



ГАЛВАНОМАГНИТНА БЕЗКОНТАКТНА ЗАЩИТА НА АСИНХРОНЕН ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ

GALVANOMAGNETIC CONTACTLESS PROTECTION OF AC INDUCTION MOTOR

Никола Драганов*

Технически университет – Габрово

Статията е постъпила на 20.09.2013 г.; приета за отпечатване на 14.10.2013 г.

Abstract

The modern automatic control is impossible without motors, which are charged to perform various operations as an essential elements of an automated system. The article presents a preposition of contactless phase failure protection of three-phase induction motor, implemented on the basis of modern galvanomagnetic elements.

Keywords: galvanomagnetic sensors, electronic protection, contactless measurement technologies, sensors, induction motor control.

ВЪВЕДЕНИЕ

Надеждната защита на един електродвигател е от съществено значение не само за повишаване на експлоатационния му период, но и за подобряване на изпълняваните от него задачи.

Съществуват различни видове постояннотокови и променливотокови електродвигатели, и в същото време различни видове устройства за тяхната защита. Изискванията, които се предявяват тях са пряко свързани с типа на електродвигателя и режимите и условията на неговата работа, а именно ток на сработване (променлив или постоянен), време на сработване, работна температура, вибрации, влажност и др. При избора на защита не бива икономическият фактор да бъде определящ, тъй като от качеството ѝ може да зависи и човешки живот.

Развитието на микроелектронната техника даде възможност да бъдат създадени и т.нар. електронни (твърдотелни) защиты за електродвигатели, имащи по-добри параметри от класическите електромеханични защиты. А съчетанието им със сензорни елементи повишава не само надеждността и продължителната работа, но и функционалността им [2].

Елементите на Хол са едни от най-разпространените галваномагнитни елементи. Като преобразуватели не само на магнитно поле (а и температура, светлина, звук, радиация и др.) в електрически сигнал, те са намерили широка приложимост в електрониката, автоматиката, медицината, транспортната техника, бита и дори в инженерните изследвания [4]. А изработването им като магниточувствителни интегрални схеми (МЧИС) многократно превишава възможностите на който и да е друг вид сензор [1-5].

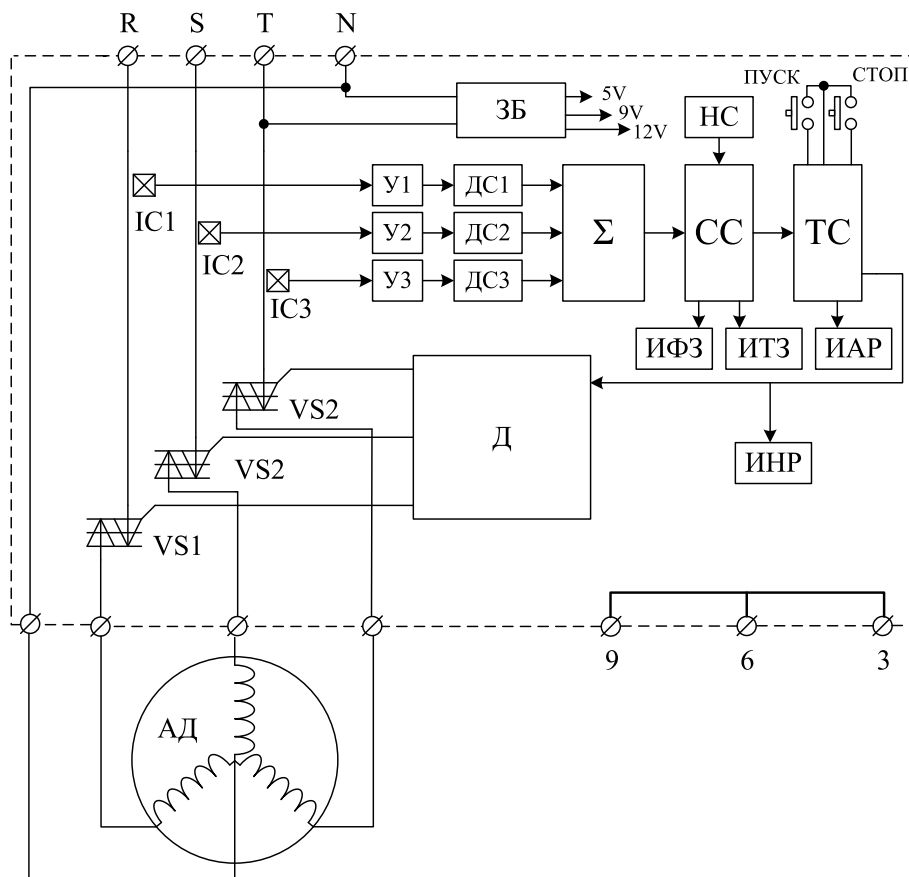
Целта на настоящата разработка е да се създаде и изследва електронна сензорна защита за асинхронен електродвигател, следяща безконтактно токовите контури на трите фази и с възможност за работа с широк интервал от мощности.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Разработената електронна защита е изградена на базата на съвременни галваномагнитни елементи – магниточувствителни интегрални схеми, тип SAW7586T на фирмата Samsung [6].

Функционална блокова схема на разработеното устройство е показана на фиг.1. Както се подразбира, устройството е предназначено за трифазен асинхронен електродвигател, токът през намотките на който се следи от три идентични сензорни канала, всеки от който се състои от магниточувствителна интегрална схема (IC), която преобразува магнитното поле, създадено от електрическият ток протичащ във веригата в електрически сигнал, усилвател (У) за повишаване нивото на сигнал от МЧИС и детекторна схема (ДС) преобразуваща синусоидалния сигнал в постояннотоково ниво, пропорционално на тока през дадената фазата.

Получените данни за големината на токовете, протичащи през трите фази се подават на блок суматор (Σ), чийто изходен сигнал е сума от трите сигнала. При нормален режим на работа, в зависимост от мощността на използвания електродвигател се настройват коефициентите на усилване на усилвателните блокове така, че стойностите на резултатния сумарен сигнал от суматора да се изменят в определени граници (U_{RH} – U_{RL}).



Фиг. 1. Функционална блокова схема електронна защита за асинхронен електродвигател

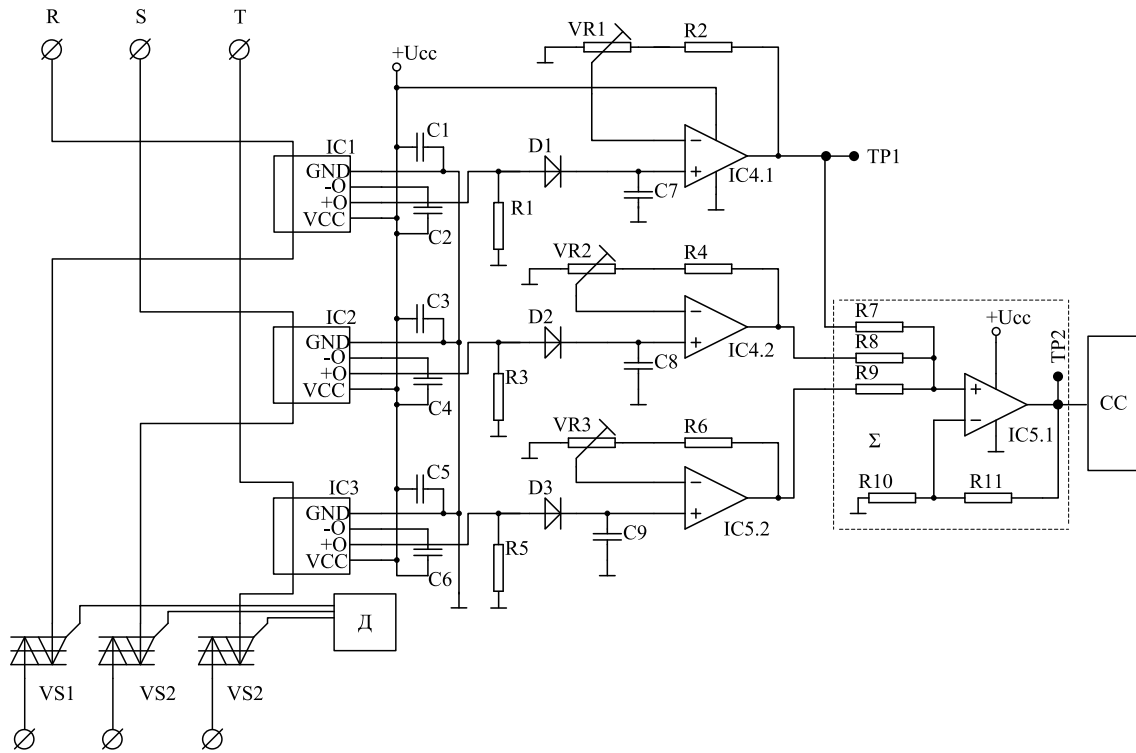
Последните се задават от настройващата схема (НС). Двата сигнала от блок Σ и НС се подават към схемата за сравнение (СС), която променя изходното си ниво при промяна на сигнала, получен от суматора, т.е. повишаване на тока през някоя от намотките на двигателя или отпадане на фаза. При настъпване на едно от тези аварийни ситуации, промяната на логическото състояние на изхода на СС предизвиква превключване на тригерната схема ТС. Тя управлява драйверният блок (Д), който от своя страна управлява трите напрежения към електродвигателя чрез ключовите елементи VS1, VS2 и VS3. Посредством бутон ПУСК оператора може да възстанови работата на електродвигателя, само ако е отстранена аварията, в противен случай тригерната схема не възстановява състоянието си. Чрез бутон СТОП може по всяко време да се преустанови работата на електрическата машина.

При възникване на аварийна ситуация нейният характер се индицира чрез индикаторите за отпадане на фаза (ИФЗ) и токова защита (ИТЗ), индикатора за аварийен режим (ИАР) и този за нормална работа (ИНР).

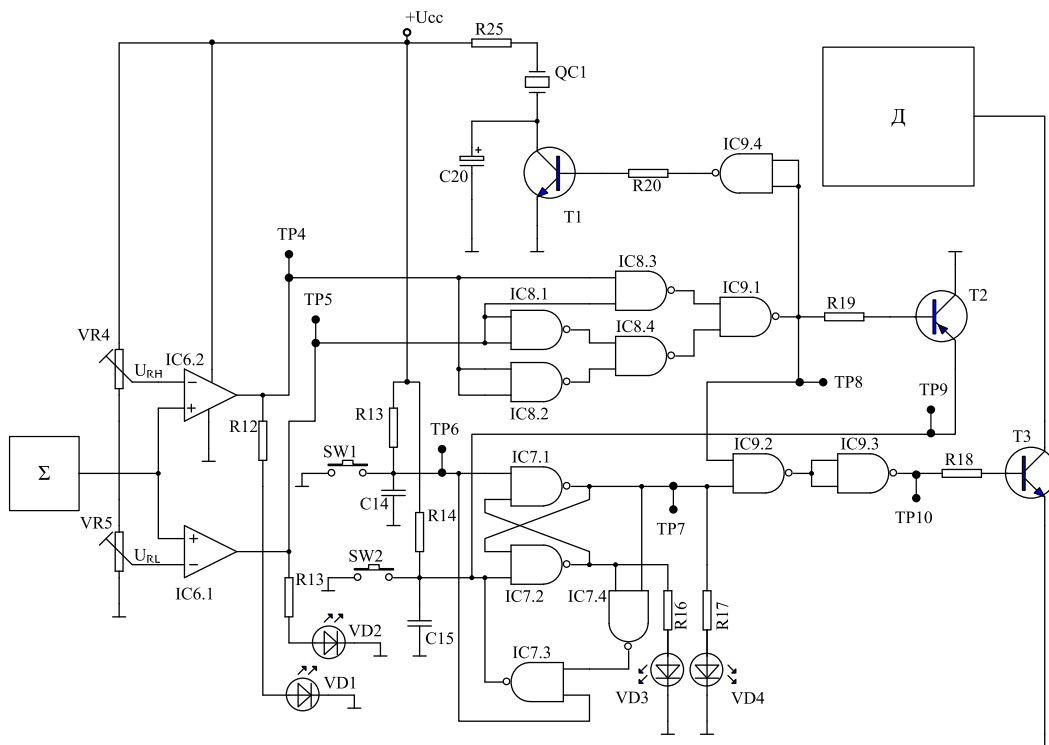
Принципната електрическа схема на сензорните канали и сумирацият блок е представена на фиг.2. Всеки сензорен канал се състои от магнитоустителна интегрална схема детекторна схема и усилвател. Така, например, сензорният сигнал, следящ фазата R се състои от следните елементи: интегрални схеми IC1 и IC4.1; кондензатори C1, C2 и C3; резистори R1 и R2 и настройващ потенциометър VR1. Последният регулира коефициента на усилване на усилвателя така, че изходният сигнал (контролна точка TP2) от блок суматор (R7-R11 и IC5.1-LM358) да е с ниво подходящо за подаване към СС.

При включен към схемата електродвигател и подадено трифазно захранващо напрежение от изходите на трите галваномагнитни сензорни канала се получават еднакви по големина напрежения с ниво пропорционално на тока протичащ през фазата. Трите еднакви напрежения се сумират от блок суматор и на изхода се получава сумата на трите сигнала. В блок СС, изграден на базата на операционни усилватели IC6 и тримерпотенциометри VR4 и VR5 се извършва сравнение на сигнала от блок Σ с двете нива – горното (U_{RH}) и долно (U_{RL}), зададени съответно от потенциометрите VR4 и VR5.

При претоварване на електродвигателя токът през намотките му нараства. Това се детектира от галваномагнитните сензори, които отчитат по-голяма стойност на магнитното поле, създадено се около фазовите проводници, респективно се повишава и сумарната стойност на напрежението от трите сензорни канала. При достигане на горното зададено напреженово ниво U_{RH} , СС променя изходното си състояние, като в точка TP4 се получава високо ниво, а в TP5 ниско ниво (фиг. 3, фиг.5). Нивата се обработват от логическите елементи IC8 и IC9.1 (CD4011) и при високо ниво на входа на тази схема (предизвикано от претоварването на електродвигателя) настъпва отпушване на транзистор T2, което установява логическа „0” на вход R на RS тригера, реализиран с елементи IC7.1 и IC7.2 (CD4011). Получената логическа „0” на изход Q предизвиква запущване на транзистора T3 и изключване на драйверният блок, респективно електродвигателя. Аварийната ситуация се индицира със звукова и светлинна сигнализация (VD1, VD3 и QC1).



Фиг. 2. Опростена принципна електрическа схема на галваномагнитните сензорни канали и силовия блок

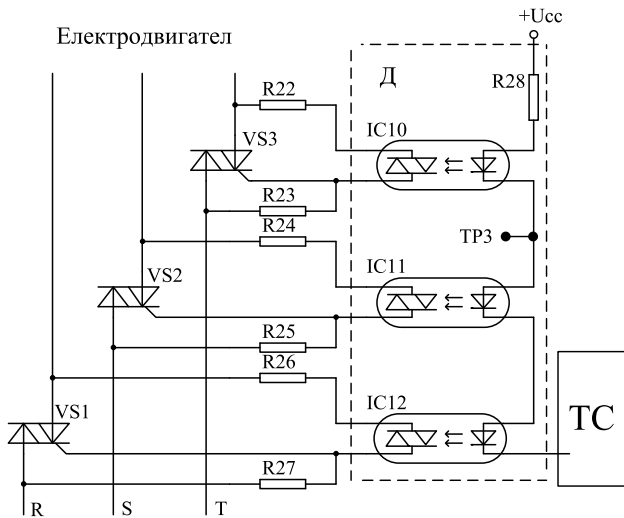


Фиг. 3. Опростена принципна електрическа схема на схемата за сравнение и тригера

След отстраняване на аварията напрежението от блок Σ е отново в границите, зададени от потенциометри VR4 и VR5 (фиг. 5), изходните нива на двата компаратора (IC6.1 и IC6.2) са ниски, а включването на електродвигателя може да стане само ръчно, чрез подаване на логическа „0“ към вход S на RS тригера (натискане на бутон SW1). Индикация, че устройството е готово за работа е светването на светодиода VD4.

При отпадане на фазата напрежението от блок Σ спада много повече от колкото нарастването му при претоварване на електродвигателя. Поради тази причина, претоварването на другите две работещи фази не би могло да компенсира липсващият сигнал от отпадналата фаза. Напрежението от блок Σ спада под зададеното от VR5 (U_{RL}), което предизвиква поява на високо ниво на изхода на компаратор IC6.1. Това от своя страна от-

ново ще установи Q изхода на RS тригера в състояние логическа „0” и изключване на драйверният блок, респективно електродвигателят. Индикация за настъпила авария ще дадат светодиодите VD2, VD3 и зумерът QC1.



Фиг. 4. Принципна електрическа схема на силовият блок на електронна защита на трифазен електродвигател

По време на работа въртенето на електродвигателя може да бъде преустановено чрез подаване на логическа „0” към вход R на RS тригера (натискане на бутон СТОП – SW2).

Управлението на схемата е изцяло електронно, затова при всяко включване на захранването към трифазната мрежа, с цел безопасност при експлоатация, устройството се установява в чакащ режим без да се подава захранване към електродвигателя. Това се постига чрез допълнителните логически елементи IC7.3, IC7.4 включени към RS тригера. При всяко първоначално включване към захранващата мрежа устройството генерира освен светлинен, но и краткотраен звуков сигнал за безопасно включване. При положение, че някоя от фазите липсва звуковият сигнал е непрекъснат и устройството няма да подаде захранване към електродвигателя, дори и при натискане на ПУСК бутона.

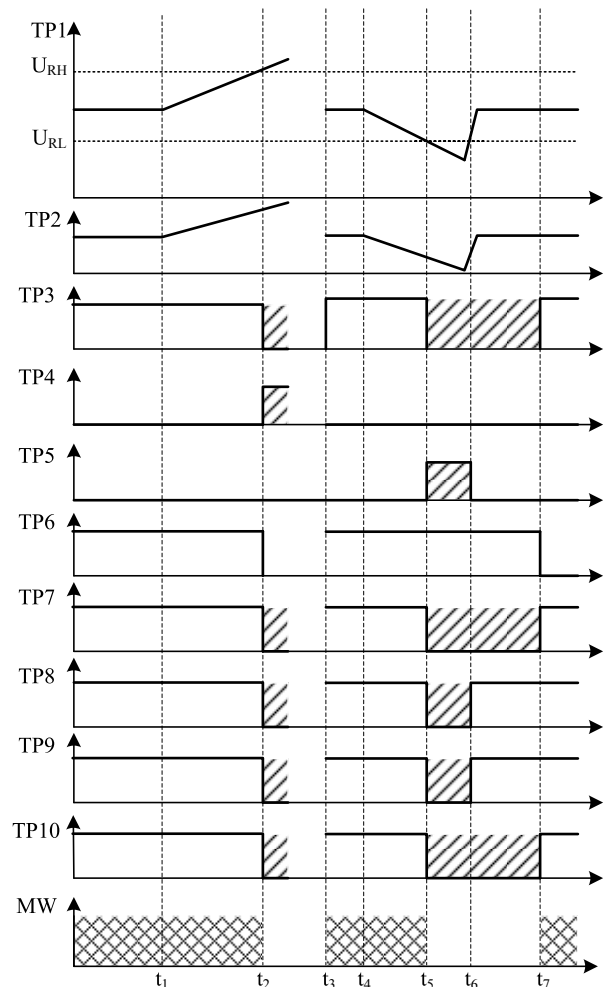
Принципна схема на драйверният блок на електронното устройство и съответно твърдетелните ключови елементи са показани на фиг. 4.

Драйверният блок галванично разделя силовата от слабоковата част на схемата. Той е изграден на базата на три фотосимисторни оптрона (IC10 – IC12), тип МОС2030, без схема за следене на нулата. За сигурно и едновременно включване и еднакъв ток през входната верига, светодиодите на трите оптрона са сключени последователно през резистор R28 в колекторната верига на транзистор Т3. Едновременното отпусване на трите фотосимистора на оптроните предизвиква отпусване на трите мощни симистора VS1 – VS3, които подават захранване към трите намотки на трифазният електродвигател.

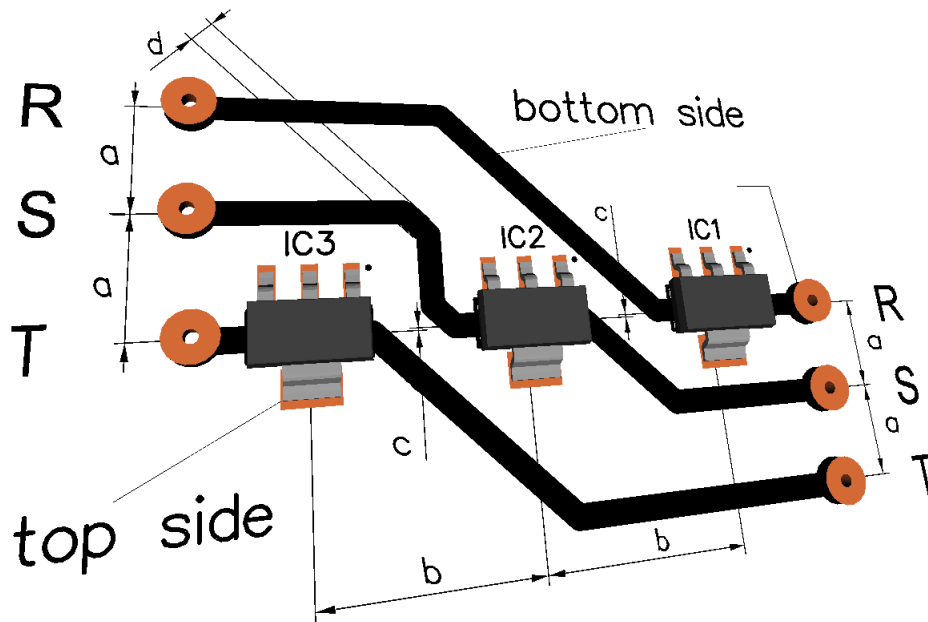
На фиг. 6 е показан начина на монтиране на галваномагнитният сензор върху печатната платка на устройството. Разработената в [4] технология за монти-

ране на галваномагнитни сензори е съобразена с параметрите на протичащият през веригата променлив електрически ток. При проектирането на сензорният блок се съблюдава оптималното преминаване на магнитните силови линии, създадени от протичащият електрически ток, през сензорния елемент. Начинът на монтаж на магниточувствителните интегрални схеми (фиг. 6), разположението и широчината на измервателния печатен проводник се съобразяват според големината на измервания електрически ток (подробно описано в [4]). Не спазване на указаните параметри би довело до влошаване на надеждността на работа, предизвикано от насищане на магниточувствителната интегрална схема или от недостиг на полезен електромагнитен сигнал.

На фиг. 5 са представени времедиаграми, описващи работата на устройството, заснети посредством многоканален осцилоскоп в по-важните контролни точки (TP1-TP10). До настъпване на момента t_1 електродвигателя работи нормално. В момента t_1 започва натоварване на електрическата машина, това се отчита от следящите тока галваномагнитни сензори, при което настъпва повишаване на напрежението на изхода на суматорния блок. В момента t_2 това напрежение надвишава горният праг на опорното напрежение U_{RH} . Това предизвиква генериране на логическа „1” на изхода на компаратора IC6.2, която както бе описано изключва драйверният блок (TP3), респективно електродвигателя.



Фиг. 5. Времедиаграми, описващи работата на устройството



Фиг. 6. 3D модел за монтиране на магнито чувствителните интегрални схеми върху измервателните фазови проводници [4]

В момента t_3 двигателят отново работи нормално до момента t_4 , когато отпада едната захранваща фаза. Напрежението от суматора бързо намалява и в момента t_5 става по-малко от ниското зададено чрез VR5 ниво (U_{RL}). Това предизвиква поява на логическа „1” в контролна точка TP5 (изхода на IC6.1) и изключване на електрическата машина. След отстраняване на аварията (възстановяване на фазата) в момента t_6 двигателя остава в изключено състояние (TP3 – фиг. 5) до момента t_7 , в който е задействан бутон SW1 (ПУСК) от оператора.

В най-долната част, ред MW на времедиаграмите на фиг. 5 с штриховка са показани времената през които двигателят работи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработени са блокова и принципна електрическа схема, позволяващи управление на трифазен електродвигател със защита от претоварване по ток и отпадане на фаза с непрекъснато безконтактно галваномангнитно следене на тока през всяка фаза.

Реализираното и изследваното устройство намира широко приложение в различни електрозадвижвания от електродвигатели с мощност от 30W до 2000W.

Предимствата на разработеното и реализирано схемно решение са: лесна реализуемост и настройка според мощността на електродвигателя, обединяване на две защитни функции, малко време за сработване (около 300 ms), възможност за вграждане в промишлени електрон-

ни регулатори, температурна стабилизация на сензорите и останалите електронни елементи.

Като недостатък на устройството може да се отбележи необходимостта от специализирана настройка при смяна на използвания електродвигател с друг с различна мощност.

Проектирането и разработката на описаното устройство е по поръчка и финансиране на фирма *KFM-Izmir*, Турция.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Драганов, Н. Устройство за безконтактно измерване на променлив ток на базата на AMR сензор. Научни трудове на Русенския университет, Том 52, серия 3.1, Русе, 2012, стр. 66-70
- [2] Draganov, N., T. Draganova. Based of AMR Sensors Device for Multicannal Contactless Measurement of AC Current. Proceedings of papers ICES-11, Niš, Serbia, June 29 – July 26, 2010, pp. 913-916
- [3] Draganov N. Experimental Contact-less Galvanomagnetic Residual Current Device. Proceedings of Third International Scientific Congress 50 Anniversary Technical University of Varna, Vol.II, 04-06 October, 2012, pp.134-139
- [4] Draganov, N. Galvanomagnetic measurement of electrical quantity – technology and applications. Manual book. In print.
- [5] Spirov, D., G. Ivanov. Monitoring System for Measuring Electrical Quantities of the Induction Machine Drive. Annual Journal of Electronics, 2012, Bulgaria, Sozopol, Vol.1, Sept. 19-21, pp.104-107
- [6] Samsung., Data Sheet list from 09.Sept. 2012.