

## ИЗСЛЕДВАНЕ ФАКТОРА НА МОЩНОСТ ПРИ ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНИЯ С РАЗЛИЧНИ КЛАСОВЕ АСИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ

### RESEARCH POWER FACTOR IN VARIOUS CLASSES ASYNCHRONOUS MOTORS

**Vladimir Hristov**

*Technical university Sofia, faculty of Automatics, department  
electrical motion automation systems*

#### Abstract

*This report research to power factor in asynchronous motors of the new generation of premium efficient asynchronous motor and plain old standard motor. Studies were made in a wide range of research relative to the load. Studies were conducted in direct start of asynchronous motors and with frequency control with vector control. In studies energy efficient motor premium efficient shows a better power factor over the entire range of research, but nevertheless the power factor is less than the desired 0.9. Introducing frequency control with vector control improves the power factor to desire*

**Keywords:** power factor;  $\cos\varphi$ ; asynchronous motor; electric power; premium efficient, frequency control,.

#### ВЪВЕДЕНИЕ

Факторът на мощността ( $\cos\varphi$ ) представлява безразмерна величина в електрическите вериги за променлив ток, като  $\cos\varphi$  се определя от отношението на активната към пълната мощност и размерността може да бъде от 0 до 1 [1,2,3].

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}; \quad \cos\varphi = [0-1] \quad (1)$$

Значимостта на факторът на мощността се обуславя от това, че по-ниският  $\cos\varphi$  води до увеличение на тока, с който се пренася активната енергия до консуматорите, а това увеличава загубите в електропреносните съоръжения [7,8]. В зависимост от средната стойност на факторът на мощността за даден период, електроснабдителните фирми прилагат различни тарифи - по-високи за консуматори с по-нисък  $\cos\varphi$  и обратно, по-ниски за консуматори с по-висок  $\cos\varphi$  [1,2].

Факторът на мощността на консуматорите се подобрява по различни начини (стре-

межът е към стойности около и над 0,9) [3]. В промишлеността най-широко разпространеният начин е с автоматично превключване на кондензаторни батерии, тъй като най-често промишлените консуматори имат индуктивен характер [1,2].

Голяма част от произвежданата енергия ( $\approx 68$ ) в световен мащаб се изразходва от електрическите двигатели [4,6]. Поради това стремежа е факторът на мощността да се увеличава (асинхронните двигатели са основно с нисък  $\cos\varphi$ ) в системите за електрозадвижване, като по този начин да се намалят сметките за електроенергия и съответно намалят загубите в електропреносните съоръжения.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ

Както беше споменато във въведението стремежът на предприятията е свързан с минимизиране на загубите на електрическа енергия. Една от мерките е свързана с подмяна на вече съществуващите електрически двигатели с нови по-енергоефективни двигатели съобразени с въведените стандарти

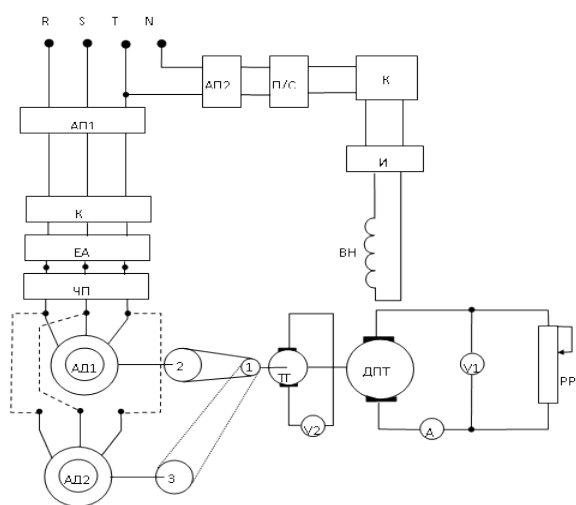
от ЕС през 2003 и друга с въвеждане на честотни инвертори в регулируемите електрозадвижвания [4,5].

Факторът на мощността за едно предприятие е от огромно значение, тъй като от него ще зависи цената на електрическата енергия (глобите, които ще трябва да плати предприятието за лош  $\cos \varphi$ ) [3].

Целта на настоящият доклад е изследване фактора на мощност при два класа електрически двигатели: единия е обикновен стандартен асинхронен двигател, а другия асинхронен двигател от най-ново поколение (Premium efficient). Последният е произведен от фирмата (LENZE) и касае новите директиви на европейския съюз за въвеждане на по-високи стандарти в производството на електрически двигатели (двигателите да имат по-голям коефициент на полезно действие). Това се прави с цел намаляване на загубите на електрическа енергия, като част от мерките на Европейския съюз (ЕС) за пестене на енергия и въвеждането на честотни инвертори при регулируемите електрозадвижвания.

Изследването ще бъде направено при директно пускане на двигателите към захранващата мрежа и пускане чрез честотен преобразувател с векторно управление и различни честоти на напрежението.

Принципната схема на опитната постановка е показана на фиг. 1.



Фиг. 1. Принципната схема на опитната постановка

За измерване на енергетичните параметри на задвижването се използва енергиен анализатор (ЕА) от типа CVM-NRG96 (производител Circuitor). Същият е предназначен за измерване, изчисляване и изобразяване на екран на основните параметри на трифазни промишлени мрежи със симетричен или несиметричен товар. Измерването на параметрите става чрез три входа на променливото напрежение и три входа на тока, към които се включват вторичните намотки (5А) на три външни тороидални токови трансформатори. Тези трансформатори са от типа MSQ-30 - 50/5.

За целите на изследванията е използван трифазен честото-преобразувател от серията 8200Vector, производство на фирмата Lenze. Преобразувателят е за мощност на захранвания двигател 0,75kW, модел E82EV751K4C и може да работи в отворени или затворени системи за управление.

Използваните асинхронни двигатели са: Асинхронен двигател с кафезен ротор нормално изпълнение с данни: Тип: MO80B/4Д; Номинална мощност:  $P_N = 0,75 \text{ kW}$ ; Номинално захранващо напрежение на статора: UN ( $\Delta/Y$ )= 220/380 V; Номинален статорен ток: IN( $\Delta/Y$ )= 4,2/2,4 A; Номинална честота на въртене: nN= 1400 tr/min.

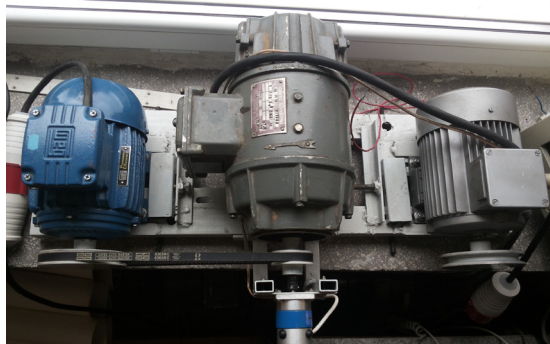
Асинхронен двигател с енергоефективно изпълнение: Ленце; Тип: Premium EEF1; Номинална мощност:  $P_N = 0,75 \text{ kW}$ ; Номинално захранващо напрежение на статора: UN (Y)= 380 V; Номинален статорен ток: IN= 1,68 A; Номинална честота на въртене: nN= 1410 tr/min. Двигателят е избран съзнателно с номинални данни (номинална мощност и честота на въртене) максимално близки до тези на двигателя с нормално изпълнение. Това позволява да се сравняват двата типа двигатели при аналогични условия на работа.

За товарна машина на стенда се използва двигател за постоянен ток (ДПТ) с независимо възбуждане с данни: Тип: П-12-1; Номинална мощност:  $P_N = 1,0 \text{ kW}$ ; Номинално захранващо напрежение на котвата:  $U_{aN} = 220 \text{ V}$ ; Номинално напрежение на възбудителната намотка:  $U_{bN} = 220 \text{ V}$ ; Номина-

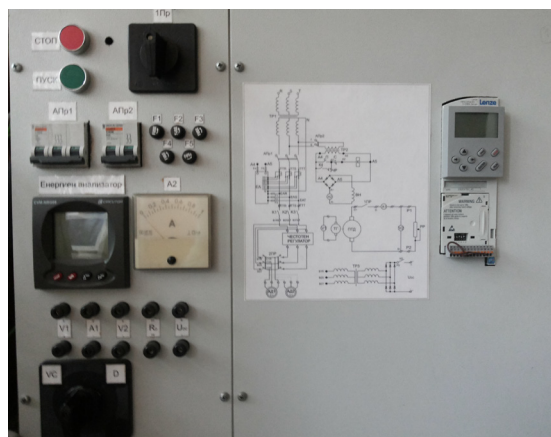
лен ток на котвата:  $I_{aN} = 5,9 \text{ A}$ ; Номинална честота на въртене:  $n_N = 3000 \text{ tr/min}$ .

Поради два пъти по-голямата номинална честота на въртене на ДПТ, механичната връзката между него и изпитваните АД се осъществява чрез повишаваща ремъчна предавка (на вала на ДПТ ремъчната шайба е с диаметър два пъти по-малък от този на шайбата към вала на АД). И на двата типа изпитвани АД се монтират ремъчни шайби с еднакъв диаметър). Изборът на изпитвания тип АД става чрез реализиране на ремъчна връзка между товарната машина и съответния АД.

На фиг. 2 и фиг. 3 са показани снимки на стенда.



Фиг. 2 Изглед на електрическите машини на стенда



Фиг. 3 Изглед на таблото за управление на стенда

Поради невъзможността да бъде отчитан директно моментът на вала  $M_{AD}$  - [Nm] на съответния изпитван асинхронен двигател, се прилага методика за неговото изчисляване [5].

Моментът на вала  $M_{a0}$  - [Nm] на съответния изпитван двигател при скорост  $\omega$  е:

$$M_{a0} = \frac{P_{a0}}{\omega} \quad (2)$$

Механичната мощност на вала  $P_{AD}$  - [W] на товарната машина и на изпитвания асинхронен двигател е:

$$P_{a0} = P_T + \Delta P_0 \quad (3)$$

където:  $\Delta P_0$  е мощността на загуби на товарната машина при празен ход. Тя се определя от загуби в стоманата и механичните загуби;

Електромагнитната мощност  $P_T$  - [W] на товарната машина:

$$P_T = U_T I_T + I_T^2 R_T + \Delta U_q I_T \quad (4)$$

където:  $\Delta U_q \approx 1,2 \text{ V}$  е пада на напрежение в четките на товарната машина;

Мощността на загуби при празен ход  $\Delta P_0$  на товарната машина:

$$\Delta P_0 = U_0 I_{T0} - R_T I_{T0}^2 - \Delta U_q I_{T0} \quad (5)$$

За определяне на мощността на загуби при празен ход  $\Delta P_0$  на товарната машина се процедира по следния начин:

Разкъсва се механичната връзка между товарната машина и изпитваните асинхронни двигатели – сваля се ремъка, с който се реализира тази връзка.

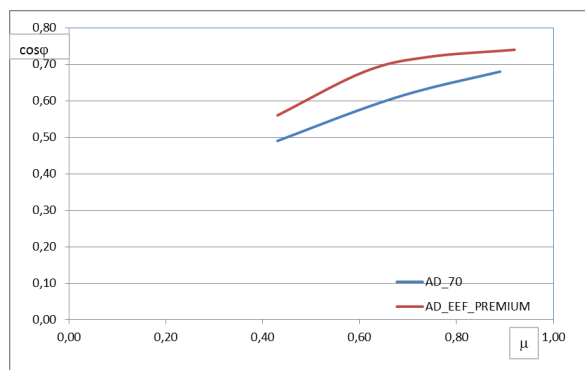
Котвата на товарната машина се захранва от външен регулируем източник на постоянно напрежение.

Задават се последователни нарастващи стойности на захранващото напрежение  $U_{T0}$  към котвата на товарната машина, като се измерват тока в котвата  $I_{T0}$  и напрежението на тахогенератора  $U_{Tg}$ . За всяка от зададените стойности на напрежението  $U_{T0}$  се изчисляват: ъгловата скорост  $\omega$  на изпитвания асинхронен двигател и мощността на загуби при празен ход  $\Delta P_0$ . По двойките стойности  $\Delta P_0$  и  $\omega$  се построява зависимостта на загуби в товарната машина от скоростта на въртене на изпитвания АД. Тази зависимост се използва за да се определи стойността на  $\Delta P_0$  при съответната скорост при изчислението на мощността на вала по (3), съответно - момента на вал по (2) на изпитвания асинхронен двигател.

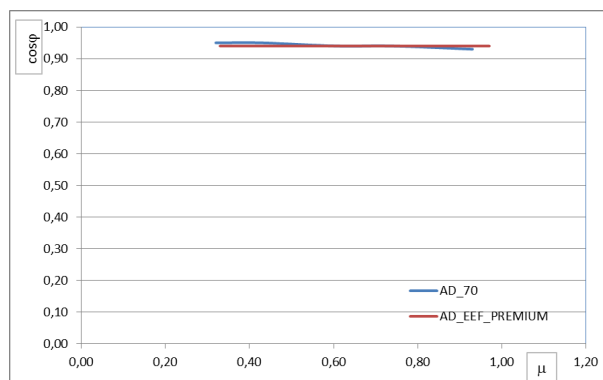
Моментът на двигателя в относителни единици е:

$$\mu = \frac{M_{ад}}{M_{ад\_ном}} \quad (6)$$

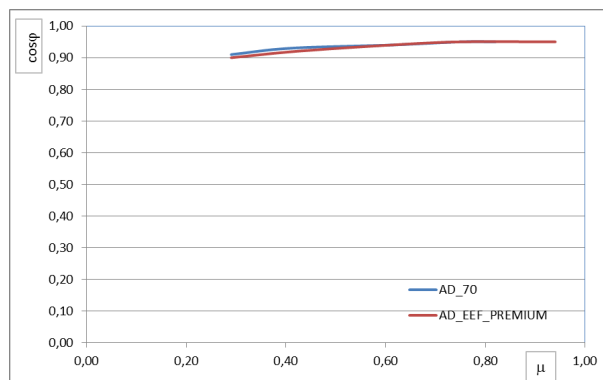
На следващите фигури са показани фактора на мощност във функция от момента  $\cos \varphi = f(\mu)$  (в относителни единици) на двигателя при: директно пускане на АД-фиг.4; при векторно управление с изходна честота на преобразувателя 50 Hz - фиг. 5; при векторно управление с изходна честота на преобразувателя 50 Hz - фиг. 6.



Фиг. 4. Фактора на мощност при директно пускане на ад



Фиг. 5. Фактора на мощност при векторно управление с изходна честота на преобразувателя 50 hz.



Фиг. 6. Фактора на мощност при векторно управление с изходна честота на преобразувателя 20 hz.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От фиг. 4 може да се направи следния анализ: при директно пускане на асинхронните двигатели с нарастването на момента на двигателя факторът на мощността расте, но независимо от това дори при достигане на 0.93 от номиналното натоварване ( $M_{ад\_ном}$ ) факторът остава по-нисък от желанието такъв 0.9. Това важи както за обикновения стандартен мотор така и при Premium efficient. Последният има по-добри показания на  $\cos \varphi$  ( $\approx 0.07$ ) спрямо стандартния двигател в целия диапазон на изследване (0.42-0.92)  $M_{ад\_ном}$ . При захранване на двигателя от честотопреобразувател и векторно управление логично на очакванията факторът на мощността и при двата типа мотори остава доста над 0.9 в целия диапазон на изследване (0.3-0.95)  $M_{ад\_ном}$ : както с честота 50hz, така и с честота 20hz. Честотопреобразувателите е уместно да бъдат монтирани при регулируеми електрозадвижвания, тъй като биха повишили и енергийната ефективност.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Доц. д-р инж. Васил Спасов Господинов Технически университет – София „Баланс на електрическата енергия на промишлено предприятие”-лекции
- [2] Попов Г., Костов Б., Климентов К., „Възможности за подобрене ефективността на асинхронните двигатели, използвани в помпените и вентилаторните системи “ научни трудове на русенския университет - 2011,
- [3] Търпов И., “Фактор на мощността и санкции за реактивна енергия в бдж”4 Научна конференция, ЕФ 2012, том 2, 61стр.
- [4] Георгиев Г., Христов Вл., Райнов Р., “Енергетика на асинхронни регулируеми електрозадвижвания – моделни изследвания в Matlab/Simulink среда”, 2008, София, Годишник на минно-геоложкия университет „св. Иван Рилски“-София, Международна научна сесия - Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”
- [5] Христов Вл., Георгиев Г., “Изследване на енергетичните показатели на класове асинхронни двигатели”, 2010 – Годишна научна конференция с международно участие- „Национален Военен университет Васил Левски“.

- [6] Ильинский Н.Ф., В.В. Москаленко 2008. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение. М., Издательский центр Академия, 208 с.
- [7] Ильинский Н.Ф., Ю.В. Рожановский, А.О. Горанов. 1989 Энергосбережение в электроприводе. М., Высшая школа, 127 с.
- [8] Браславский И.Я., З.Ш. Ишматов, В.Н.Поляков. 2004. Энергосберегающий асинхронный электропривод, Издательский центр Академия, 256 с.