

# Бездротове заряджання дозволяє впроваджувати Індустрію 4.0 за допомогою мобільних роботів

**Прамїт Нандї (Pramit Nandy), Віджай Бапу (Vijay Baru), Microchip Technology**  
**Переклад та редагування: Нікіта Єзерський, PhD, асистент кафедри ПРЕ, РТФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського**

**У статті йде мова, про то, як заощадити час, зменшити ризики та спростити конструкцію бездротових зарядних пристроїв, а також підвищити продуктивність, знизити витрати на виробництво та підвищити безпеку та захист завдяки новітнім рішенням для бездротового заряджання.**

Промисловість розвивається вже понад 200 років (рис. 1). Індустрія 4.0 — це четверта промислова революція, яка зосереджена на взаємозв'язку, автоматизації, машинному навчанні та обробці даних у режимі реального часу. Оскільки різні виробничі галузі рухаються до Індустрії 4.0, щоб залишатися конкурентоспроможними та зменшити виробничі витрати, виробники використовують на заводах більше обладнання та менше людей. Вони також інвестують значні кошти в сучасну мобільну робототехні-

ку на своїх підприємствах (наприклад, склади Amazon, складальні лінії) і складах, на яких відбувається лівова частка виробництва, складання та транспортування. Однак ці мобільні роботи потребують необхідного регулярно заряджати, що є все ще великою проблемою для промислових підприємств. В даний час відбулися деякі покращення в області бездротового заряджання, що робить цих роботів ефективнішими. Це дозволило збільшити виробничі потужності та підвищити ефективність виробництва. Завдяки корек-

тному поєднанню вибору компонентів, дизайну котушки та розташуванню друкованої плати бездротове заряджання змінює правила гри для промисловості та впливає на економіку в цілому.

## ЯК ПРАЦЮЄ БЕЗДРОВОТЕ ЗАРЯДЖАННЯ

У новітніх рішеннях для бездротового заряджання використовуються методи, засновані на принципі електромагнітної індукції. При пропусканні змінного струму передавача через котушку індуктивності створюється змінне магнітне поле. Коли це змінне магнітне поле взаємодіє з котушкою приймача, в котушці з приймача протікає змінний електричний струм (рис. 2).

Система бездротового заряджання складається з ряду компонентів: котушки передавача, конденсаторів налаштування, вузла керування котушкою передавача, котушки приймача, випрямляча, DC-DC-перетворювача, схеми керування передавачем і приймачем, а також вузла заряджання акумулятора.

У наведеному на рисунку 3 прикладі електромагнітна індукція дозволяє бездротовим системам заряджання передавати енергію від джерела заряджання, встановленого на підлозі цеху, до приймальної системи, встановленої на мобільному роботі.

## ПЕРЕВАГИ БЕЗДРОВОГО ЗАРЯДЖАННЯ В ЗАВОДСЬКОМУ ЦЕХУ

Сучасні бездротові системи заряджання з підвищеною ефективністю

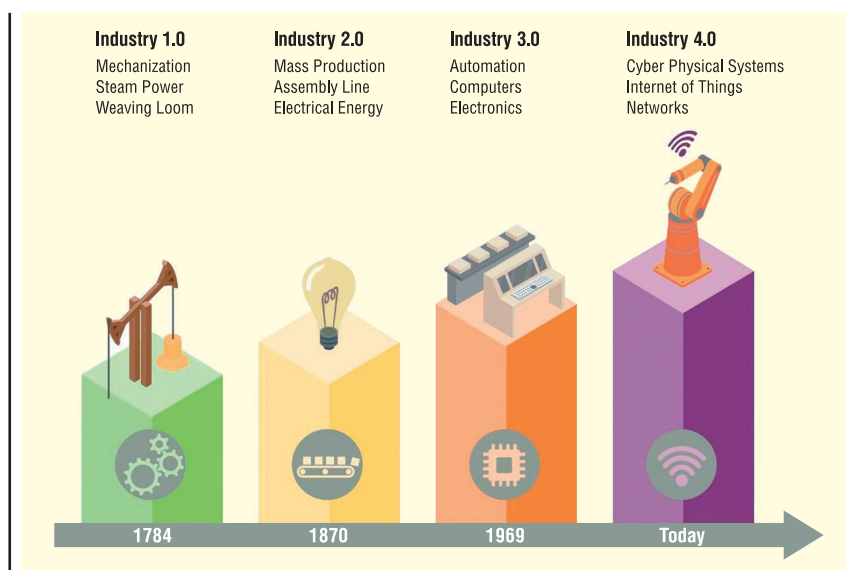
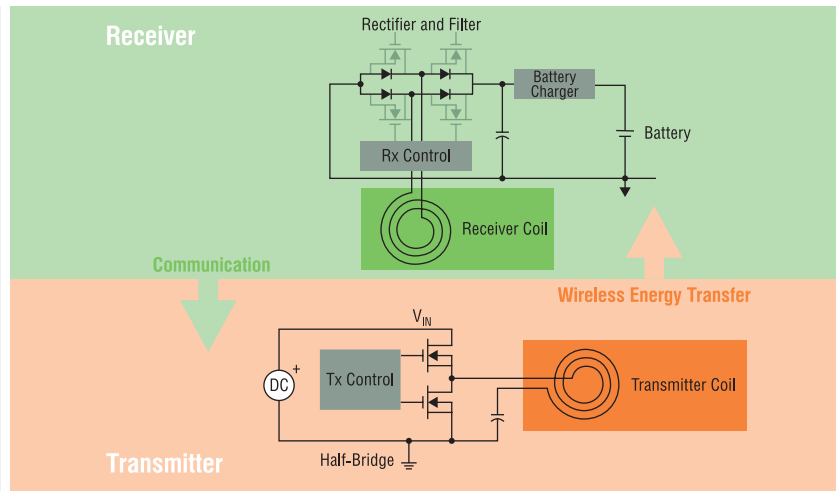


Рис. 1. Еволюція промисловості



**Рис. 2.** При бездротовому заряджанні змінний електричний струм виробляється в котушці приймача

та оптимізованими за вартістю компонентами змінюють правила гри в заводському цеху з низки причин. По-перше, вони підвищують продуктивність і знижують виробничі витрати різними способами. Вони забезпечують безперервну роботу з можливістю підзаряджання (тобто використання часу простою для заряджання) і зменшують витрати, оскільки роботи можуть бути багатоцільовими для різних операцій. Вони також зменшують втручання людини, оскільки процес заряджання можна автоматизувати, а також — витрати на технічне обслуговування, оскільки можна відмовитися від роз'ємів, кабелів тощо, що призводить до повністю бездротового рішення.

По-друге, ці системи заряджання підвищують безпеку та надійність. Вони усувають ризик виникнення іскри і коротких замикань в роз'ємах, через за-

бруднення або вологу. Серед інших переваг безпеки — надійне виявлення металевого сміття та інших сторонніх предметів між передавачем і котушкою приймача. Крім того, легко реалізувати безпечну автентифікацію між зарядним пристроєм і роботом, щоб уникнути несанкціонованого доступу, а передачу даних під час заряджання можна використовувати для профілактичного технічного обслуговування, щоб запобігти простою.

Інші переваги полягають в простішому обслуговуванні системи бездротового заряджання. Це важливий внесок у повністю автоматизоване виробництво, що мінімізує втручання людини та допомагає створити безпечніше середовище шляхом запобігання поширенню між працівниками різних інфекційних захворювань.

## ПОДОЛАННЯ ТРУДНОЦІВ У ВПРОВАДЖЕННІ БЕЗДРОВОГО ЗАРЯДЖАННЯ

Завдяки перевагам, технологія бездротового заряджання на підприємстві має потенціал для виведення виробничої галузі на новий рівень і вирішення складних виробничих завдань. Однак з впровадженням бездротового заряджання також є деякі проблеми. Ці проблеми полягають в необхідності відносно високих витрат для впровадження інфраструктури бездротового заряджання в порівнянні з традиційним дротовим заряджанням, а також порівняно нижчу ефективність та проблеми з електромагнітними завадами. Також є питання безпеки, пов'язані з перегріванням, якщо між передавачем і котушкою приймача є сторонній предмет. В результаті, керування витратами на BOM (*Bill of Materials*) та вибір компонентів є особливо важливими.

У бездротовому передавачі силове коло для комутації струмів у потужній бездротовій системі живлення містить силові ключі, резонансні конденсатори та котушку. Цей контур працює з високими напругами, великими струмами за високої частоти перемикання. Конфігурація друкованої плати, розміщення компонентів і трасування в цій потужній бездротовій системі передачі енергії впливають на ефективність, електромагнітні завади і розсіювання тепла, що, у свою чергу, впливає на продуктивність і надійність системи. Існують також проблеми зі зміною параметрів котушки через відмінності при виробництві. Варіації котушок можуть призвести до відмінностей у різних екземплярах, що призведе до їх нестабільної поведінки та ненадійної роботи в реальних умовах.

Хоча компоненти загального призначення можна використовувати для створення рішення для бездротового заряджання, вони не можуть працювати на тому ж рівні, що й альтернативні варіанти з фіксованими функціями. Рішення також можуть відрізнитися за вартістю та ефективністю залежно від вибору компонентів та рішень щодо компонування плати. Існує багато способів оптимізації сучасних рішень для бездротового заряджання.

## СТВОРЕННЯ ОПТИМІЗОВАНОГО РІШЕННЯ

Пристрої з фіксованим функціоналом використовуються для оптимізації рішення для бездротового заряджання, щоб воно могло вирішувати проблеми



**Рис. 3.** Бездротове заряджання мобільних роботів в цеху

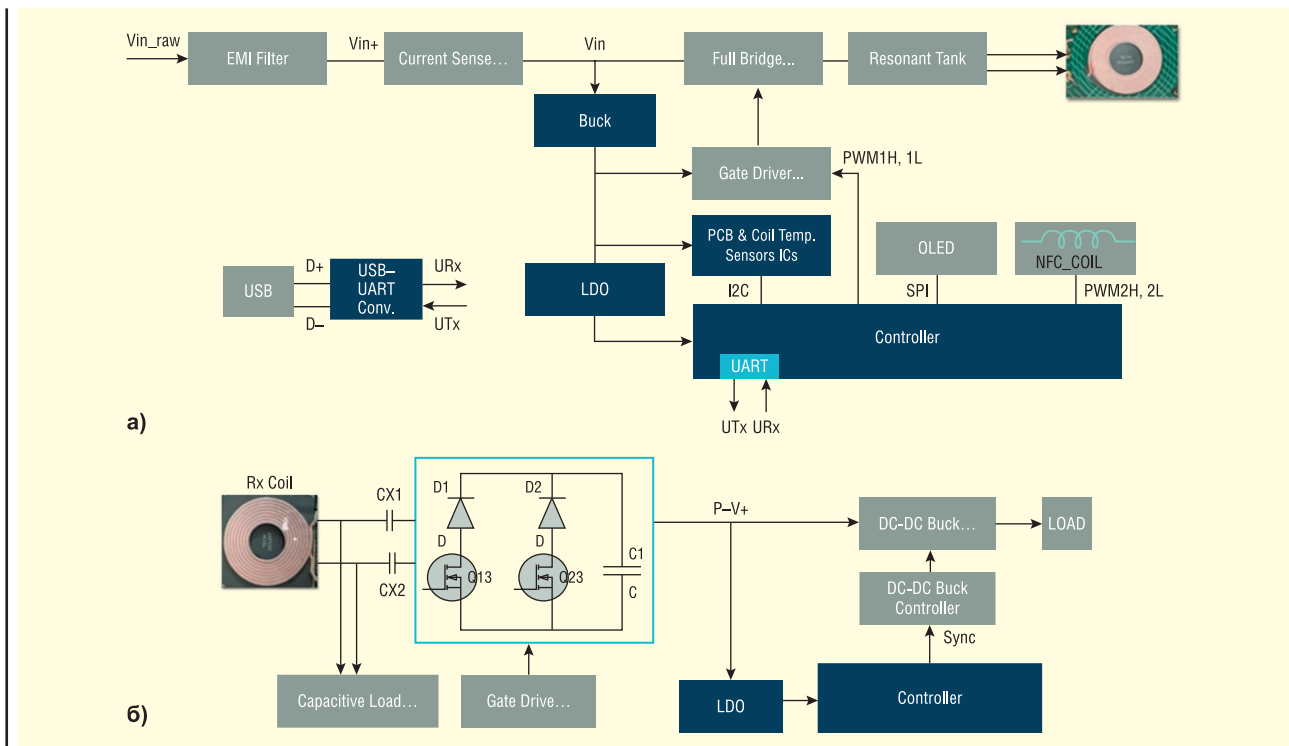


Рис. 4. Структурні схеми передавача (а) та приймача (б), оптимізовані для бездротового заряджання

впровадження безпечного, надійного та ефективного бездротового живлення при високих рівнях потужності. Важливим кроком є оптимізація схеми передавача та приймача, що використовує вузькоспеціалізовані алгоритми для зв'язку, керування живленням та виявлення сторонніх предметів (*Foreign Object Detection, FOD*). Ці алгоритми ґрунтуються на масштабних дослідженнях та розробках й численних патентах.

В ідеалі зв'язок у бездротовому зарядному пристрої має бути вузькосмуговим, що усуває додаткові витрати. Використовуйте частоту передачі потужності в діапазоні близько 100 кГц. Регулювання потужності повинно виконуватися за допомогою керування частотою та шпаруватістю ШІМу, що реалізується у мостовому інверторі у передавачі. При високому рівні потужності FOD стає критично важливим. У цьому методі передача енергії припиняється на кілька мікросекунд, а напруга котушки вимірюється за допомогою периферійних пристроїв на осерді. Наявність (чи відсутність) стороннього предмета можна виявити, розрахувавши фронт напруги котушки при вимкнених вихідних польових транзисторах.

Всі компоненти рішення, зокрема контролер, польові транзистори, регулятори та котушки, повинні бути підібрані таким чином, щоб їх вартість вписувалася в загальний бюджет системи, в якому можуть знадобитися ще й високоякіс-

ні металеві контакти для забезпечення надійності в середовищі з підвищеною вологістю або пилом. Ефективність рішення залежить як від схеми регулювання потужності, так і від оптимізації конструкції котушки. Як приклад можна навести рішення WP300 від Microchip, конструкція якого забезпечує більш ніж 90-відсоткову ефективність при навантаженнях понад 100 Вт. Ця ефективність вимірюється від входу постійного струму передавача до виходу приймача. Рішення може працювати при вхідній напрузі 12–36 В постійного струму і може регулюватися в аналогічному діапазоні напруги на стороні приймача.

Компонування друкованої плати, розміщення компонентів і монтаж друкованої плати у еталонному рішенні на основі WP300 було оптимізовано для досягнення найкращої продуктивності. Друкована плата спроектована таким чином, щоб цифрова, аналогова та силова частини були ізольовані, тому «шумовий» зв'язок зводиться до мінімуму.

Електромагнітні завади також зменшуються за допомогою відповідних методів керування в передавачі та оптимального використання розв'язувальних конденсаторів для зменшення шуму комутації, на додаток до зниження частоти перемикання. Розв'язувальні конденсатори зменшують шумовий зв'язок перемикання, але збільшують втрати, що призводить до збільшення

розсіювання тепла і втрати ККД. Ці компроміси мають вирішальне значення для оптимізації конструкції.

Параметри котушки можна відкалібрувати під час складання на виробничій лінії. Перевага рішення полягає в тому, що дані калібрування котушки записуються в мікросхему WP300TX IC під час тестування продукту. Це забезпечує стабільну та надійну роботу всіх виробів. Нарешті, щоб досягти з'єднання 1:1 між передавачем і приймачем, безпечний зв'язок можна включити в діапазон, щоб переконатися, що живляться лише приймальні пристрої, які автентифіковані передавачем. Рисунок 4 містить структурні схеми контролера передавача потужністю 300 Вт і контролера приймача потужністю 300 Вт, які були оптимізовані для забезпечення цих можливостей.

Розробники систем повинні співпрацювати з постачальником, який надає детальні інструкції щодо використання своїх рішень для бездротового заряджання, в тому числі вибір компонентів, дизайн котушки та конфігурація плати. Постачальники також повинні надати покрокові інструкції для забезпечення безперебійної роботи кінцевого продукту. Завдяки такому підходу розробники можуть заощадити час, зменшити ризики та спростити конструкцію бездротових зарядних пристроїв, а також підвищити продуктивність, знизити витрати на виробництво та підвищити безпеку та захист.