

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2019

ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА АСИНХРОННИ ВЕНТИЛНИ КАСКАДИ В ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНИЯТА НА ГУМЕНО-ЛЕНТОВИТЕ ТРАНСПОРТЪОРИ В ПРЕДПРИЯТИЕ ОТ ОТКРИТИЯ ВЪГЛЕДОБИВ

Радослав Русинов, Веселин Василев, Атанас Генчев

PERSPECTIVES FOR THE USE OF STATIC SCHERBIUS DRIVE IN ELECTRIC POWER TRANSMISSIONS IN ASURFACE COAL MINE ENTERPRISE'S

Radoslav Rusinov, Veselin Vasilev, Atanas Genchev

Резюме

В статията са разгледани предимствата и възможностите за използване на асинхронни вентилни каскади в електрозадвижването на гумено-лентовите транспортъори. Направени се измервания в производствени условия. Показани са част от резултатите. Направени са симулационни модели, изследвания и съпоставка на реостатно управление и управление с асинхронна вентилна каскада. Потвърдено е предимството на асинхронните вентилни каскади и възможността за прилагането им в експлоатационните условия на открития въгледобив.

Abstract

The paper examines the advantages and possibilities of using a slip-recovery-controlled induction motor in the electric drive of the belt conveyors. Measurements made in production conditions. Some of the results are shown. Simulation models, research and comparison of rotor rheostat control and slip-recovery-controlled induction motor were made. The advantage of slip-recovery-controlled induction motor and possibilities of using in work conditions of open mining are confirmed.

Увод

Въпросите, свързани с енергийната ефективност и цена на електроенергията са изключително актуални. В минните предприятия от открития въгледобив, основният енергоносител е електрическата енергия. Най-големите консуматори на електроенергия са асинхронните електродвигатели (АД) с навит ротор за средно напрежение, задвижващи гумено-лентовите транспортъри (ГЛТ).

Реостатното управление, което се ползва за развъртане на тези електродвигатели е подходящо за мощни задвижвания, тъй като е сравнително евтино и показва добри характеристики при многодвигателните задвижвания, използвани в ГЛТ. Това техническо решение обаче има редица експлоатационни недостатъци, както и значителни загуби на електроенергия. Развитието на полупроводниковата елементна база и силнотоковата схемотехника позволиха регулирането на асинхронните двигатели за средно напрежение с навит ротор да стане достатъчно надеждно и достъпно.

В настоящия доклад се изследва съществуващото управление на електрозадвижването на ГЛТ и възможността за подмяната му с асинхронна вентилна каскада (АВК).

Същност на проблема

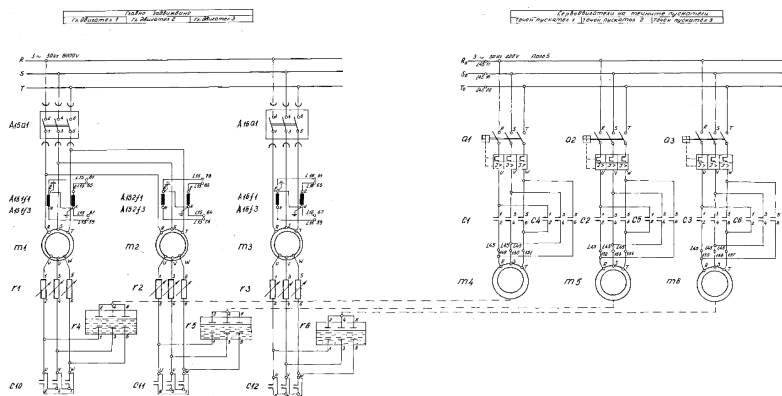
Един от най-често използваните начини за пускане на АД с навит ротор е с реостати. Чрез него се ограничава пусковия ток и се увеличава пусковия момент.

Голяма част от ГЛТ са задвижват с по три АД с навит ротор, свързани по показаната на фиг. 1 схема. Два от двигателите работят на общ вал, като третия е свързан към отделен барабан. С цел подобряване на характеристиките и намаляване на механичните натоварвания, двигателите работят на реостатна характеристика, която е с по-малка твърдост от естествената.

По време на работа могат да се разграничат няколко съществени режима, влияещи на консумираната мощност:

- пускане при празна лента (участък 1 от графиката на фиг. 3);
- работа без товар (участък 2 от графиката на фиг. 3);
- пускане при пълна лента и сух материал;
- работа с товар (участък 3 от графиката на фиг. 3);

- пускане при пълна лента и мокър материал;
- пускане при пълна лента и замръзнал материал.



Фиг. 1. Принципна схема на електрозадвижването на ГЛТ.

Те обуславят значително различаващи се по стойност съпротивителни моменти и съответно много голям диапазон на необходимата консумирана мощност за преодоляването им по време на пусковите процеси.

Реостатното управление, характеризиращо се с меки пускови характеристики, в съчетание с наличието на тежки пускови процеси изискват инсталирана мощност да бъде в пъти по-голяма от необходимата в установен режим.

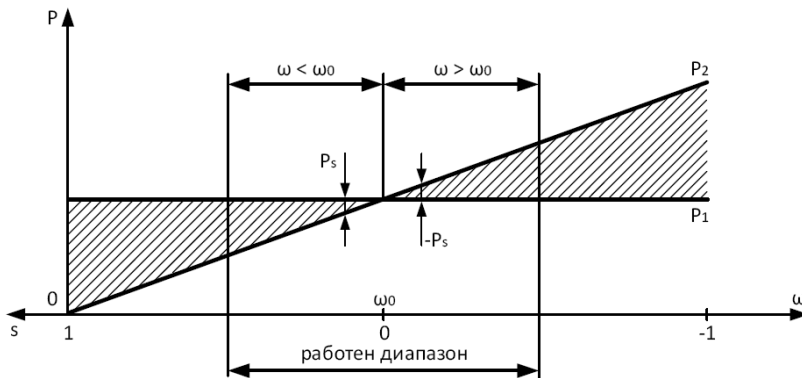
Недостатъците при реостатното управление са свързани с:

- загуби в пусковите съпротивления;
- загуби в постоянно включените съпротивления;
- комутационна апаратура за шунтиране на пусковите съпротивления;
- допълнителни електродвигатели и комутационна апаратура за тяхното управление;
- невъзможност за регулиране на скоростта;
- излишна инсталирана мощност.

Специфичните условия на работа определят голямо хлъзгане и съответно увеличаване на загубите. При определени допускания, консумираната от АД мощност P_1 може да се изрази като:

$$P_1 = P_2 + P_s \quad (1),$$

като P_2 е мощността на вала на двигателя, а P_s е мощността на хлъзгането [1]. На фиг. 2 е показано разпределението на мощностите в двигателен режим. Видно е наличието на потенциал за оползотворяване на енергията на хлъзгането.



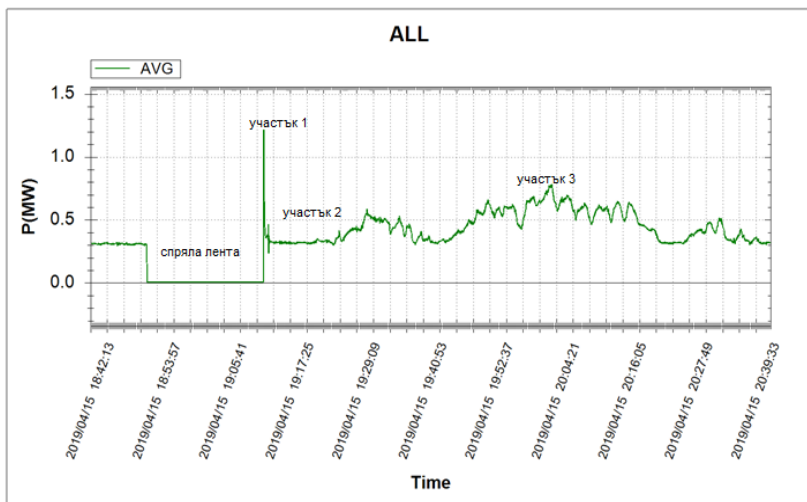
Фиг. 2. Разпределение на мощностите в зависимост от хлъзгането в двигателен режим на работа.

За да се изяснят актуалното състояние на електрозадвижването на ГЛТ и качествените параметри на електроенергията в мрежа 6 kV на „Мини Марица изток“ ЕАД са направени измервания в производствени условия с мрежов анализатор SA2100, като записа на данните е през 2 секунди за период от 24 часа.

Резултати от измерванията

На графиката са представени резултати за активната мощност за период от 2 часа, като могат да се наблюдават няколко участъка – работа без товар върху лентата, спряла лента, пуск на лента без товар, работа под товар – с минна маса върху лентата.

От измерванията става ясно, че инсталираната мощност значително превишава консумираната. При използваното управление тя е необходима за преодоляване на съпротивителния момент при тежки пускови режими, а именно в зимни условия при пълна лента.



Фиг. 3 Консумирана активна мощност от задвижваща станция.

Управление на асинхронни електродвигатели с навит ротор с асинхронни вентилни каскади

За условията на експлоатация ГЛТ в „Мини Марица изток“ АД е най-уместно да се използва подсинхронна вентилна каскада с импулсно управление (фиг. 5), поради следните предимства – постигане на висок фактор на мощността чрез подходящо управление на ъгъла на отпушване; малки пулсации на тока в постояннотоковата верига и съответно малки размери на изглаждащия дросел; възможност за многодвигателно задвижване с използване на общ инвертор. Предимствата са разгледани обстойно в литературата [1][2][3][4][5].

В сравнение с реостатното управление, използването на полупроводникови комутатори дава следните предимства:

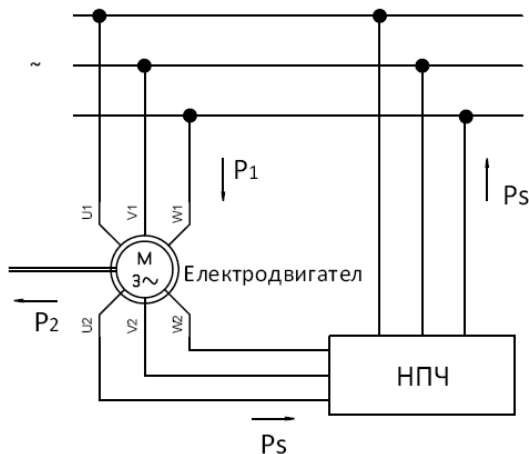
- плавно регулиране на скоростта;
- по-голяма сигурност на полупроводниковите комутатори;
- възможност за въвеждане на отрицателна обратна връзка по скорост, с която се подобрява твърдостта на механичната характеристика и се разширява диапазона на регулиране;
- регулиране на скоростта на лентата с оглед постоянно натоварване.

Прилагането на каскадни схеми е един икономичен начин за регулиране на скоростта на асинхронен електродвигател (АД) с фазен ротор, при който мощността на хлъзгането P_S се оползотворява чрез включване на източник на регулируемо електродвижещо напрежение в роторната верига на двигателя [2].

Основните проблеми, които могат да се решат с използването на АВК са при задвижването на ГЛТ са:

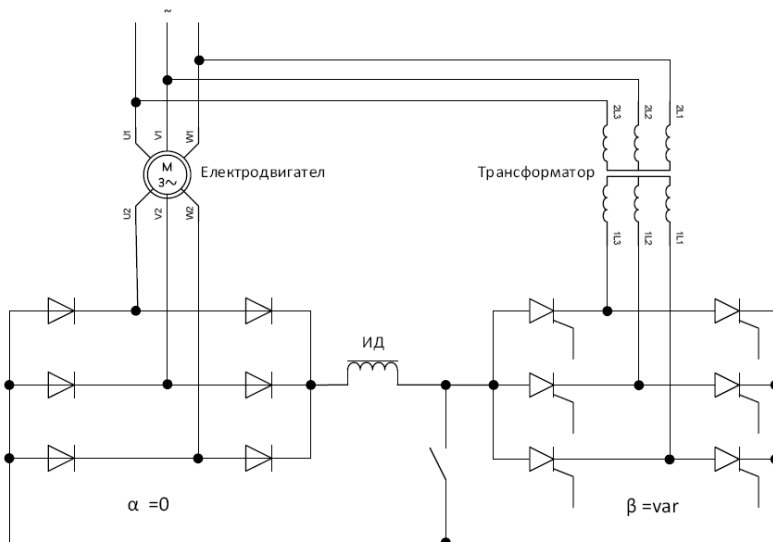
- премахване на загубите в съпротивленията в роторната верига и повишаване на к.п.д;
- подобряване на фактора на мощността;
- изравняване на скоростите и моментите на задвижващите електродвигатели.

Двигателите на ГЛТ работят в двигателен режим с подсинхронна скорост $\omega < \omega_0$. При тези условия може да се използва схемата от фиг. 4, като енергията от хлъзгането P_S се преобразува от непосредствения преобразувател на честота (НПЧ) и се връща в захранващата мрежа.



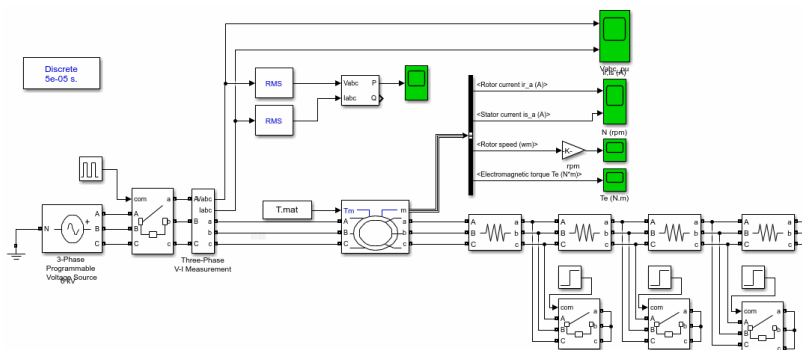
Фиг. 4. Посоки на мощностите в двигателен режим на работа на АВК с непосредствена връзка при $\omega < \omega_0$.

На фиг. 5 е показана схема с добавен комутатор, който осигурява регулиране на противо е.д.н., като регулирането на скоростта се осъществява посредством изменение на относителното време на включване на ключа.

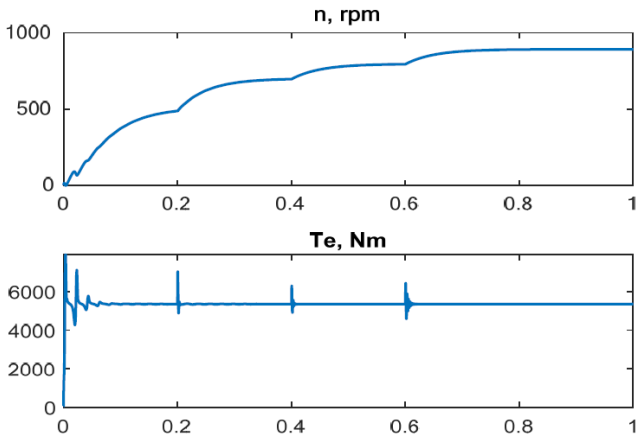


Фиг. 5. Силова схема на АВК с импулсно управление.

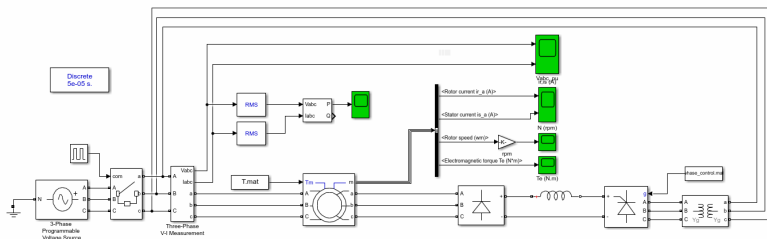
В средата на Matlab® Simulink® са разработени модели за управление на АД с навит ротор с пускови съпротивления (фиг. 6) и с АВК с оползотворяване на енергията от хлъзгането (фиг. 8). Резултатите от симулациите показват, че системата с АВК притежава много по-добра динамика, по-малки пулсации на скоростта и момента.



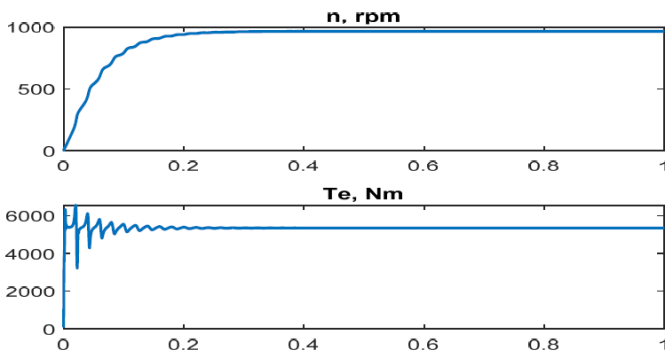
Фиг. 6. Симуляционен модел в средата на Simulink® на един двигател с пускови съпротивления.



Фиг. 7. Резултати от симулацията на двигател с пускови съпротивления – обороти и момент на двигателя.



Фиг. 8. Симуляционен модел в средата на Simulink® на един двигател с АВК.



Фиг. 9. Резултати от симулацията на двигател с АВК – обороти и момент на двигателя.

Изводи

Управлението на АД с навит ротор с АВК в роторната верига има следните предимства:

- увеличаване на к.п.д. и подобряване на фактора на мощността;
- възможност за регулиране на скоростта, с цел оптимално запълване на лентата с минна маса;
- изравняване на моментите на двигателите, водещо до намаляване на усилията в лентовото платно и в механичната част.

При използването на АВК се генерират хармоници в изправителния блок и в инвертора. За тяхното филтриране е необходимо да се предвидят филтриращи устройства за покриване на изискванията за качество на електроенергията, съгласно БДС EN 50160. Измерените качествени параметри на електроенергията в мрежа 6 kV на място в задвижващата станция бяха в съответствие с БДС EN 50160.

Използването на АВК със затваряне на обратни връзки по момент и по скорост ще оптимизира преходните процеси при развъртане, ще осигури по-добри експлоатационни условия на съоръженията и възможност за работа с два двигателя при номинално натоварване.

Подмяната на системата с реостатно управление с АВК, при запазване на съществуващите двигатели, може да се осъществи сравнително леко, с кратко време за престой и срок за изплащане на инвестицията.

Литература

[1] Михов М. Р., Управление на електромеханични системи Част II, София, Технически университет – София, 2014

[2] Krishnan R., Electric Motor Drives – Modeling, Analysis and Control, Prentice Hall 2001

[3] Москаленко В. В., Электрический привод, Москва, Академия, 2004

[4] Ключев В. И., Теория електропривода, Москва, Энергоатомиздат, 2001

[5] K.Ranjith kumar, S.Palaniswami, K.Priyadharsini, Performance Enhancement of Wound Rotor Induction Motor by VSI with Dynamic Capacitor Controlled Rotor Circuit, IJCA (0975-8887), Volume 3-№9, July 2010

[6] Matlab® Simulink®

Автори

Радослав Русинов, Технически университет - София
Електронна поща: rusinovr@abv.bg

Веселин Василев, инж., „Мини Марица-изток“ ЕАД,
Електронна поща: veselin.vasilev@marica-iztok.com

Атанас Генчев, инж., „Мини Марица-изток“ ЕАД,
Електронна поща: asgen@marica-iztok.com