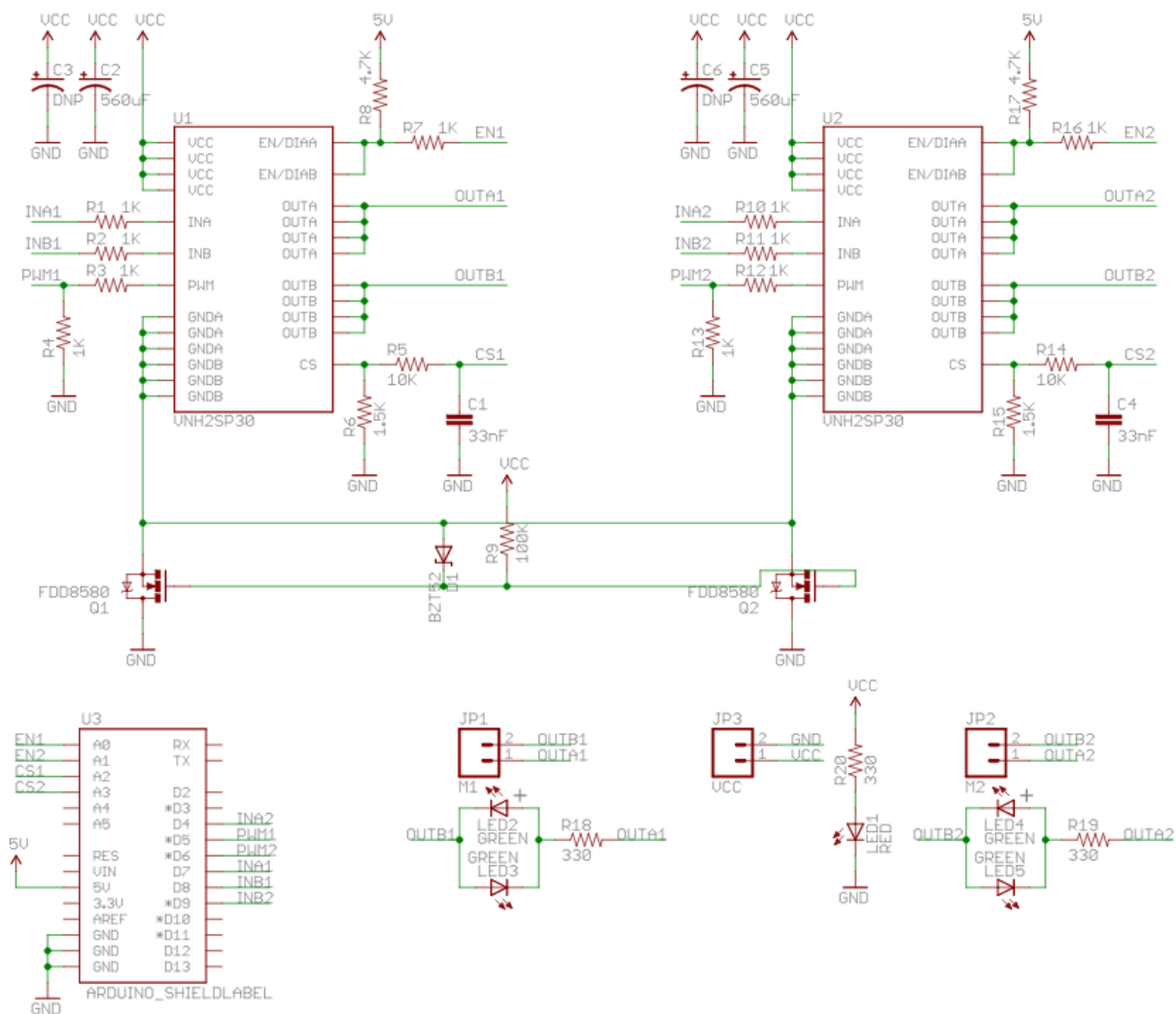


Рис.6. Схема електрична принципова силового контролера двигунів

Висновки

Для забезпечення взаємодії багатьох різномірних апаратних засобів складного робототехнічного комплексу використано середовище ROS, яке забезпечує функціонування окремих вузлів, дає користувачу можливість оперувати високорівневими абстракціями, незважаючи на джерела отримання інформації, та забезпечує клієнт-серверну архітектуру робототехнічного комплексу, що в свою чергу дозволяє не концентрувати обчислювальні потужності в самому роботі, а зробити їх рівномірно розподіленими.

Список літератури

1. Лисенко В. П. Робототехнічна система фітотехнічного моніторингу в тепличному господарстві / В. П. Лисенко, В. В. Козирський, І. М. Болбот, О. М. Болбот, І. І. Чернов, Ю. О. Батанов // Науковий вісник НУБІП України. – № 166. – Ч. 3 – С. 93-98.
2. Матюхин В. И. Управление механическими системами / В. И. Матюхин. – М.: Физматлит, 2009. –320 с.
3. Quigley M. Hardware and Software / Morgan Quigley, Eric Berger, Andrew Y. Stair Architecture. // Robotics Workshop. –AAAI, 2007.

4. Тарасов В.Б. Моделирование взаимодействия робота с внешней средой на основе пространственных логик и распространения ограничений / В. Б. Тарасов, А. П. Калущкая // Программные продукты и системы. –2010. –№2. –С. 16-17.

5. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е. И. Юревич.– [2 изд. перераб. и доп.]. – С.-Пб: БХВ-Петербург, 2005.–416 с.

References

1. Lysenko, V. P., Kozyrskiy, V. V., Bolbot, I. M., Bolbot, O. M., Chernov, I. I., Batanov, Iu. O. (2011). Robototekhnichna systema fitomonitorynhu v teplychnomu hospodarstvi [Robotic systems in greenhouses phytomonitoring]. Scientific Journal NULES Ukraine, 166 (3), 93-98.

2. Matyuhin, V. I. (2009). Upravlenie mehanicheskimi sistemami [Control of Mechanical Systems]. Moscow: Fizmatlit, 320.

3. Morgan, Quigley, Eric, Berger, Andrew Y. Ng, STAIR (2007): Hardware and Software Architecture. Robotics Workshop.

4. Tarasov, V.B., Kalutskaya, A.P. (2010). Modelirovanie vzaimodeystviya robota s vneshney sredoy na osnove prostranstvennyih logik i rasprostraneniya ogranicheniy [Simulation robot interaction with the environment on the basis of spatial logics and constraint propagation]. Programmnyie produkty i sistemy, 2, 16-17.

5. Yurevich, E.I. (2005). Osnovy robototekhniki: 2 izd. pererab. i dop. [Fundamentals of Robotics: 2nd ed. Revised. and ext.]. BHV-Peterburg, 416.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ФИТОМОНИТОРИНГА РАСТЕНИЙ В ТЕПЛИЦАХ

**В. Ф. Лысенко,
И. М. Болбот,
И. И. Чернов**

Аннотация. Для обеспечения автономной работы электротехнического роботизированного комплекса фитомониторинга растений в теплице необходимо одновременно анализировать большое количество факторов: внешние препятствия, собственная скорость, текущее местоположение. Кроме этого, в связи с большой площадью помещений закрытого грунта и ограничением заряда аккумулятора самого мобильного комплекса необходимо осуществлять построение маршрута, основываясь как на целесообразности проезда к тем или иным точкам теплицы, так и на возможностях самого мобильного комплекса. Для решения этой задачи используются результаты моделирования относительно распределения температурных полей теплицы и информация о текущей локализации работа и его картографирование.

Ключевые слова: *мобильный робот, управление, иерархическая система, ROS*

THE CONTROL SYSTEM OF ELECTRICAL ROBOTIZED COMPLEX OF PHYTOMONITORING PLANTS IN GREENHOUSES

*V. Lysenko,
I. Bolbot,
I. Chernov*

Annotation. *To supply power to the electrical phytomonitoring complex robotic plants in a greenhouse is necessary to simultaneously analyze a large number of factors: external interference, their own speed, current location. But beyond that due to the large area of space under glass and limited battery power of mobile complex must perform routing based on a feasibility Directions to the different points of the greenhouse and the possibilities of the mobile industry. To solve this problem using simulation results on the distribution of temperature fields and greenhouses information about the current location of the work and its mapping.*

Key words: *mobile robot, control, hierarchical system, ROS*

УДК 536.24

ТЕПЛООБМІН ЗА ФОРМУВАННЯ РУКАВНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ

В. Г. ГОРОБЕЦЬ, доктор технічних наук, професор
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*
e-mail: gorobetsv@ukr.net

Анотація. *Розроблена математична модель та проведений чисельний розрахунок процесів теплообміну за формування рукавної полімерної плівки. Проаналізовані гідродинамічні умови обтікання полімерної плівки за повітряного охолодження її поверхні повітряними струминними потоками. В результаті чисельних розрахунків отримано температурні розподіли за довжиною полімерної плівки та знайдено області її кристалізації. Проведено зіставлення розрахункових і експериментальних даних та отримано їх задовільний збіг.*

Ключові слова: *рукавна полімерна плівка, теплообмін, струминна течія, область відриву течії, кристалізація полімеру*

Ефективними і апробованими методами охолодження рукавних або плоских полімерних плівок, що формуються з розплаву полімеру методом екструзії, є або струминне обтікання поверхні плівки потоками повітря, або охолодження плівки на поверхні металевого барабана. Відомі інженерні методи розрахунку теплообміну систем струминного охолодження