

УДК 631.313

## **ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ПРИВОДУ МАЛОГАБАРИТНОГО ГРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКУ**

Куценко Ю. М., д.т.н.,

Ковальов О. В., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 423-159

**Анотація** – обґрунтовано структуру та розроблено схему керування електродвигуном приводу електрифікованого малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку.

**Ключові слова** – електродвигун постійного струму, мотоблок, обробіток ґрунту.

*Постановка проблеми.* Останні досягнення в області створення напівпровідникових елементів відкривають широкі можливості для підвищення ефективності та надійності систем електроприводу. Відносна простота регулювання швидкості та підтримки тягового зусилля на заданому рівні визначило застосування в якості приводного електродвигуна постійного струму послідовного збудження. Отже, виникає необхідність розробки простої та надійної системи керування електродвигуном приводу малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку з використанням сучасної елементної бази.

*Аналіз останніх досліджень.* На практиці зміна частоти обертання двигуна постійного струму виконується шляхом амплітудного (реостатні схеми) або імпульсного (тиристорні системи) керування напруги обмотки якоря. Силова схема імпульсного способу, представлена імпульсним тиристорним перетворювачем, має великі втрати в контурі комутації, спричинені необхідністю виконувати цикли заряду та перезаряду комутуючих конденсаторів та великих габаритів комутуючого контуру [1, 2, 3].

*Формулювання цілей статті.* Метою статті є обґрунтування структури та розробка системи керування електродвигуном постійного струму приводу малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку з системою автоматичного керування на сучасній базі силових напівпровідникових елементів.

*Основна частина.* Класичною формою тягової характеристики є характеристика з трьома ділянками: жорсткою, м'якою та ділянкою постійної потужності [4]. Характеристика є так званою «тяговою областю», що обмежує можливі режими роботи приводу. Максимальне значення швидкості обмежують вимоги безпеки та технологічності роботи, а також обмеження по зчепленню з ґрунтом [5].

Електроприводу ґрунтообробного мотоблоку властиві часті перевантаження, що спостерігаються в режимах пуску, гальмування та за різкої зміни щільності ґрунту. Необхідність роботи електроприводу як в режимі двигуна, так і в гальмівних режимах, а також різкозмінний характер навантаження обумовлюють значні коливання потужності, що споживається електродвигуном.

З урахуванням особливостей роботи електродвигуна приводу мотоблоку розроблено функціональну схему системи керування, яка зображена на рис. 1. На вхід системи керування подається задаючий сигнал  $U_{з.ω}$ . Він подається, наприклад, з движка потенціометра, але може подаватися із інших джерел (ЦАП цифрової системи та ін.). Напряга  $U_{з.ω}$  є сигналом задавання швидкості, причому вона може бути будь-якої полярності, залежно від напрямку обертання. Ця напруга зазвичай подається на задавач інтенсивності, що забезпечує темп зміни швидкості. У цій структурі необхідно обмежувати максимальне і мінімальне значення струму збудження. Це можливо зробити за рахунок схеми обмеження струму збудження. На вхід регулятора струму збудження через схему виділення максимуму, створену двома діодами, подаються сигнали:

- завдання струму збудження від окремого незалежного джерела;
- сигнал струму збудження з виходу регулятора попереднього контуру, що обмежений на рівні номінального значення.

Перевагою такої структури є можливість обмеження струму якоря.

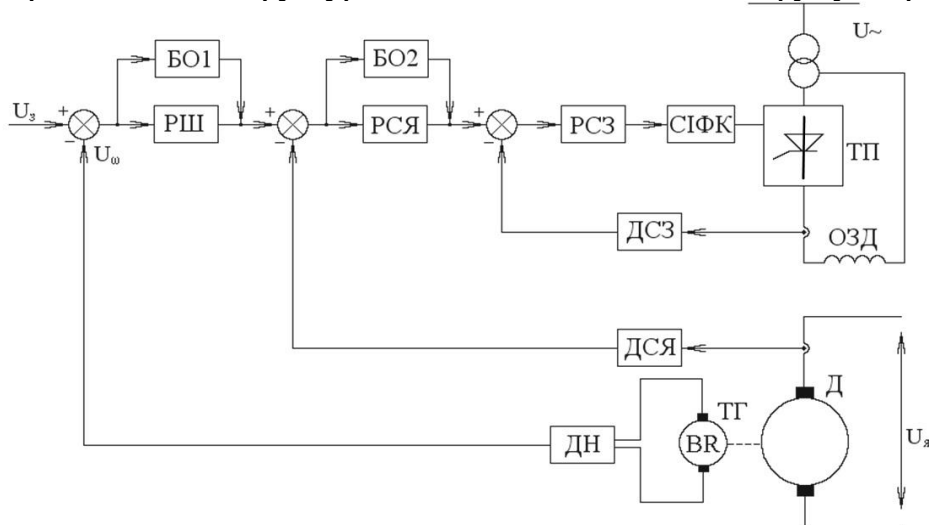


Рис. 1. Функціональна схема керування електродвигуном приводу мотоблоку.

Система керування приводним електродвигуном постійного струму (ДПС) мотоблоку з тиристорним перетворювачем представлена на рис. 2. Система працює за принципом вертикального керування з пилкоподібною опорною напругою. В якості генератора опорної напруги (ГОН) використовується генератор з зарядом ємності від джерела постійної напруги  $U_{II}$  і діодним комутатором з розширеним діапазоном. Напруга керування  $U_v$  знімається з виходу емітерного повторювача (ЕП). Опорна напруга  $u_{оп}$  і напруга керування  $U_{\hat{A}B}$  подаються на вхід нуля-органу (НО), виконаного на транзисторах  $VT1$  та  $VT2$ . При  $U_{i\bar{i}} < U_{\hat{A}B}$  транзистор  $VT1$  відкритий внаслідок протікання струму через перехід емітер-база по ланцюгу  $+U_K$ , емітер-база,  $R6$ ,  $-U_K$ . При відкритому транзисторі  $VT1$  транзистор  $VT2$  закритий за рахунок зсуву напруги, що подається на базу транзистора  $VT2$  через резистор  $R9$ .

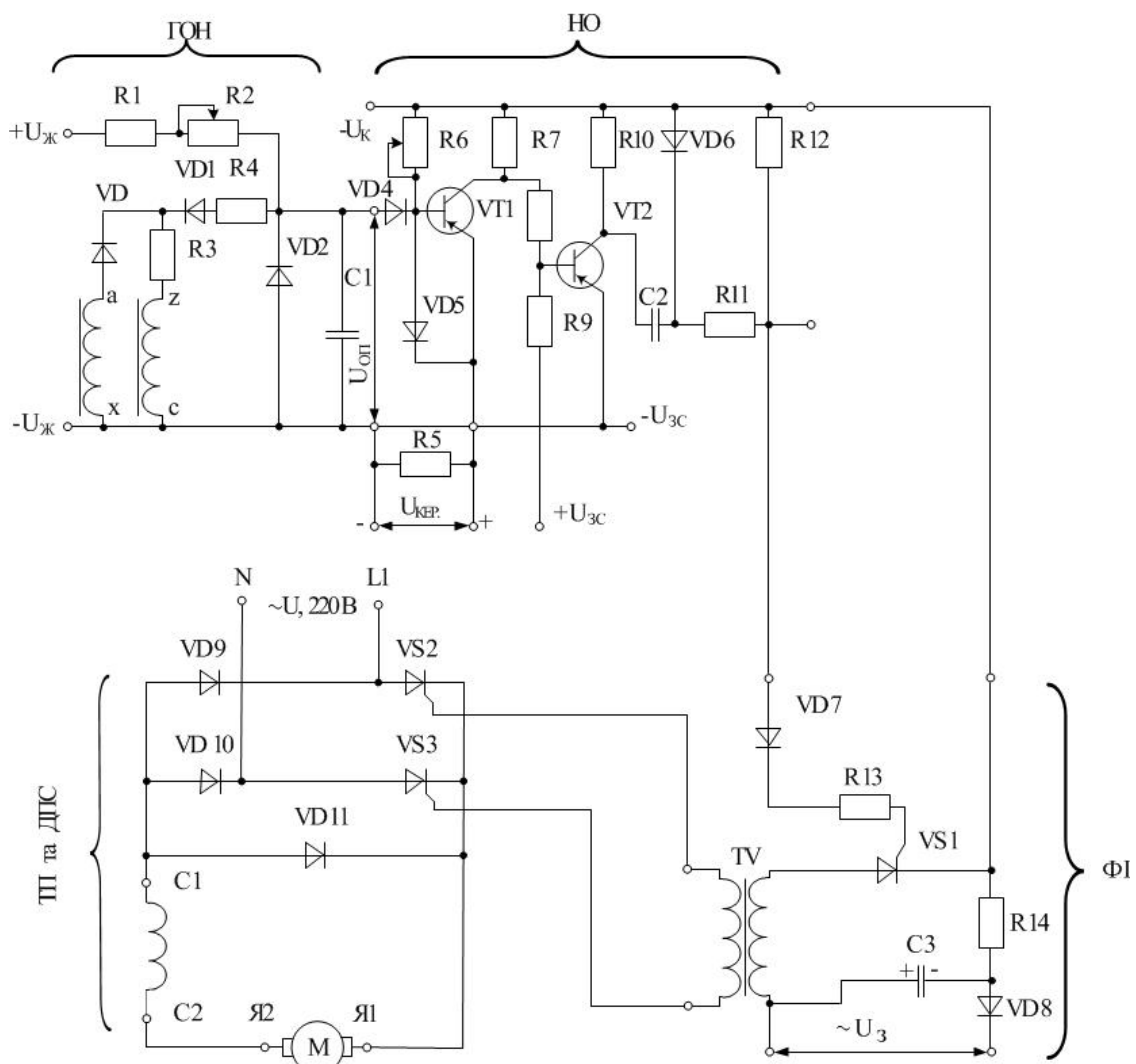


Рис. 2. Схема керування приводним ДПС мотоблоку з тиристорним перетворювачем.

Залежність вихідної напруги ЕП від напруги на його вході показана на рис. 3. Вхідна напруга  $U_{\text{ВХ.ЕП}}$  є алгебраїчною сумою напруги зсуву  $U'_{\text{ЗС}}$  і зовнішньої напруги керування  $U'_{\text{КЕР}}$ , тобто  $U_{\text{ВХ.ЕП}} = U'_{\text{ЗС}} \pm U'_{\text{КЕР}}$ . Напруга  $U'_{\text{ЗС}}$  вибирається з умови отримання необхідного початкового фазування. Так, наприклад, можна отримати, що при  $U'_{\text{КЕР}} = 0$  кут регулювання  $\alpha$  дорівнюватиме  $90^\circ$ . Регулювання напруги  $U'_{\text{ЗС}}$  дасть можливість плавно змінювати початкове фазування. Крім того, в системі керування передбачена можливість зміни початкової фази вихідних імпульсів ступенями через  $30^\circ$  фазуванням напруги трансформатора, що живить діодний комутатор.

Напруга керування  $U'_{\text{КЕР}} = 0$  на вході ЕП відповідає напрузі  $U_{\text{ЕП}0}$  (рис. 3). При подачі на вхід ЕП напруги керування  $U'_{\text{КЕР}}$  з полярністю, згідною з  $U'_{\text{ЗС}}$ , напруга  $U_{\text{ЕП}}$  зростає. У схемі ЕП передбачено обмеження максимального значення  $U_{\text{ЕП}}$  на рівні  $U_{\text{ЕПmax}}$ . При подачі на вхід ЕП напруги керування  $U'_{\text{КЕР}}$  зворотної полярності напруга  $U_{\text{ЕП}}$  буде зменшуватися. При цьому передбачено також обмеження мінімальної напруги ЕП на рівні  $U_{\text{ЕПmin}}$ .

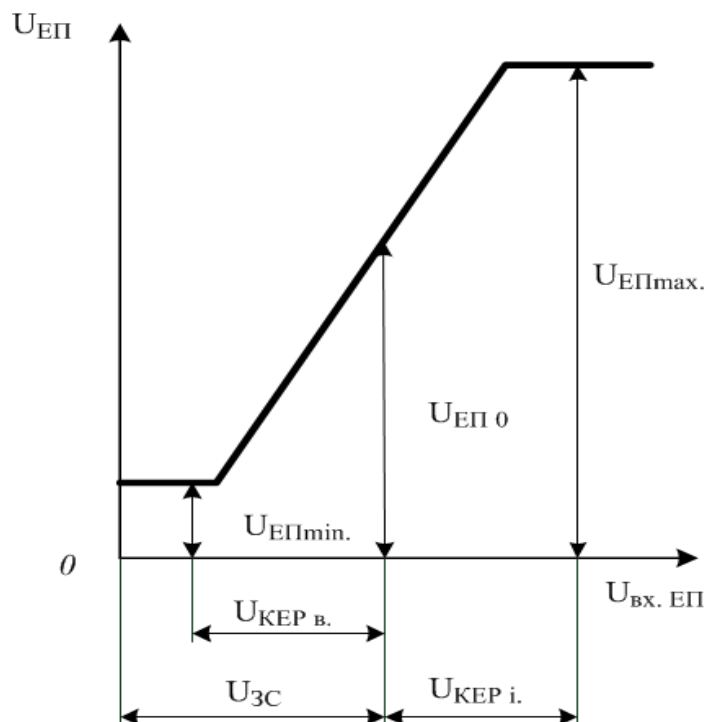


Рис. 3. Залежність напруги на виході ЕП від напруги на його вході.

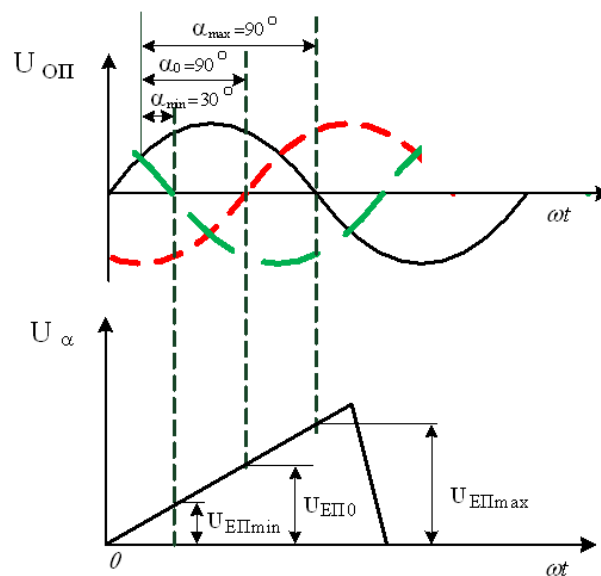


Рис. 4. Часові діаграми роботи системи імпульсно-фазового керування.

На рис. 4 показані часові діаграми, що ілюструють роботу СІФК. Тут наведено криву анодної напруги тиристора і криву опорної напруги. Керуючий імпульс формується в момент рівності напруг  $U_{оп}$  і  $U_{ЕП}$ . При зазначеному фазуванні, якщо напруга  $U'_{КЕР}$  на вході ЕП дорівнює нулю, вихідна напруга його і керуючий імпульс буде формуватися в момент часу, відповідному куту  $\alpha_0 = 90^\circ$ .

В емітерному повторювачі передбачена можливість зміни рівнів  $U_{ЕП\ max}$  і  $U_{ЕП\ min}$ , що дозволяє змінювати максимальний кут в інвертному режимі  $\alpha_{max}$  і мінімальний кут  $\alpha_{min}$  у випрямляючому режимі. На рис. 4 розглянуто випадок, коли напруга на виході ЕП обмежується так, що кут  $\alpha$  може змінюватися в межах  $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ .

Імпульс напруги, що формується нуль-органом, знімається з резистора  $R_{12}$  (рис. 2) і подається на керуючий електрод допоміжного тиристора  $vs1$  тиристорного формувача імпульсів ФІ (його називають генератором імпульсів). Вихідний імпульс знімається з вторинної обмотки імпульсного трансформатора  $TV$  і надходить на тиристорний перетворювач (ТП), який живить обмотки якоря та збудження ДПС приводу мотоблоку.

**Висновки.** Найбільш перспективним варіантом побудови силового електроприводу ґрунтообробного мотоблоку є використання системи імпульсно-фазового керування, представленої на рис. 2, яка забезпечує діапазон регулювання кута  $\alpha$  до  $120^\circ$ , асиметрію не більше  $1,5^\circ$ , тривалість імпульсу не менше  $450\ \mu\text{с}$ , амплітуду імпульсів  $20\ \text{В}$  і більше, а тривалість переднього фронту імпульсу не більше  $15\ \mu\text{с}$ .

Коефіцієнт передачі СІФК становить  $9^\circ/V$ , тобто при зміні напруги керування на  $1V$  кут змінюється на  $9^\circ$ .

#### Література

1 Терехов В. М. Системы управления электроприводов : учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – М.: Академия, 2005. – 299 с.

2 Панкратов В. В. Вентильный электропривод : от стиральной машины до металлорежущего станка и электровоза / В. В. Панкратов // Электронные компоненты, 2007, № 2. – С. 42 – 53.

3 Вольдек А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб : Питер, 2008. – 320 с.

4. Ковальов О. В. Тягові характеристики та керування мотоблоком з електроприводом по максимуму ККД / О. В. Ковальов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків : НТУ «ХПІ», 2008, №30. – С. 509 – 510.

5. Куценко Ю. М. Розрахунок потужності та вибір тягового двигуна приводу мотоблока / Ю. М. Куценко, Г. Н. Назар'ян, О. В. Ковальов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 8 : Моделювання технологічних процесів в АПК : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – С. 228 – 238.

### ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПРИВОДА МАЛОГАБАРИТНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МОТОБЛОКА

Ю.Н. Куценко, А.В. Ковалев

**Аннотация** – в работе обоснована структура и разработана схема управления электроприводом электрифицированного малогабаритного почвообрабатывающего мотоблока.

### SUBSTANTIATION ELECTRIC MOTOR DRIVE CONTROL SYSTEM COMPACT MOTOBLOCK OF TILLAGE

Y. Kutsenko, A. Kovalyov

#### Summary

Article is devoted to the justification of the structure and development of electric drive control circuits electrified compact motoblock of tillage.