



ЛАБОРАТОРНА СИСТЕМА ЗА ИЗПИТАНИЯ НА АСИНХРОННО ЗАДВИЖВАНЕ ПРИ ПЛАВНО ПУСКАНЕ И СПИРАНЕ

Васил Димитров

vdimitroff@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: асинхронно задвижване, софт стартер, преходни режими

Резюме: В доклада е разработен стенд за изпитване на асинхронно задвижване, управлявано чрез софт стартер Altistart на Schneider Electric (модел ATS01N209QN). Осигурено е натоварване на двигателя с електромагнитна спирачка, създадена е възможност за реверсиране. Предложена е методика за провеждане на лабораторни упражнения със съвременна измервателна апаратура: изследване на влиянието на времената запускане и спиране върху параметрите на задвижването и сравнение спрямо директното му включване към мрежата. Изграждането на такава система за изпитване на асинхронен двигател е много полезна в процеса на обучение и за провеждане на изследователски и изпитателни дейности. Създадена е възможност за оптимизиране настройките на софт стартера в зависимост от натоварването посредством правилен избор на времената за ускорение и спиране с цел постигане на минимален разход на енергия по време на преходните режими.

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на задвижващи системи с асинхронни двигатели (АД) бележи възходяща тенденция през последните десетилетия. Асинхронната машина с накъсо съединен (кафезен) ротор има сериозни предимства пред постояннотоковата по отношение на конструкция, цена и надеждност. Създаването на задвижвания с АД, гарантиращи голяма претоварваща способност и високи динамични показатели, е особено привлекателно, предвид съвременните тенденции за непрекъснато подобряване и поевтиняване на електронните компоненти. Управлението на АД чрез традиционните апарати за пускане/спиране (стандартни контактори) покрива широк спектър от приложения за задвижване. От друга страна, този метод води до ограничения, които може да се окажат неудобни при определени приложения:

- високата стойност на пусковия ток при стартиране, както и появата на пренапрежение по време на спирането могат да повредят друга апаратура, свързана към същото захранване;

- внезапен механичен тласък при пускане/спиране може да бъде нежелан при определени машини или за безопасността на обслужващия персонал.

Използването на честотни преобразуватели елиминират тези неудобства и същевременно предлагат широки възможности за регулиране на скоростта. От друга

страна, при много асинхронни задвижвания в различни сфери на промишлеността не е необходимо да се извършва регулиране на скоростта в установен режим, а само да се осигури плавно пускане и спиране на задвижването. В такива случаи не е икономически оправдано да се използват честотни преобразуватели [1], а в схемата могат да бъдат внедрени устройства, наречени „софт стартери“ – осигуряват плавно стартиране и спиране на АД чрез тиристорен регулатор на захранващото напрежение, като в общия случай предлагат следните функции:

- Управление на ускоряването – достигането на установената скорост на АД може да се управлява по линейна или по "S" крива на нарастване на захранващото напрежение, като може да се настройва и времето за ускорение;

- Управление на забавянето – плавно намаляване на напрежението чрез линейна или "S" характеристика, която не зависи от "рампата" на ускоряване. Ако се изключи захранването към електродвигателя, забавянето му се определя от съпротивителния момент на задвижваната товарна машина (естествено забавяне). Софт стартерите позволяват това забавяне да бъде по "рампа" и може да се настройва според времето на прехода от устойчива скорост към междинна скорост или нула (по-малко или по-голямо от естественото време на забавяне);

- Шунтиране на електронния регулатор на напрежението след достигане на установената скорост с цел намаляване на загубите и повишаване на КПД;

- Управление по момент (патент на Schneider Electric);

- Локално извеждане на основните параметри (ток, момент и др.);

- Наличие на логически входи и изходи за дистанционен мониторинг и управление, аларми, аварийно реле.

Съвременните софт стартери се характеризират с простота при избора и монтажа, пълно съответствие с Европейските норми за електромагнитна съвместимост, възможност за откриване въртливо движение на товара при повреда в захранването. Основни приложения намират при управление на помпи (елиминират се хидравличните удари, защитават срещу ниски или високи натоварвания – отводняване или задръстване, както и срещу обръщане посоката на въртене), компресори (ограничава се токът при включване, падът на напрежение и мощността, елиминират се механичните удари и се следи посоката на въртене), вентилатори (елиминира се приплъзването и износването, оптимизират се пусковият ток и мощността, възможност за спиране, като се намалява времето и риска от злополуки), конвейери (постоянно ускоряване/забавяне без сътресения, защита на транспортирания материал или износване на конвейера) и др.

Широкото приложение на софт стартери налага въвеждането им в процеса на обучение на студенти. Цел на доклада е разработване на лабораторен стенд за изследване на асинхронно задвижване, управлявано чрез софт стартер и с възможност за изменение на съпротивителния момент, както и на методики за провеждане на лабораторни упражнения, изпитания и експерименти при различни настройки.

ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД ЗА ИЗПИТВАНЕ НА АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ

Основният елемент на разработваната лабораторна система е трифазен асинхронен двигател, чийто технически данни са дадени в табл. 1. Статорните намотки са свързани в звезда, тъй като захранването в лабораторията е с трифазно напрежение 380 V. Натоварването на двигателя е реализирано с електромагнитна спирачка (EMC). Реверсирането се осъществява чрез два контактора (за посоки „Напред“ и „Назад“), предвидени са необходимите блокировки и апаратура за управление и защита [2]. Тези елементи на стенда са съобразени с параметрите на двигателя.

Таблица 1

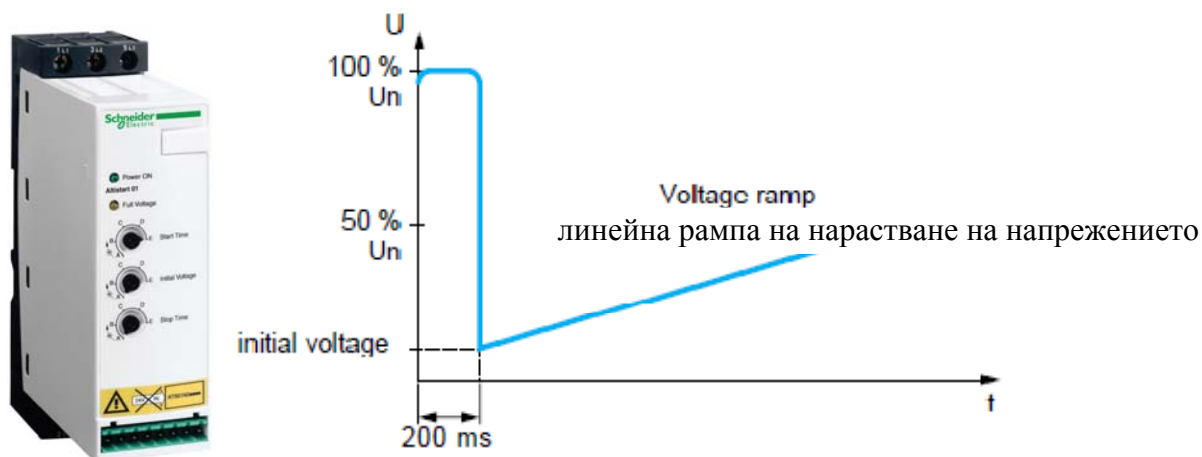
Четириполюсен АД ($p=2$), $n_0=1500\text{min}^{-1}$	Корпус АТ 100 L4
Номинално напрежение	220 VD/380 VY, 50 Hz
Номинална мощност	3 kW
Номинална скорост	1430 min^{-1}
Номинална ъглова скорост	149,74 rad/s
Номинален въртящ момент	20 Nm
Номинален ток	12,3 А (D) ; 7,1 А (Y)
Фактор на мощността	0,78
Коефициент на полезно действие	82,3 %
Маса	23,3 kg
Материал	AL/AL

За управление на пускането и спирането на двигателя се използва софтверен стартер Altistart на Schneider Electric.

Избор на апаратура:

Софтверните стартери от серията Altistart ATS01N2**** (фиг. 1-а) предоставят възможност за задаване на следните параметри посредством трипотенциометъра [3]: време за ускорение (1 – 10 s), време за спиране (1 – 10 s) и функция за повдигане на напрежението при пускане, чрез която може да се зададе стойността на първоначално подаденото напрежение към двигателя за време 200 ms (Boost Function: Initial Voltage = 30 – 100 % U_n ; фиг. 1-б). Тези софтверни стартери имат 3 логически входа (LI1, LI2 и Boost) и 2 логически изхода (LO1 и R1) за 24 VDC, което създава възможност за управление и мониторинг чрез PLC Simatic S7-200: подаване на сигнали за пускане (чрез LI2), спиране (чрез LI1) и разрешаване на първоначалното повдигане на напрежението, както и получаване на информация за достигане на установената скорост (чрез LO1) и за напълно спрял двигател или загуба на напрежение (чрез релеен контакт R1A-R1C).

Подходящият модел софтверен стартер се избира съобразно данните на АД от табл. 1. За напрежение 380V се предлага Altistart ATS01N2**QN (от 380V -15% до 415V +10%). За АД с мощност 3-4kW е необходимо да се избере модел ATS01N209QN за номинален ток 9A. Софтверните стартери от тази серия не са оборудвани с дисплей за управление и контрол и нямат вградени защиты, поради което е необходимо да се предвиди 3-полюсен автоматичен прекъсвач – избран е GV2ME14, работещ на термо-магнитен принцип. Осигурена е възможност за настройка на термичната защита 6-10A [4].



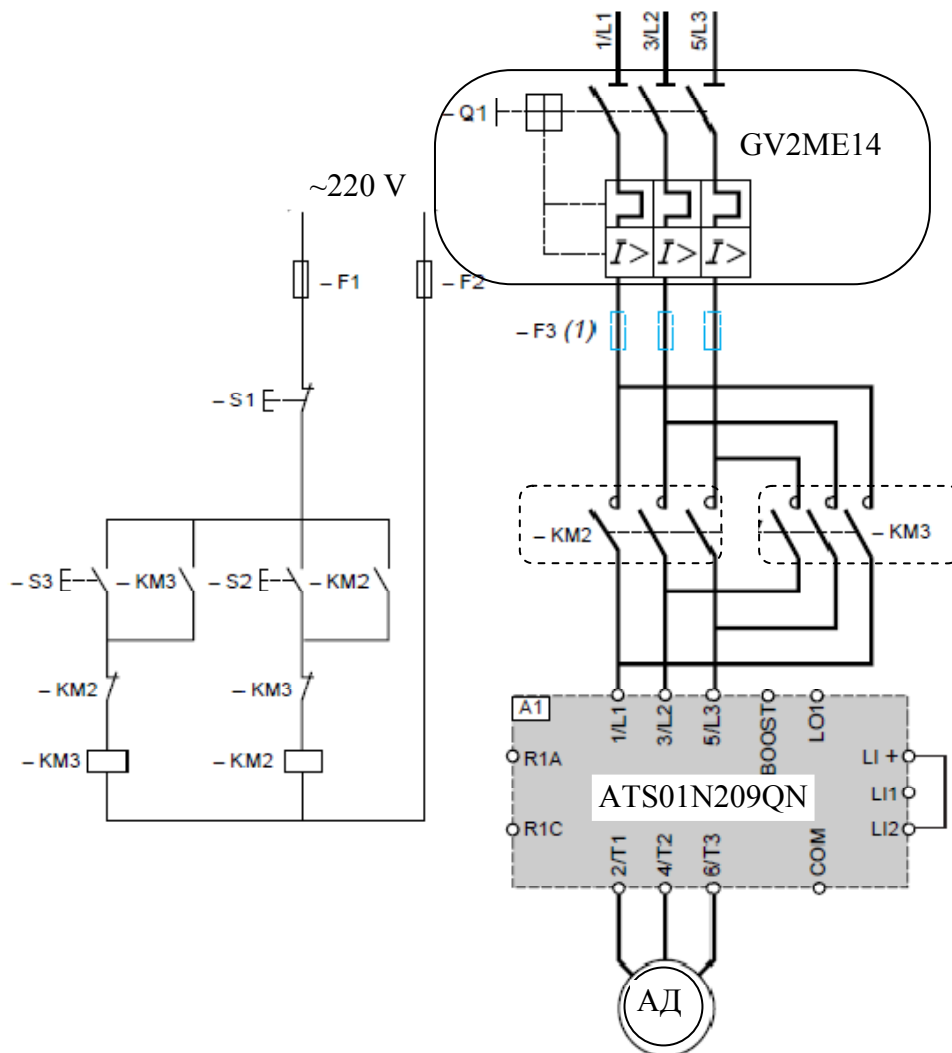
Фиг. 1 Софтверен стартер от серията Altistart ATS01N2**** и характеристика на Boost функцията

Схемата на стенда (без осигуряване на мониторинг и управление от PLC) е дадена на фиг. 2. Посоката на въртене се избира чрез бутон S2 (напред) или S3 (назад), а за спиране се използва бутон S1. Необходимо е да се подава непрекъснато напрежение към логическия вход LI2 на софт стартера (сигнал за пускане).

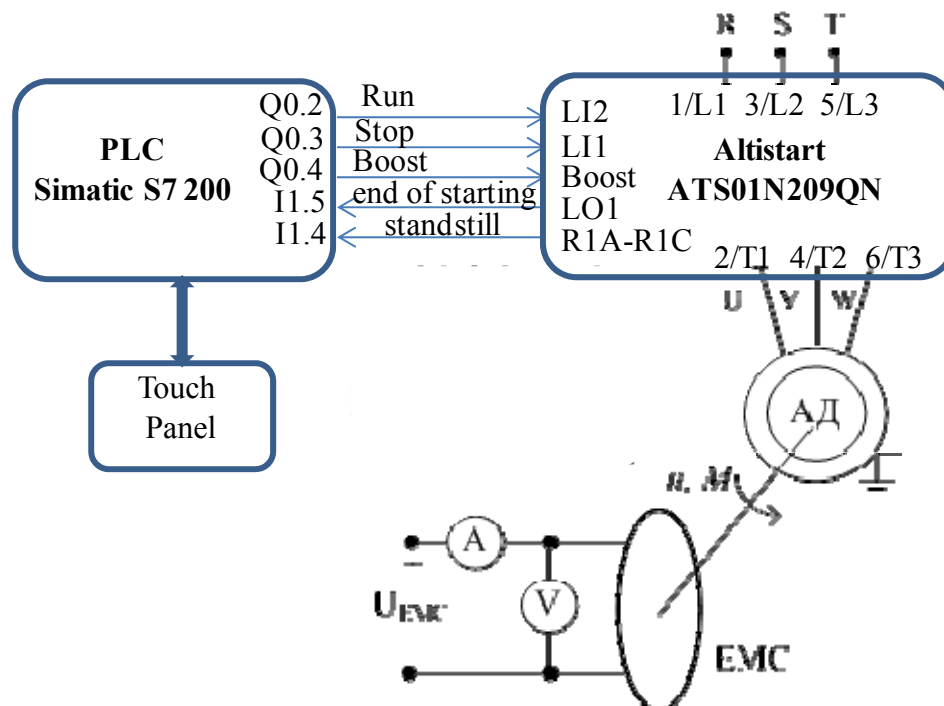
Схемата на свързване на софт стартера с PLC Simatic S7 200 с цел осигуряване на дистанционен контрол (управление и мониторинг) е показана на фиг.3. Логическите входове LI1, LI2 и Boost се свързват към 3 цифрови изхода на контролера (напр. свободните Q0.2, Q0.3 и Q0.4), като по този начин се осъществява дистанционното управление на пускането и спирането и разрешаването на Boost функцията. За мониторинг на състоянието на задвижването се реализира свързване на логическия и релейния изход на софт стартера към 2 цифрови входа на контролера (напр. I0.4 и I0.5). Сигналът за достигане на установената скорост се предоставя от LO1 от транзистор по схема отворен колектор и е необходимо да се осигури захранване 24 VDC от PLC през подходящ резистор. Използвайки специализиран софтуер, се осигурява не само управление на задвижването чрез програмирани бутони на TouchPanel TP177micro, но и извеждане на информация за състоянието и необходими блокировки и аларми.

МЕТОДИКИ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗПИТАНИЯ

Разработената лабораторна система създава възможности за провеждане на изпитания в различни аспекти посредством подходяща измервателна апаратура:



Фиг. 2 Лабораторен стенд за управление на АД със софт стартер ATS01N209QN



Фиг. 3. Лабораторен стенд за дистанционно управление на асинхронно задвижване

- снемане на статични механични и електромеханични характеристики на асинхронно задвижване в две посоки на въртене при директно включване към мрежата [2];
- снемане на характеристики на асинхронното задвижване при управление от софтверт;
- оптимизация на настройката на времената за пускане и спиране и на Boost функцията в зависимост от натоварването на двигателя и др.

В настоящия доклад се предлага методика за провеждане на изпитания с цел верификация на зависимостта на стартовия ток от времето за ускорение, респективно – от скоростта на нарастване на захранващото напрежение. За целта на входа на стенда трябва да се включи мултифункционален измервателен уред с възможност за запаметяване на максимално достигнатата стойност на тока I_{st} при подаване на захранването – напр. Sentron PAC3200 Siemens [5]. Тези уреди могат да предават данните в реално време към компютър, като може да се използва софтуер MS Excel + OPC Server за Modbus TCP. По този начин могат да бъдат снети, също така, динамичните характеристики на задвижването. Те показват изменението на параметрите $P(t)$, $u(t)$, $i(t)$ и $\cos\varphi(t)$ по време на преходните режими (пускане, спиране и т.н.). Изучаването на преходните режими има голямо практическо значение, тъй като на тях се основават правилният избор на мощностите на двигателите, правилното подбиране на пуско-регулирущата и защитна апаратура и оразмеряването на схемата за управление, намаляването на разхода на енергия при пускане и спиране.

Изпитанията се провеждат в следната последователност:

- задава се U_{EMC} – по този начин се определя натоварването на АД;
- снемат се динамичните характеристики при директно включване към мрежата;
- в схемата се включва и софтверт, снемат се динамичните характеристики при различни времена за ускорение в интервала 1-10 s;
- от получените характеристики се построява зависимостта на максимално достигнатата стойност на тока I_{st} от зададеното време за ускорение.

По описаната последователност се провеждат изследвания при различно натоварване и се получава фамилия от характеристики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е разработен лабораторен стенд за изследване на асинхронно задвижване с възможност за плавно пускане и спиране, но без регулиране на скоростта в установен режим. Такива схеми се използват масово при задвижвания на помпи, вентилатори, компресори, конвейери и др. в много сфери на индустрията. Разработена е методика за провеждане на изпитания при задаване на различно време за ускорение и чрез подходяща съвременна измервателна апаратура могат да се получат динамичните характеристики. По този начин е създадена възможност за оптимизиране на пусковия и на спиращия процес в зависимост от натоварването с цел намаляване на разхода на енергия при пускане и спиране. Това се реализира чрез правилна настройка на софт стартера.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Стартери за плавен пуск на асинхронни двигатели, сп. Инженеринг ревю, бр. 5, 2008
- [2] Димитров В., Разработване на лабораторна система за изпитване на електродвигатели, н.сп., „Механика, Транспорт, Комуникации”, ISSN 1312-3823, т.13, бр.3/3, ст.1246, 2015
- [3] Soft Starts for Single-Phase and Three-Phase Asynchronous Motors, Catalog 8637CT0401R12/11, Schneider Electric, 2011
- [4] TeSys GV2-Circuit breaker-thermal-magnetic -6...10 A, Schneider Electric, 2013
- [5] SENTRON PAC3200, Manual, Siemens, 02/2008

LABORATORY SYSTEM FOR ASYNCHRONOUS DRIVES EXAMINATIONS AT A SOFT START AND STOP

Vasil Dimitrov
vdimitroff@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport – Sofia
158 Geo Milev Str., Sofia 1574
BULGARIA

Key words: *Asynchronous drive, soft starter, transient regimes*

Abstract: *In this paper a laboratory stand that offer opportunities for an asynchronous drive testing has been designed and built. The induction motor is driven by the soft starter Altistart ATS01N209QN, developed by Schneider Electric Co. The load of the motor has been realized with an electromagnetic brake and an opportunity of reversing of the motor has been ensured. Methods for laboratory examinations and tests by instrumentation with high accuracy are developed: study of the influence of the start-up and ramp-down times on the drive performance and a comparison with testing of a directly plugged in the grid asynchronous drive can also be made. The laboratory stand gives opportunities of research and student's practical training. A possibility of optimal soft starter set-up according to the load through right choice of the ramp-up and ramp-down times has been ensured and maximum efficiency in the transient regimes can be achieved.*