Модернизация на машина за добив на скални блокове

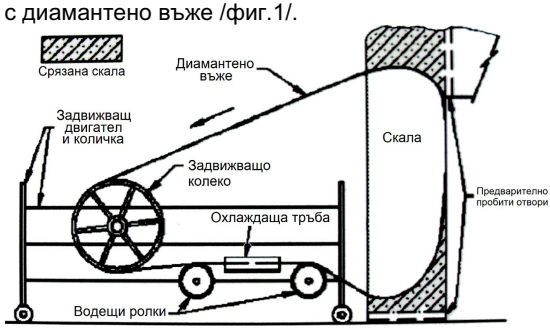
Димитър Бакърджиев; Васил Кочевски; Христо Бакърджиев; Милко Дочев
Милен Кръстев; Светлана Тонкова

Modernization of diamond wire saw for extraction of boulders: *The paper present a modernization in mechanical part of the main drive. The control wheel is replaced with a planetary gear, which determines the operating speed depending on the quality of the material. Control of the supply of wheelchair is made in the active power of main engine.*

Key words: *modernized machine, gear, control, active power.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Производството на скални материали, мрамори, гранити и варовици в последните години отбелязва значително развитие . Пазарът на блокове , масиви и плочи, както у нас, така и в чужбина все повече се обогатява с нови асортименти за облицовки , обзавеждане на вътрешен интериор и т.н. Това от своя страна доведе до създаване на по-съвършенни технологии в добива и до усъвършенстване на оборудването [9],[11],[12],[14],[15],[16]. На международния пазар се повиши търсенето на скални блокове.Един от най-разпространените начини за добив на блокове е рязането с диамантено въже /фиг.1/.



Фиг.1 Рязане на скални материали с диамантено въже

Диамантеното въже се задвижва от водещо колело чрез електродвигател с мощност от 30 до 60 kW, като най-често се използват многоскоростни електродвигатели с превключване на броя на чифтовете полюси. Пускането на електродвигателя се извършва с превключвател “звезда-триъгълник”. Въжето се върти с постоянна скорост 45-60 м/сек. Подаването се управлява чрез регулиране скоростта на предвижване на количката. В настоящата работа се излагат резултатите от изследванията на мраморообработващи машини, които авторите са извършили през последните десет години. Предложени са решения подобряващи технологията, конструкцията, управлението, в резултата на което се повишава производителността, дълготрайността на системата, в това число и на диамантеното въже и се постигат значителни разходи на електроенергия .

Предложено е решение, включващо редуктор, планетарен тип, който в зависимост от размерите на блока и твърдостта на скалата, дава възможност за избор на оптимално предавателно отношение, заедно със схема за пускане и спиране на главния двигател, в която са включени необходимите защити и блокировки и система за управление на количката. В разработката се прилага съвременно честотно управление на двигателя на количката, с регулатор на активна мощност, при което предвижването, т.е. скоростта на подавателното движение гарантира оптимална скорост на рязане на въжето.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Избор на оптимално предавателно отношение на редуктора.

Произвежданите машини [9] са съоръжени с редуктор. Промяната на скоростта на рязането става, като се сменя диаметъра на шайбата, която задвижва въжето, с подходящи диаметри, съответстващи на желаната лнейна скорост. Друг подход е главният двигател да е многоскоростен.

Предлага се редуктор от планетарен тип, позволяващ 6 скорости на задвижваното колело [8].

При избора на предавателното отношение на редуктора $i_{ред}$ се отчита факта че тия машини работят с редки пускания и основно в квази - установен режим при $ώ_{зк}$=const. Главното тук е избор на такава номинална скорост на електродвигателя, при която габаритите на машината са минимални. При това $i_{ред}$ трябва да съответства на две изисквания (по скорост и по момент) [4],[5],[10] :

$$i_{ред} \approx \omega_{ном} / \omega_{зк} \; ; \; i_{ред} \approx M_c / M_{ном} . \eta_{ред} \tag{1}$$

$$i_{ред}^2 - \frac{\omega_0}{\omega_{зк}} \left(1 - \frac{M_{co}}{M_П} \right) . i_{ред} + \frac{M_{co} . \omega_0}{M_0 \omega_{зк} \eta_{ред}} = 0 \tag{1a}$$

където :

$ώ_0$ - скорост на празен ход на двигателя;

$ω_{зк}$ – скорост на вала на машиата;

$M_п$ – пусков момент на електродвигателя;

M_{co} – съпротивителен момент приведен на вала на електродвигателя.

Съпроводителният момент се определя от изразите за линейната скорост V и силата на рязане F, които за гарантиране на оптимален режим са константни величини.

Линейната скорост се определя по имперична формула като функция на вида на обработвания скален материал, линейната дължина на обхващане на материала от въжето, якостта и износоустойчивостта на диамантените пръстени, диаметъра на пръстените и вида на охлаждането .

Силата на рязане на F_z се задава от технолозите, но и тя зависи от вида на материала и диамантината и размера на блоковете. Мощността на рязане P_z представлява произведение от линейната скорост и силата на рязане. В [10] за определяне на мощността на рязане е посочена следната зависимост :

$$P_z = C_P t^{X_F} . s^{Y_F} . B.z.n.D.L \tag{2}$$

където :

n- скорост на въртене;

D – диаметър на задвижващото колело;

d - дължината по която се извършва рязането;

z - брой на диамантените елементи които активно режат;

t - дълбочина на рязането;

s - подаване за един оборот на въжето;

B - параметър зависещ от дебелината на диамантените елементи;

C_p - коефициент;

X_F и Y_F - степенни показатели - определят се от качеството на скалата и диамантеното въже.

Съпротивителният момент на вала на машината е :

$$M_c = \frac{P_z}{\omega_{ЗК}} \tag{3}$$

Ако са известни двигателният и инерционният момент на двигателя и съпротивителния и инерционен момент на машината, то предавателното отношение на редуктора е препоръчително да се определя от израза:

$$i_0 = \frac{M_C}{M_Д} + \sqrt{\left(\frac{M_C}{M_Д}\right)^2 + \frac{J_M}{J_Д}} \tag{4}$$

2. Пускане на главния двигател

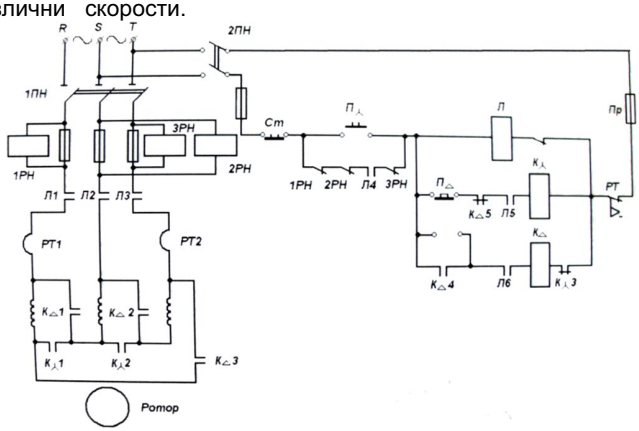
За осъществяване пускането на главния двигател на диамантената резачка се изисква извършването на най-елементарни операции. Схемата на фиг.2 показва начин за включване на асинхронния двигател. Командите за пускането и спирането му се подават от разстояние, като за целта бутоните за пускане и спиране се намират на желана дистанция .

За ограничаване на токовите удари в процеса на пускането се използва схема за автоматично превключване от “звезда” в “триъгълник”. Двигателят може да работи както при свързване на статорната намотка в “звезда”, така и в “триъгълник”. Пускането обаче може да стане само в определена последователност – първоначално статорната намотка се включва в “звезда”, а след това в “триъгълник”. Предвидени са съответните блокировки. Схемата осигурява нулева напреженова защита – блок контактите Л4 на контактора Л, минимално-напреженова защита и защита от работа на две фази /Н.З..контакти 1РН, 2РН, 3РН/ /фиг.2/ . Често пъти пусковият бутон се заменя с реле за време. Предвидена е също така напреженовотокова /стопяеми предпазители/ и топлинна защита / релета РТ1 и РТ2 / и защита от загуба на охлаждаща течност – чрез Н.З. контакт на релето Рохл във веригата на главния контактор. Изборът на защитна апаратура и сечението на захранващите кабели са посочени в [3] .

3. Управление на движението на количката.

Алгоритъм за управление на количката се съставя след следните разсъждения. Почти всички водещи фирми, производители на скалообработващи машинни, конструират и произвеждат такива с постоянна скорост на движение на диамантеното въже V и с нерегулируем електродвигател /Lochtmans , Pellegrini , Benetti , Rarelli ,Dazzini /.

В предлаганата от авторите модернизирана машина, промяната на скоростта на диамантеното въже за различни скални породи се извършва с редуктора, който гарантира 4 различни скорости.



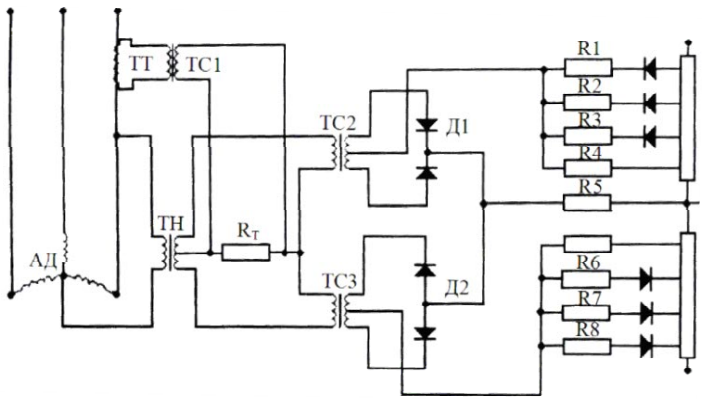
Фиг.2 Схема за автоматично превключване: “звезда” в “триъгълник”.

Най-съществените технологични параметри са силата на рязане F и линейната скорост на диамантеното въже V, които също от съображения за дълготрайност на използването му и оптималност на процеса на рязането се поддържат постоянни [1],[10]. По-горе коментирахме, че постоянната скорост на рязане се определя от нерегулируемия главен двигател .

Интерес представлява автоматичното поддържане на постоянната сила на рязане Fz .Известно е от [1] и [10], че:

$$Fz \,.V = P = const \qquad (5)$$

Това показва, че главният двигател задвижващ въжето трябва да работи в условията на поддържане на постоянна активна мощност. В литературата [13] е показана система от напреженов и токов трансформатор с две вторични намотки, от която система се получава сигнал съответстващ на активната мощност на главния двигател /фиг.3/.



Фиг.3 Схема за поддържане на постоянна активна мощност на задвижването

В тази схема сигналът, пропорционален на напрежението се снема от вторичната намотка с изведена средна точка на напреженовия трансформатор ТН, а сигнал, пропорционален на тока – чрез съгласуващия токов трансформатор ТС1 се подава на съпротивлението Rt. На изхода на фазочувствителните схеми, построени чрез трансформаторите ТС2 и ТС3 и полупроводниковите диоди Д1, Д2 действат напреженията :

$$u_1 = (k_1 \; u_н + u_m) \qquad (6)$$

$$u_2 = (k_1 \; u_н - u_m) \qquad (7)$$

Функционалните преобразуватели, изградени чрез диодни групи Д1 и Д2, съпротивления от 1R до 8R и нискочестотните делители на напрежение 1Rд и 2Rд притежават квадратични волтамперни характеристики, при което силата на токовете в рамената на схемата е

$$i_1 = k_1.u_1^2 \; ; \quad i_2=k_2.u_2^2 \qquad (8)$$

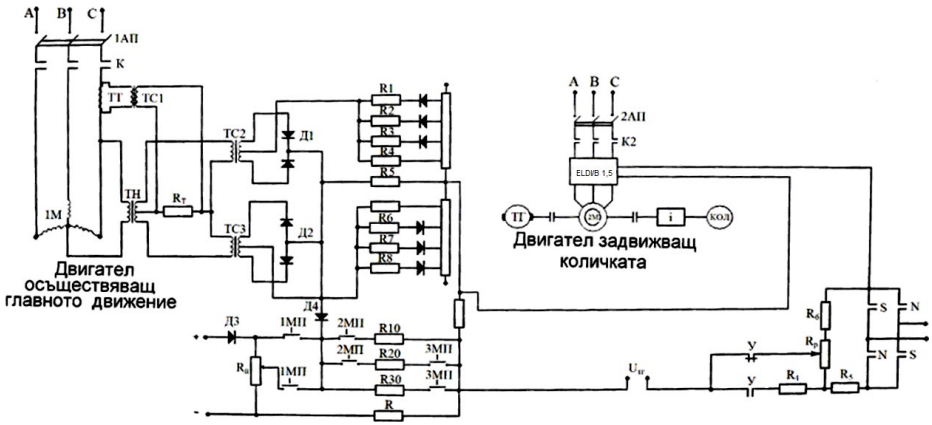
Силата на тока на изхода е:

$$i_{изх.}=i_1 - i_2=4 \; к_1 \; к_2 \; u_н \; u_m \cos \varphi \qquad (9)$$

от където

$$i_{изх.}=k_0 \; P_{а,дв} \qquad (10)$$

Грешката на изходния сигнал е по-малка от 2%. Цялата система за задвижване на машината/главен двигател, двигател за задвижване на количката и система за управление/ има видът показан на фиг. 4:



Фиг.4 Схема за управление на главния двигател и двигателя на количката

Оптималната работа на главния двигател и двигателя на количката се гарантира чрез използване на непрекъсната система за съвместно управление на двата двигателя [2].

Скоростта на количката се регулира с комлектен преобразувател на честота ELBI/B1.5-производство на “ЕЛЕКТРОИНВЕНТ”-гр.София. Главното електрозадвижване е с асинхронен електродвигател. Използва се способ за поддържане постоянна активна мощост чрез управление на величината на подаването т.е. скоростта на количката. Измерването на мощността на главното електрозадвижване /1М/ се извършва със статически датчик на мощността /фиг.3/. Той е свързан по схема за точно умножаване на два сигнала. Напрежението за сравнение се снема съпротивленията R10 - R30 в зависимост от състоянието на контактите на микропевключвателите 1МП – 3МП, свързани с устройствата за превключване на скоростите за въртене на главния двигател. С помощта на тези микропревключватели се получават шест зададени стойности на сравняващите напрежения, съответстващи на шест линейни скорости на диамантеното въже. Когато напрежението на измервателната система стане по-голямо от сравняващото напрежение се отпушва диодът Д4 и през съпротивлението на контура за задание на задвижването ELBI/B1.5. започва да протича ток от датчика за активна мощност. При това скоростта на въртене на електродвигателя задвижващ електроколичката /2М/ започва да намалява. Точността на поддържане на постоянна мощност на главното електрозадвижване за описаната схема е 4 % в основния работен диапазон .

На фиг.4 главния двигател 1М е свързан в “звезда”, а когато се превключва от “звезда” в “триъгълник” или се работи с шест скорости напреженовия трансформатор ТН се включва между една фаза и изкуствена звездна точка.

При началните стойности на подаването мощността на двигателя 1М в началото нараства, а скоростта на подаването е постоянна и съответства на максимално допустимата по условието за устойчива работа на диамантеното въже. След като мощността на рязането превиши зададената стойност, влиза в действие отрицателната обратна връзка по мощност, скоростта на подаването започва да намалява, а токът в котвата и мощността на рязането се поддържат постоянни .

За повишаване на точността на поддържане на Ра и бързодействието, системата на управление на 2М се изпълнява с подчинени контури [6]. Във външния контур, определящ скоростта на подаването на количката, се въвежда сигналът от

тахогенератора, а във вътрешния контур сигналът по Ра. Регулаторите по скорост и по мощност Ра са със ПИ закон на регулиране.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.Диамантените резачки придобиват все по-широко разпространение при добиването на скални материали благодарение своите предимства : висока производителност; безшумна работа; малка металопоглъщаемост; големи размери на осъществяваните разрези; относително малки капиталовложения; малки разходи при рязане; лесна употреба и транспортиране; получаване на блокове с гладки стени.

2.Въвеждането на система за съвместно автоматично регулиране на главния двигател и движението на количката гарантира оптимално натоварване на главния електродвигател.

3.Изразходването на диамантените компоненти е минимално, в резултат на равномерното, постоянно по сила опъване на диамантеното въже.

4.Планетарният редуктор с оптимално предавателно отношение повишава технологичните възможности и подобрява енергетичните показатели на машината.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бакърджиев, Д., Св.Джуров, Т.Йонков Автоматизация на производствените агрегати; ТУ – С ,1990.

[2]. Бакърджиев, Д., Хр. Бакърджиев, М. Дочев, Ст. Стойчев, Автоматизация на машина за добив на скални блокове, Proceedings of National scientific and technical conference of automation with international participation, Bulicamc – 06. S. 99 – 102.

[3]. Василев,Н.,С.Сидеров Ръководство по проектиране на електроснабдителни системи на промишлени предприятия “Техника” , С. 1988.

[4]. Гейлер, Л., Основы электропривода , “Вы школа”, Минск 1972.

[5]. Мелкозеров, П., “Энергический расчет систем автоматического управления и следящих систем, “Эхергия”, Москва 1968.

[6]. Михов, М. Управление на електромеханични системи ТУ-С.1999.

[7]. Мърхов, Н., Св.Токмакчиев. Машини за обработка на скалнооблицовъчни материали . “Техника” , С. 1988.

[8]. Първанов,П., В.Кочевски, И.Димитров, Х.Грозев, ИНРА, Авторско свидетелство, Рег.№BG 48295 “Планетен редуктор за ръчни пробивни машини”.

[9]. Публикации в Интернет и каталожни материали на компаниите Pellegrini, Benetti , Lochtmans , Larsanti , Ravelli ,Dazzini , Diadex.

[10]. Сандлер,А. Электропривод и автоматизация маталорежущих станков М, 1972.

[11]. Цветков, М., К. Грозева Технология на обработка на гранитни материали за единични дебелостенни изделия Годишник на МГУ , Том 44-45 С , 2002.

[12]. Шабатов,Й.,Системи и технологии за обработка на мрамор “Техника”С. 1977.

[13]. Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов металло обработки Киев 1984.

[14]. Onargan J. Marble Technology Izmir 2004.

[15]. Smith, M. K.Wilson.Machining of Natural and Stone Materials ,Tech Publikations 2003.

[16]. U.S.Department of Energy – Office of Science and Tehnology.Liquid Nitrogen – Cooled Diamond – Wire Concerete Cutting 1998.

За контакти:Доц.д-р Д.Х.Бакърджиев,ТУ-София,0878947537

Докладът е рецензиран.