

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧЕСТОТЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ELDI-M

Георги Павлов, Васил Димитров
g_pavlov61@abv.bg, vdimitroff@abv.bg

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

Ключови думи: асинхронно задвижване, честотно управление, инвертор

Резюме: Голяма част от съвременните задвижващи системи се изграждат на базата на енергоефективни асинхронни двигатели с микропроцесорни системи за управление, контрол и защита. Прилагането на честотно управление обезпечава широк диапазон на регулиране на скоростта и високи стойности на енергийните показатели. Реализира се чрез използване на инвертори, изградени на базата на IGBT, което осигурява постигането на големи мощности и ниски загуби в силовата верига на преобразувателя. Честотните преобразуватели от серията ELDI намират широко приложение при задвижвания в различни области на промишлеността, тъй като са предназначени за управление на скоростта на стандартни асинхронни двигатели. В настоящия доклад е разработена методика за провеждане на изпитания на еднофазен честотен преобразувател ELDI-M. Изграден е лабораторен стенд, като е осигурена възможност за промяна на натоварването на асинхронния двигател. Снети са регулировъчните характеристики на преобразувателя, както и механичните характеристики на двигателя при пропорционално управление. Показани са измененията на енергийните показатели. По този начин е проведена експериментална верификация на приложимостта на такива преобразуватели при задвижвания в различни сфери на промишлеността и транспорта, изискващи плавно регулиране на скоростта в широки граници.

ВЪВЕДЕНИЕ

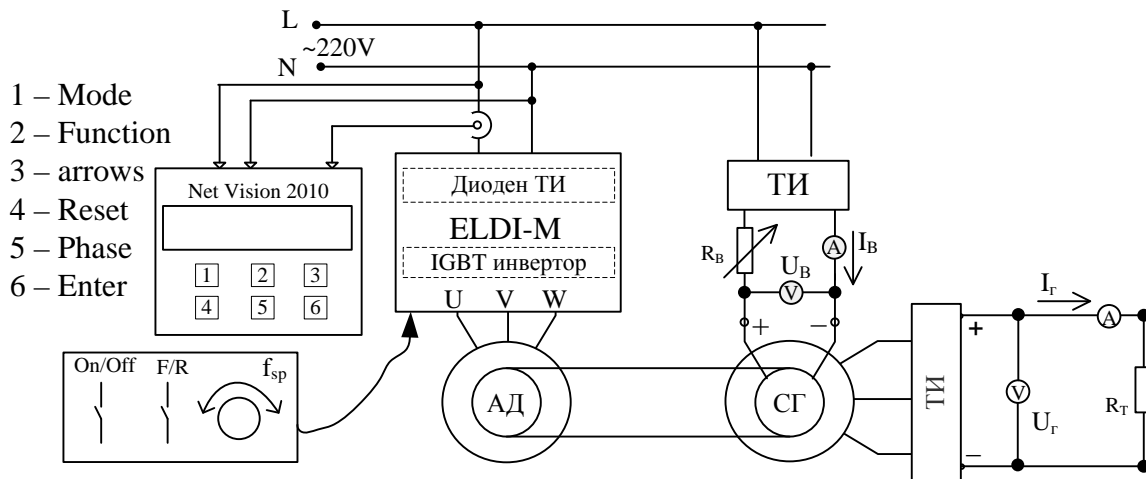
Честотните преобразуватели от серията ELDI са предназначени за управление на скоростта на стандартни трифазни асинхронни двигатели. Предлагат се моделите ELDI-M, A, B, DF и D с мощност от 0,25 до 75 kW [3, 4, 5]. Както всички преобразуватели от този тип, работят на принципа на двойно преобразуване на енергията (AC-DC-AC) – захранват се с променливо напрежение с постоянна честота (еднофазно или трифазно в зависимост от необходимата мощност), а на изхода се получава трифазно напрежение с регулируема честота и амплитуда [1]. Силовата част включва диоден токоизправител (като междинно постоянно-токово звено) и IGBT инвертор. За ниски мощности (до 2,2 kW) могат да се използват сериите M и A, които се захранват с еднофазно напрежение 220 – 230 V. Останалите модели се захранват с трифазно напрежение 380 – 400 V.

Честотните преобразуватели ELDI са реализирани със съвременна електронна база с висока степен на интеграция, което осигурява необходимата мощност в

сравнително малки размери на устройството. Осигурено е микропроцесорно управление, както и клавиатура и дисплей, което дава възможност за лесна настройка на параметрите в зависимост от конкретните изисквания на задвижването. Наличието на цифрови и аналогови входове създава предпоставки за реализация на дистанционно управление – пускане, спиране, плавно регулиране на скоростта или чрез фиксирани честоти. Намират приложение при задвижвания за кранове, асансьори, помпи, вентилатори, транспортни линии, конвейри и др. [3, 4]. При моделите ELDI/V е предвидена възможност за векторно управление без обратна връзка по скорост или с такава от тахогенератор или енкодер. Те могат да се използват в електромобили [2, 5].

ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧЕСТОТЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ

Разработеният стенд за провеждане на изследвания е изграден от следните устройства (фиг. 1): честотен преобразувател ELDI-M с мощност 0,55 kW, 6-полюсен трифазен асинхронен двигател (АД), синхронен генератор (СГ) с вграден токоизправител (ТИ). Във веригата на СГ е включен товарен реостат R_T , като промяната на натоварването се извършва чрез регулиране на възбудането на СГ посредством R_B .



Фиг. 1. Лабораторен стенд за изследване на честотен преобразувател ELDI-M

Към управляващия клеморед на ELDI-M са монтирани два ключа (On/Off и Forward/Reverse) и потенциометър за задаване на честотата (set-point f_{sp}), като по този начин е осигурена възможност за дистанционно управление. За измерване на параметрите на входа на честотния преобразувател (ток, напрежение, активна и реактивна мощност, $\cos\varphi$) се използва преносим мултифункционален уред Net Vision 2010 [6]. Токът на двигателя и честотата се следят от дисплея (параметри Lcr и Frt). Действителната скорост се измерва с Digital tachometer DT-2234A (photo type).

МЕТОДИКИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЧЕСТОТЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ELDI-M

Разработени са методики за провеждане на изпитания на лабораторния стенд в няколко аспекта:

- снемане на регулировъчните характеристики при двата вида управление на двигателя: пропорционално ($U/f = \text{const}$) и квадратично ($U/f^2 = \text{const}$):

$$(1) \quad n = f(f), \quad U = f(f);$$

- снемане на статични механични характеристики и на графики на изменението на енергийните показатели (фактор на мощността и КПД) при различни честоти:

$$(2) \quad \omega = f(M), \quad \cos\varphi = f(M), \quad \eta = f(M).$$

Регулировъчните характеристики показват изменението на скоростта на АД при промяна на честотата. Известно е, че заедно с честотата се изменя и амплитудата на захранващото напрежение [1, 4]. Регулировъчните характеристики се снемат при еднакво натоварване, като се изменя честотата. Алгоритъмът за работа при провеждане на изпитанията е следният:

1. Задава се типът управление на двигателя чрез параметър “UFc” [4]:

„UFc“ = Lin - управление по линейна U/f характеристика;

„UFc“ = FCr - управление по квадратична U/f характеристика.

2. Задава се активен интерфейс чрез параметър “Int” – определяне начина на пускане, спиране, задаване на посока и скорост:

„Int“ = UI – управление от клавиатурата;

„Int“ = IO – дистанционно управление.

В този случай е по-удачен изборът на управление от клавиатурата, тъй като могат да бъдат зададени точни стойности на честотата.

3. Задава се необходимата честота посредством параметър “FtS”.

4. Стартира се двигателят чрез бутон *Start* от клавиатурата.

Записват се стойностите на първата точка от характеристиките: f, n, U .

5. Задава се нова честота и се изпълняват точки 3 и 4 многократно.

Механичните характеристики се снемат при зададена честота, като се изменя натоварването [1]. Може да се получи семейство характеристики при промяна на честотата. Алгоритъмът за работа при провеждане на изпитанията е следният:

1. Задава се типът управление на АД чрез параметър „UFc“ [4].

2. Задава се активен интерфейс.

3. Задава се необходимата честота.

4. Стартира се двигателят при изключен товар (приблизително на празен ход).

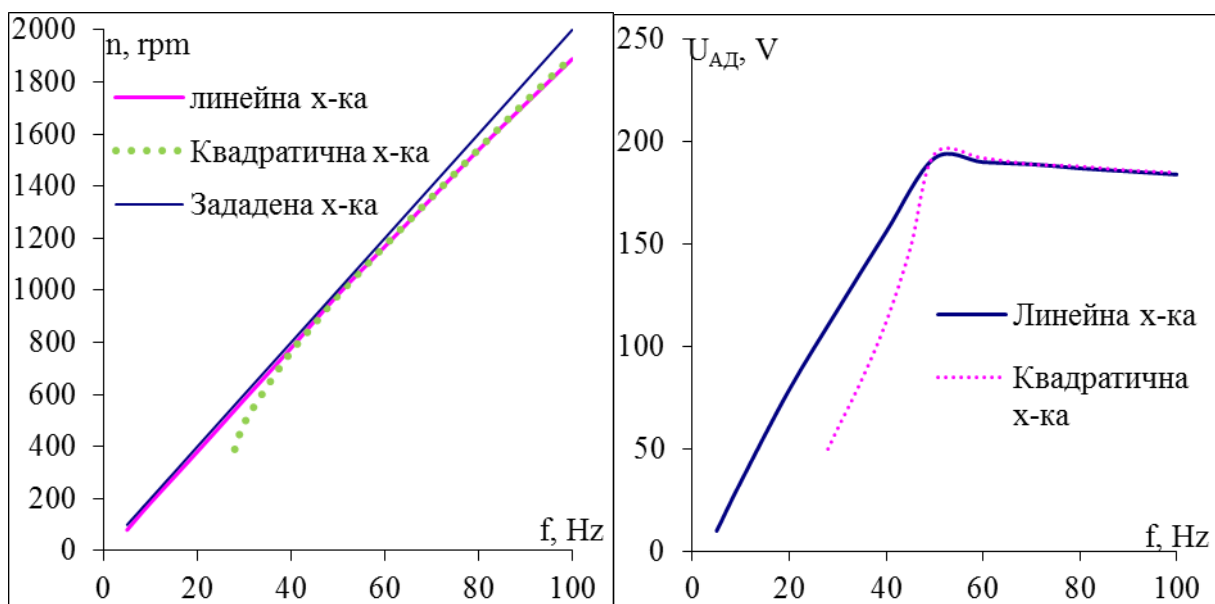
Записват се стойностите на първата точка от характеристиката.

5. Увеличава се възбуждането на генератора и се записват стойностите на още няколко точки от характеристиката.

6. Намалява се възбуждането и се спира АД.

7. Задава се нова честота и се изпълняват точки от 3 до 6.

По този начин се получава фамилия характеристики при различни честоти.



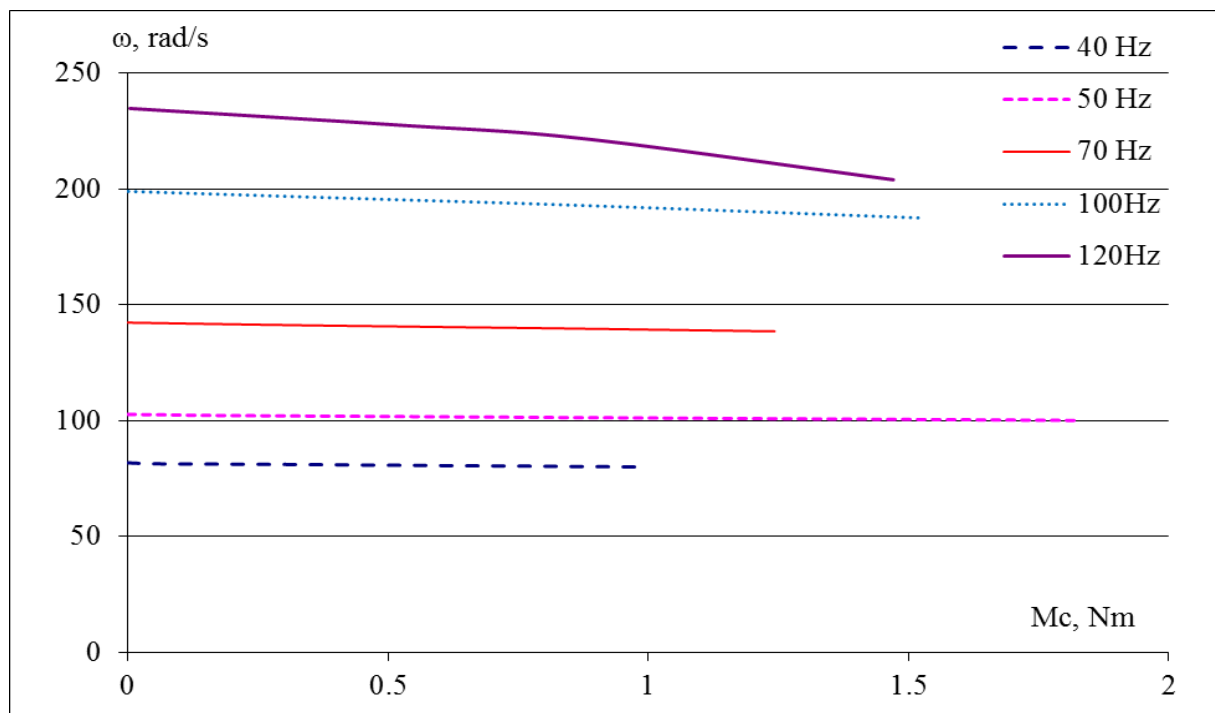
Фиг. 2. Регулировъчни характеристики на системата АД – ELDI-M

ИЗПИТАНИЯ НА ЧЕСТОТЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ELDI-M

На фиг. 2 са показани сметите регулировъчни характеристики при минимално натоварване ($I_B = 0$).

От получените графики се вижда, че при честоти около и над номиналната характеристиките съвпадат, а напрежението се поддържа около номиналното. Под номиналната честота, обаче, при квадратичната характеристика напрежението е със значително по-ниска стойност, а пък хлъзгането е увеличено. Това доказва, че този тип характеристика е препоръчително да се използва при задвижвания с вентилаторен съпротивителен момент, тъй като е енергоефективна.

Механичните характеристики са показани при няколко различни честоти под и над номиналната (фиг. 3). От получените графики ясно проличава, че с нарастването на честотата над номиналната хлъзгането расте. При честоти около и под номинална то е със сравнително ниски стойности ($s < 0,05$).



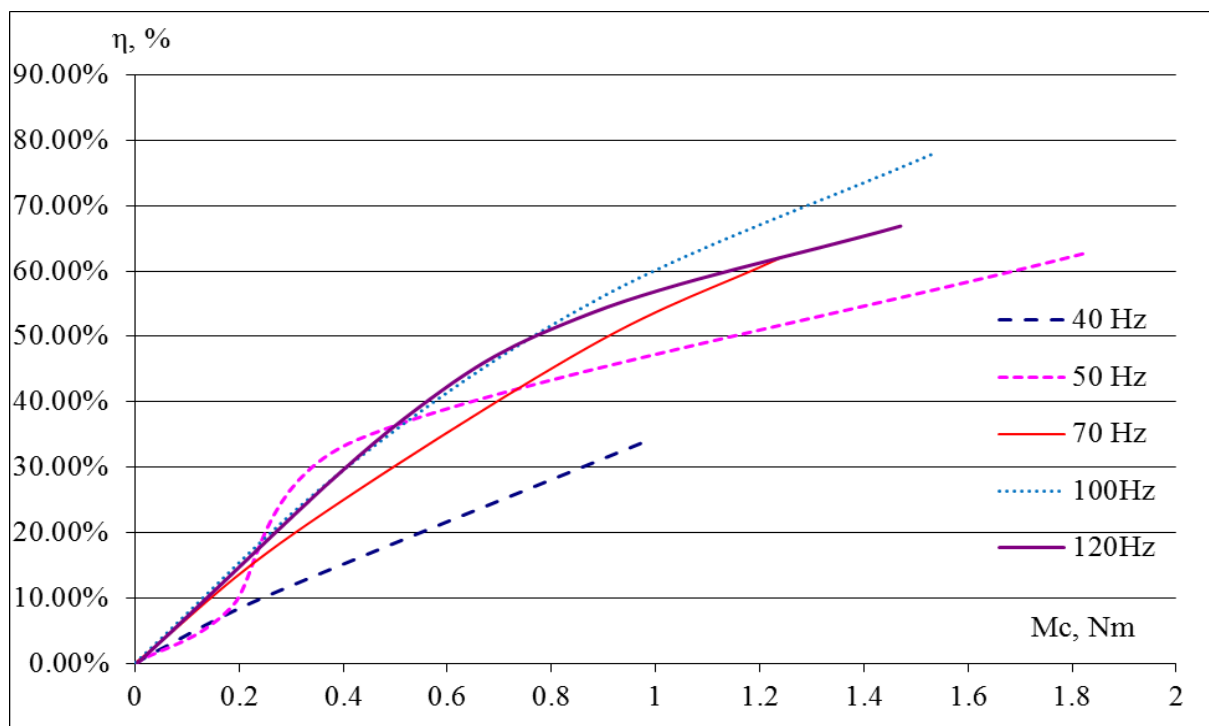
Фиг. 3. Механични характеристики на системата АД – ELDI-M

Графиките на енергийните показатели са дадени на фиг. 4 и 5. Поддържат се сравнително добри стойности в изследвания диапазон на изменение на товара. КПД резонно нараства с увеличаване на натоварването, а ω се движи в нормалните граници за тази мощност (0,6 – 0,7).

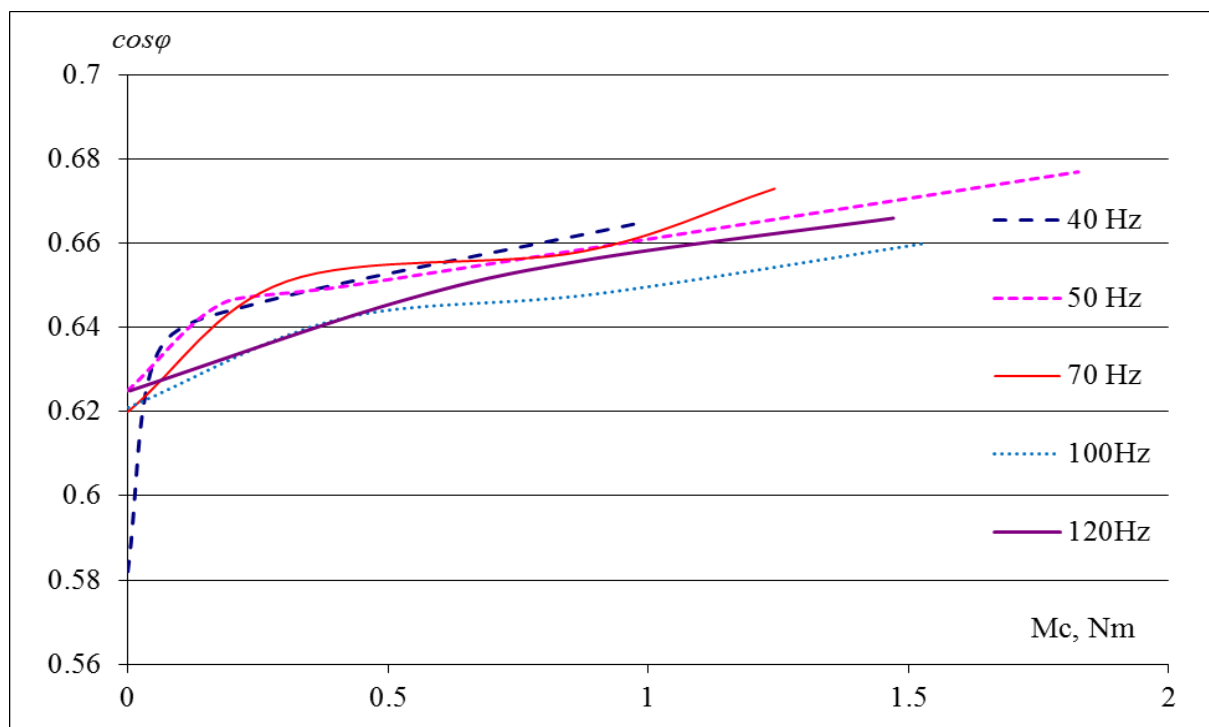
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад са разработени методики за изследване на система честотен преобразувател – асинхронен двигател с цел верификация на регулировъчните свойства, снемане на механичните характеристики и определяне на зависимостта на енергийните показатели от честотата и натоварването. Проведени са изпитания на специално изграден за целта стенд, който се състои от честотен преобразувател ELDI - M, трифазен асинхронен двигател и система за натоварване. Осигурена е необходимата измервателна апаратура с висок клас на точност. Получените характеристики съвпадат с известните от литературата и доказват приложимостта на такива системи в много

области на промишлеността и транспорта. Независимо от липсата на възможност за реализация на векторно управление, такива преобразуватели могат да бъдат използвани за задвижване на механизми с известен съпротивителен момент, когато се изисква плавно пускане и регулиране на скоростта в сравнително широк диапазон.



Фиг. 4. Зависимости на КПД от натоварването при различни честоти



Фиг. 5. Зависимости на $\cos\varphi$ от натоварването при различни честоти

Верифицирано е, че прилагането на управление по квадратична U/f характеристика при задвижване на механизми с вентилаторен съпротивителен момент води до повишаване на енергийната ефективност. Проведените изпитания експериментално доказват правилността на разработените методики. Те могат да бъдат прилагани при изследване на честотни преобразуватели от различен тип и производител.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Българанов Л., И. Миленов, Г. Павлов, Ч. Джамбазки, Електрозадвижване, София, ISSN 978-954-8640-10-7, 2009

[2] Давидов С., И. Миленов, Х. Иванов, Малки електромобили, ISBN 978-954-8640-16-9, София, 2012,

[3] Frequency Inverters ELDI, Technical Specifications, Electroinvent, 2007

[4] Гама транзисторни честотни преобразуватели серия ELDI – техническо описание и инструкция за монтаж и експлоатация, Електроинвент, 2007

[5] AC Vector Control Drive ELDI/V, Technical Specifications, Electroinvent, 2010

[6] Net Vision 2010 Three-phase network analyzer,
<http://bg.emsyst.com/netvision.php>

FREQUENCY CONVERTER ELDI-M EXAMINATIONS

Georgi Pavlov, Vasil Dimitrov

g_pavlov61@abv.bg, vdimitroff@abv.bg

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

Key words: *Asynchronous drives, Frequency control, Inverter*

Abstract: *A big part of contemporary electrical drive systems are designed on the base of highly efficient asynchronous motors and microprocessor safety and control systems. Frequency Control provides a wide range of speed regulation and relatively high values of energy indicators (power factor and efficiency). Inverters built on IGBT elements are used for the realization of such regulation that provides achieving a high power and low losses in power circuit of the converter. ELDI family Frequency converters have wide application in many drives in various areas of industry because they are designed for speed control on standard induction motors.*

In this paper, methodology and algorithm of tests of single phase frequency converter ELDI-M are developed. A laboratory stand has been designed and built, load torque variations have been ensured. The regulation characteristics of the converter, as well as the mechanical characteristics of the motor at linear U/f control are experimentally plotted. The values of the energy indicators are shown.

Thus an experimental verification of such of converters applicability in drives in various areas of industry and transport, where a wide range of speed regulation is necessary, is done.