

УДК 62.83.52

О.В. Чевельча, магістрант

А.В. Босак, к.т.н., ст. викл., науковий керівник

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

АЛЬТЕРНАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВАЧЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ З РЕЗОНАНСНИМ ІНВЕРТОРОМ СТРУМУ

В даній роботі представлено структуру управління індукційним нагрівачем пара за допомогою перетворювача частоти з резонансним інвертором струму. Розкрито особливості використання систем з резонансним інвертором струму. Наведено приклад схеми реалізації управління.

Ключові слова. Індукційний нагрів, вихрові струми, перетворювач частоти, інвертор струму.

This paper presents the control structure of an induction steam heater by means of a frequency converter with a current inverter. Features of use of systems with a current inverter are revealed. An example of a scheme of management implementation is given.

Keywords. Induction heating, eddy currents, frequency converter, current inverter.

Вступ. Індукційний нагрів являється прямим і безконтактним. Дозволяє досягати високих температур, при використанні феромагнітного корпусу та наповнення з матеріалу, що намагнічується, являється альтернативним варіантом для нагріву пара, води, повітря. В класичному вигляді управління виконується за допомогою ПЧ на основі інверторів напруги.

Основою всього процесу індукційного нагріву є протікання в предметі, що нагрівається вихрових струмів. Вихрові струми створюються в провідному тілі, вміщеному в магнітне поле, якщо хоча б частина замкнутих контурів, які можна виділити в обсязі цього тіла, пронизує змінним в часі магнітним потоком. Миттєве значення ЕРС e , що виникає в контурі, що охоплює потік Φ , рівне:

$$e = -d\Phi / dt \quad (1)$$

Під дією цієї ЕРС виникає струм i , що викликає нагрівання тіла відповідно до закону Джоуля-Ленца [1].

Управління індуктором залежить від схеми його підключення, тобто послідовне або паралельне підключення накопичувача індуктивної енергії. В залежності від підключення в коливальному контурі спостерігається або резонанс напруги або резонанс струму. Для отримання резонансу напруги необхідно мати джерело прямокутної напруги, а для резонансу струму - джерело струму.

Мета та завдання. Розглянути принцип роботи перетворювача частоти з резонансним інвертором струму. Описати алгоритм застосування розглянутого ПЧ для пристроїв індуктивного нагріву.

Матеріал і результат досліджень. Інвертор струму - історично перший тип автономного інвертора - характеризується двома відмінними енергетичними ознаками. По-перше, вхідний ланцюг інвертора струму є ланцюг з властивостями джерела постійного струму, а функція вентилів інвертора зводиться до періодичного переключення напрямку цього струму в вихідному ланцюгу інвертора. Значить, на виході вентиляльного комутатора буде змінний струм (або, образно кажучи, періодично перемикається у напрямку постійний струм), тобто ланцюг з властивостями джерела змінного струму. По-друге, навантаженням інвертора струму повинен бути ланцюг з властивостями, близькими до джерела напруги, з близьким до нульового внутрішнім динамічним опором, допускає протікання через нього стрибкоподібного мінливого струму. Практично це забезпечується включенням на вихід

вентильного комутатора конденсатора, що дозволить вже підключити після нього будь-яке реальне навантаження з індуктивністю, що не допускає стрибків струму. Ще однією специфікою схем інверторів струму є обов'язкова наявність дроселя в ланцюзі живлення, що працює в режимі безперервного струму. Ключі інвертора, періодично перемикаючись, змінюють напрямок струму в навантаженні, таким чином, на виході інвертора формується знакозмінний струм [2].

Ще однією специфікою схем інверторів струму є обов'язкова наявність дроселя в ланцюзі харчування, що працює в режимі безперервного струму. Ключі інвертора, періодично перемикаючись, змінюють напрямок струму в навантаженні, таким чином, на виході інвертора формується знакозмінний струм.

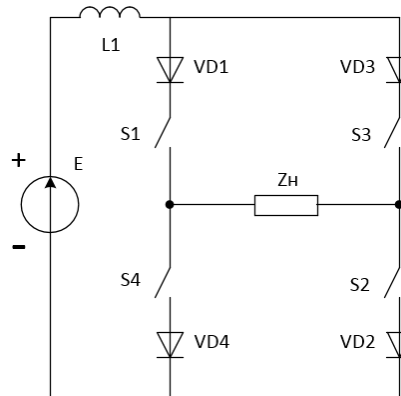


Рисунок 1 - Інвертор струму

Найпростіша схема інвертора струму представлена на рис. 1. Для формування змінного струму в навантаженні, підключеної до діагоналі моста, утвореного силовими ключами S1-S4, ключі S1 і S2 перемикаються синхронно і протифазно з ключами S3, S4. Недоліком «класичного» інвертора струму є відносно великі динамічні втрати в силових ключах, обумовлені їх «жорсткою» комутацією. У зв'язку з цим на практиці набули широкого поширення резонансні інвертори струму, у яких втрати на перемикання зведені до мінімуму.

Один з варіантів реалізації ПЧ на основі резонансного інвертора струму представлений на рис. 2. Тут безпосередньо інвертор струму складається з дроселя L1 і ключів моста VT2 - VT5. Діоди VD8 -VD11 забезпечують зворотню блокуючу здатність. Конденсатор C2 компенсує індуктивну складову імпедансу системи «індуктор - об'єкт що нагрівається» і утворює разом з індуктором паралельний коливальний контур. При роботі ключів інвертора на частоті резонансу коливального контуру відбувається «м'яка комутація» ключів інвертора [3].

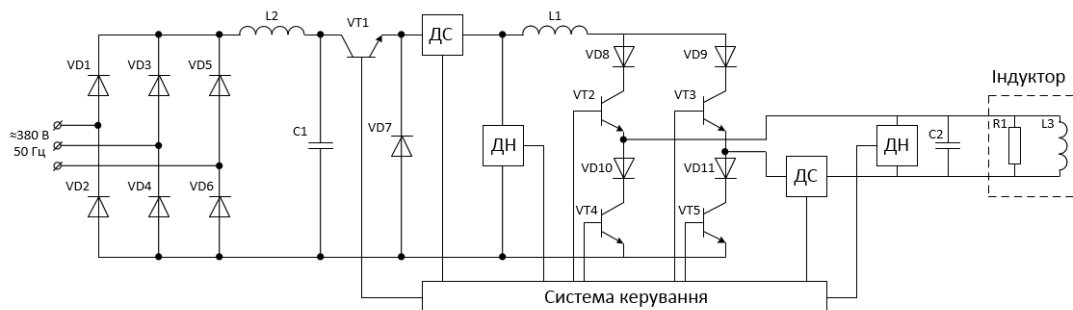


Рисунок 2 - Структурна схема ПЧ на основі резонансного інвертора струму

В даній схемі не враховується паразитна індуктивність в діагоналі моста інвертора. Ця індуктивність складається з паразитної індуктивності сполучних проводів і, якщо в схемі

присутній трансформатор, з індуктивності розсіювання цього трансформатора. Практика показує, що навіть при вдалій конструкції трансформатора і мінімальній довжині підвідних кабелів величина паразитної індуктивності досить значна і суттєво впливає на електромагнітні процеси в силовій частині перетворювача частоти. Негативним фактором цього впливу є перенапруження на ключових елементах інвертора, що виникає при комутації ключів, для обмеження яких застосовуються активні або пасивні обмежувачі напруги – клампи [4].

Для установок індукційного нагріву необхідна регулювання вихідної потужності, обумовлена як вимогою забезпечення необхідного технологічного процесу, так і зміною параметрів навантаження під час нагрівання. Регулювання вихідної потужності в УВП на основі ІТ можна здійснювати різними способами. Досить простим способом регулюванням вихідної потужності ПЧ на основі ІС є регулювання напруги живлення інвертора струму, тобто на вхід інвертора струму встановлюється регулятор напруги. Це може бути керований випрямляч, перетворювач постійної напруги або ін.

Збільшення вихідної потужності перетворювача на основі резонансного інвертора струму можливо із застосуванням багатозонної дискретної імпульсної модуляції.

Висновки. Найбільш універсальною схемою ПЧ на основі інвертора струму є класична мостова схема, в якій на вході моста інвертора присутній обмежувач напруги, а інвертор працює в резонансному режимі. У резонансному інверторі динамічні втрати зведені до мінімуму, внаслідок того, що ключі перемикаються практично при нульовій напрузі.

Головною перевагою перетворювача частоти на основі ІС є простота його реалізації на практиці. Саме для індукційного нагріву краще використовувати багато зонне дискретне регулювання, в якому використовувати одну секцію з ЧШІМ регулюванням з інвертором струму.

Перелік використаної літератури

1. Богданов В. Н., Рыскин С. Е. Применение сквозного индукционного нагрева в промышленности. М.—Л., «Машиностроение», 2005. 96 ст.
2. Шпіка М. І. Силові перетворювачі для автоматизованого електроприводу (для студентів 4, 5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка») Харків - ХНАМГ – 2012.
3. Шамов А.Н., Бодажков В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок.-Изд. 2-е доп., "Машиностроение" Ленинградское отделение., 2014. –71 ст.
4. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок/ Е.И. Беркович, Г.В. Ивенский, Ю.С. Иоффе, А.Т. Матчак, В.В.Моргун.–2-е изд., перераб. и доп.–Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 2013.–208 ст.