

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА ЕЛЕКТРОПРИВІД
(СПЕЦ. РОЗДІЛИ)**

Методичні вказівки

та завдання до виконання розрахунково-
графічної роботи для студентів спеціальності
8.092501 “Автоматизоване управління
технологічними процесами і виробництвами”

Київ 2004

ББК 31.261.3

Е50

Укладач Г.М. Голенков, канд. техн. наук, доцент

Рецензент В.М. Скіданов, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск Є. П. Григоровський, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри електротехніки та
електропривід у, протокол № 10 від 12 січня 2004 р.*

Електричні машини та електропривід (спец. розділи): Методичні вказівки та
Е50 завдання до виконання розрахунково-графічної роботи /Уклад.
Г.М. Голенков. – К.: КНУБА, 2004. – 24 с.

Розглянуто основні методи розрахунку автоматизованого
електропривід у молота багатофункціонального призначення в будівництві.

Призначено для студентів спеціальності 8.092501 “Автоматизоване
управління технологічними процесами і виробництвами” з метою
використання студентами під час розрахунку та розробки функціональної
схеми управління автоматизованим електропривід ом молота
багатофункціонального призначення та закріплення теоретичного курсу.

Загальні положення

Метою виконання студентами індивідуального завдання згідно з нормами робочої навчальної програми з курсу "Електричні машини та електропривід" (спец. розділи) під назвою " Автоматизований електропривід молота багатофункціонального призначення" є одним з елементів підготовки висококваліфікованих спеціалістів для будівельної галузі народного господарства з глибокими знаннями з питань автоматизації будівництва, теорії й практики застосування спеціальних електричних машин, зокрема, лінійних асинхронних електродвигунів (ЛАД) та електропривід у в сучасних технологіях. При цьому студенти повинні осмислити та вивчити теоретичні питання, опрацювати наукову літературу та експеримент із використанням обчислювальної техніки.

Розрахунково-графічна робота з теми (назва теми згідно варіанта та його рисунку) : "Автоматизований електропривід молоту..."

Короткий зміст роботи

1. Розрахунок тягової характеристики лінійного асинхронного електродвигуна;
2. Розрахунок перехідних процесів ЛАД графоаналітичним методом;
3. Розрахунок місця розташування датчиків контролю положення бігуна молота;
4. Розробка алгоритму управління електромагнітним молотом багатофункціонального призначення.
5. Розробка функціональної схеми управління електромагнітним молотом багатофункціонального призначення.

Інші питання щодо виконання індивідуального завдання

1. Термін початку роботи - 5 тиждень;
2. Термін закінчення роботи - 18 тиждень;
3. Обсяг завдання - 15...17 с. формату А4;
4. Орієнтовна трудомісткість - 10...14 год.;
5. Студенти виконують роботу відповідно до варіанта (див. таблицю) згідно двом останнім цифрам залікової книжки;
6. Рисунки механізмів додаються відповідно до варіанта (табл. 1):
(1..6; 37..43 - рис.1); (7..13; 44..50 - рис.2); (14..21; 51..57 - рис.3);
(22..27; 57..63 - рис.4); (28..32; 63..69 - рис.5); (33..36; 70..75 - рис.6);
7. При виконанні роботи для усіх варіантів : напруга $U=220$ В; частота мережі $f=50$ Гц;
8. Розрахунок робіт і креслення виконують відповідно до Держстандарту.

Варіанти до розрахунку лінійного асинхронного електродвигуна

№ вар	Параметри лінійного асинхронного двигуна									
	$V, м/с$	N	P	$R_1, Ом$	$R'_2, Ом$	$R_\mu, Ом$	$X_1, Ом$	$X'_2, Ом$	$X_\mu, Ом$	$H, м$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	6.6	2	6	0.105	0.403	3.023	0.411	1.381	0.835	1.5
2	6.5	2	6	0.106	0.404	3.033	0.412	1.382	0.836	1.4
3	6.4	2	6	0.107	0.405	3.034	0.413	1.383	0.837	1.3
4	6.3	2	6	0.108	0.406	3.035	0.414	1.384	0.838	1.2
5	6.2	2	6	0.109	0.407	3.036	0.415	1.385	0.839	1.1
6	6.0	3	5	0.110	0.408	3.037	0.416	1.386	0.840	1.3
7	6.7	3	5	0.105	0.409	3.038	0.417	1.387	0.839	1.4
8	6.8	3	5	0.106	0.410	3.039	0.418	1.388	0.838	1.3
9	6.9	4	4	0.107	0.411	3.040	0.419	1.389	0.837	1.3
10	7.0	3	4	0.108	0.412	3.031	0.420	1.390	0.836	1.5
11	6.6	2	4	0.109	0.413	3.030	0.410	1.389	0.835	1.4
12	6.5	2	4	0.110	0.414	3.029	0.409	1.388	0.834	1.3
13	6.4	2	3	0.105	0.415	3.028	0.408	1.387	0.833	1.5
14	6.3	2	3	0.106	0.403	3.027	0.407	1.386	0.832	1.3
15	6.2	4	3	0.107	0.404	3.026	0.406	1.385	0.831	1.4
16	6.1	4	3	0.108	0.405	3.027	0.407	1.384	0.830	1.4
17	6.6	4	4	0.109	0.406	3.028	0.404	1.383	0.829	1.5
18	6.7	4	4	0.150	0.407	3.025	0.403	1.382	0.828	1.3
19	6.8	4	4	0.106	0.408	3.024	0.404	1.381	0.827	1.4
20	6.9	3	4	0.107	0.409	3.025	0.405	1.380	0.826	1.4
21	7.0	3	6	0.108	0.410	3.026	0.406	1.379	0.825	1.3
22	6.6	3	6	0.109	0.411	3.027	0.407	1.378	0.824	1.3
23	6.5	2	6	0.110	0.412	3.028	0.408	1.377	0.823	1.4
24	6.4	2	6	0.105	0.413	3.029	0.409	1.376	0.822	1.4
25	6.3	2	6	0.106	0.414	3.029	0.410	1.375	0.821	1.3
26	6.2	3	4	0.107	0.415	3.030	0.411	1.372	0.820	1.4
27	6.1	3	4	0.110	0.416	3.029	0.407	1.376	0.823	1.5
28	6.3	2	6	0.109	0.415	3.020	0.410	1.375	0.821	1.3
29	6.2	3	5	0.107	0.416	3.030	0.411	1.372	0.820	1.4
30	6.1	3	4	0.118	0.416	3.020	0.407	1.376	0.820	1.5
31	7.0	3	6	0.108	0.422	3.026	0.406	1.379	0.825	1.0
32	6.6	3	6	0.109	0.423	3.027	0.407	1.378	0.824	1.1
33	6.5	2	6	0.110	0.424	3.028	0.408	1.377	0.823	1.2
34	6.4	2	6	0.105	0.425	3.029	0.409	1.376	0.822	0.9
35	6.3	2	6	0.106	0.426	3.029	0.410	1.375	0.821	1.3
36	6.2	3	4	0.107	0.427	3.030	0.411	1.372	0.820	1.0
37	6.1	3	4	0.110	0.428	3.029	0.407	1.376	0.823	0.9
№ вар	$V, м/с$	N	P	$R_1, Ом$	$R'_2, Ом$	$R_\mu, Ом$	$X_1, Ом$	$X'_2, Ом$	$X_\mu, Ом$	$H, м$

Закінчення табл. 1

№ вар	Параметри лінійного асинхронного двигуна									
	$V, \text{м/с}$	N	P	$R_1, \text{Ом}$	$R_2', \text{Ом}$	$R_\mu, \text{Ом}$	$X_1, \text{Ом}$	$X_2', \text{Ом}$	$X_\mu, \text{Ом}$	$H, \text{м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38	6.6	2	6	0.101	0.403	3.023	0.412	1.381	0.835	1.5
39	6.5	2	6	0.106	0.404	3.033	0.412	1.382	0.836	1.4
40	6.4	2	6	0.107	0.401	3.034	0.413	1.383	0.832	1.3
41	6.3	2	6	0.102	0.406	3.031	0.414	1.384	0.838	1.2
42	6.2	2	6	0.109	0.407	3.036	0.411	1.385	0.833	1.1
43	6.0	3	5	0.110	0.402	3.037	0.416	1.381	0.840	1.3
44	6.7	3	5	0.103	0.409	3.038	0.417	1.387	0.831	1.4
45	6.8	3	5	0.106	0.413	3.032	0.418	1.388	0.838	1.3
46	6.9	4	4	0.107	0.411	3.043	0.419	1.382	0.837	1.3
47	7.0	3	4	0.108	0.422	3.034	0.420	1.390	0.832	1.5
48	6.6	2	4	0.109	0.413	3.030	0.410	1.389	0.835	1.4
49	6.5	2	4	0.110	0.414	3.029	0.409	1.383	0.834	1.3
50	6.4	2	3	0.107	0.415	3.023	0.408	1.382	0.833	1.5
51	6.3	4	3	0.106	0.403	3.027	0.409	1.386	0.833	1.3
52	6.2	4	3	0.117	0.407	3.036	0.407	1.385	0.831	1.4
53	6.1	4	3	0.108	0.405	3.027	0.407	1.382	0.830	1.4
54	6.6	4	4	0.109	0.406	3.028	0.404	1.383	0.822	1.5
55	6.7	4	4	0.105	0.407	3.025	0.403	1.392	0.828	1.3
56	6.8	4	4	0.109	0.408	3.034	0.404	1.381	0.827	1.4
57	6.9	3	4	0.107	0.409	3.025	0.405	1.380	0.836	1.4
58	7.0	3	6	0.108	0.412	3.026	0.416	1.379	0.825	1.3
59	6.6	3	6	0.109	0.411	3.027	0.407	1.393	0.824	1.3
60	6.5	2	6	0.090	0.422	3.028	0.408	1.377	0.833	1.4
61	6.4	2	6	0.095	0.413	3.029	0.400	1.376	0.822	1.4
62	6.3	2	6	0.106	0.424	3.039	0.410	1.395	0.821	1.3
63	6.2	3	4	0.107	0.418	3.030	0.411	1.372	0.830	1.4
64	6.1	3	4	0.120	0.416	3.029	0.417	1.396	0.823	1.5
65	6.6	3	6	0.109	0.421	3.027	0.417	1.370	0.834	1.3
66	6.5	2	6	0.110	0.412	3.038	0.408	1.397	0.824	1.4
67	6.5	2	6	0.111	0.404	3.033	0.412	1.382	0.836	1.4
68	6.4	2	6	0.112	0.401	3.034	0.413	1.383	0.832	1.2
69	6.3	2	6	0.113	0.406	3.031	0.414	1.384	0.838	1.0
70	6.2	2	6	0.114	0.407	3.036	0.411	1.385	0.833	1.0
71	6.0	3	5	0.115	0.402	3.037	0.416	1.381	0.840	1.1
72	6.7	3	5	0.116	0.409	3.038	0.417	1.387	0.831	1.2
73	6.8	3	5	0.117	0.413	3.032	0.418	1.388	0.838	1.1
74	6.1	4	3	0.101	0.405	3.027	0.407	1.377	0.830	1.4
75	6.4	2	6	0.118	0.423	3.029	0.409	1.376	0.832	1.0
№ вар	$V, \text{м/с}$	N	P	$R_1, \text{Ом}$	$R_2', \text{Ом}$	$R_\mu, \text{Ом}$	$X_1, \text{Ом}$	$X_2', \text{Ом}$	$X_\mu, \text{Ом}$	$H, \text{м}$

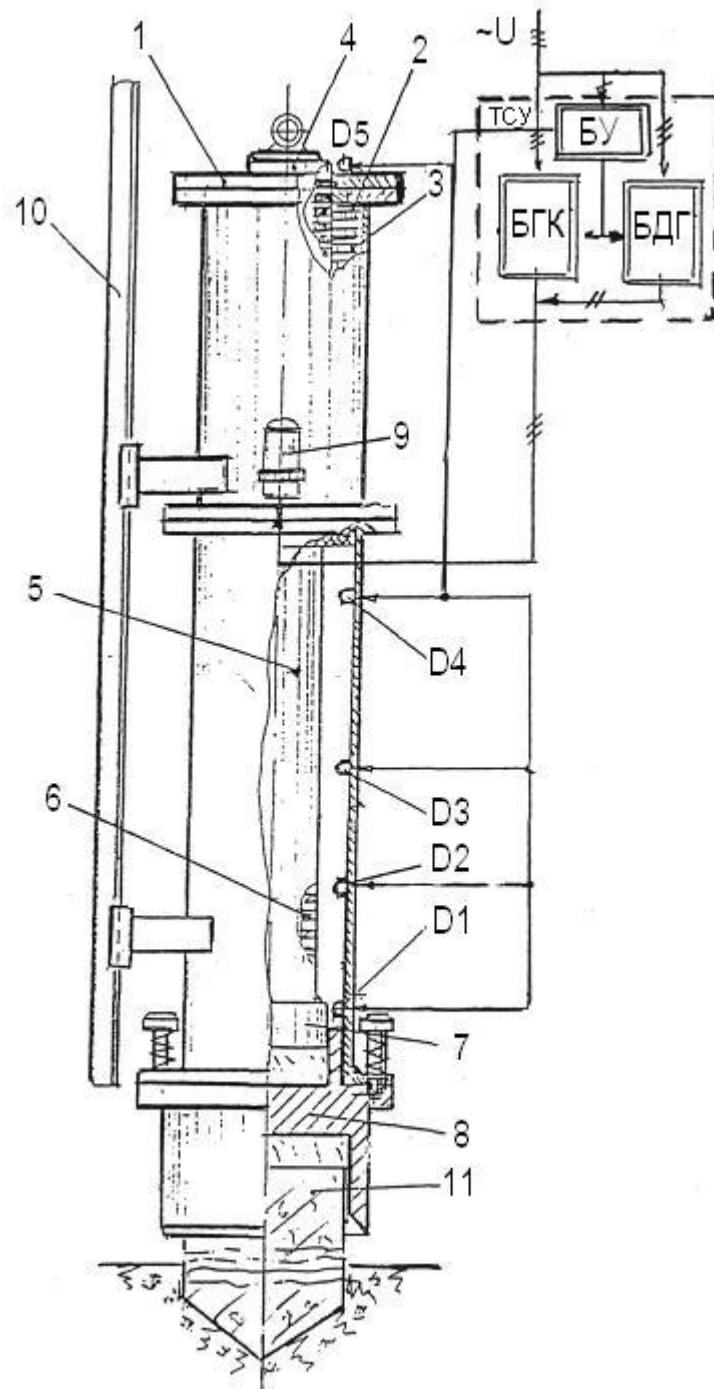


Рис.1. Молот електромагнітний для занурення паль:

1 – корпус молота; 2 – статор ЛАД; 3 – обмотка статора ЛАД; 4 – бігун (ударник); 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце) бігуна; 7 – п'ята бігуна (ударника); 8 – наголовник (ковадло); 9 – кабельний ввід; 10 – направляюча; 11 – паля; D1-D5 – датчики положення; ТСУ – тиристорна станція управління; БУ – блок управління; БГК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

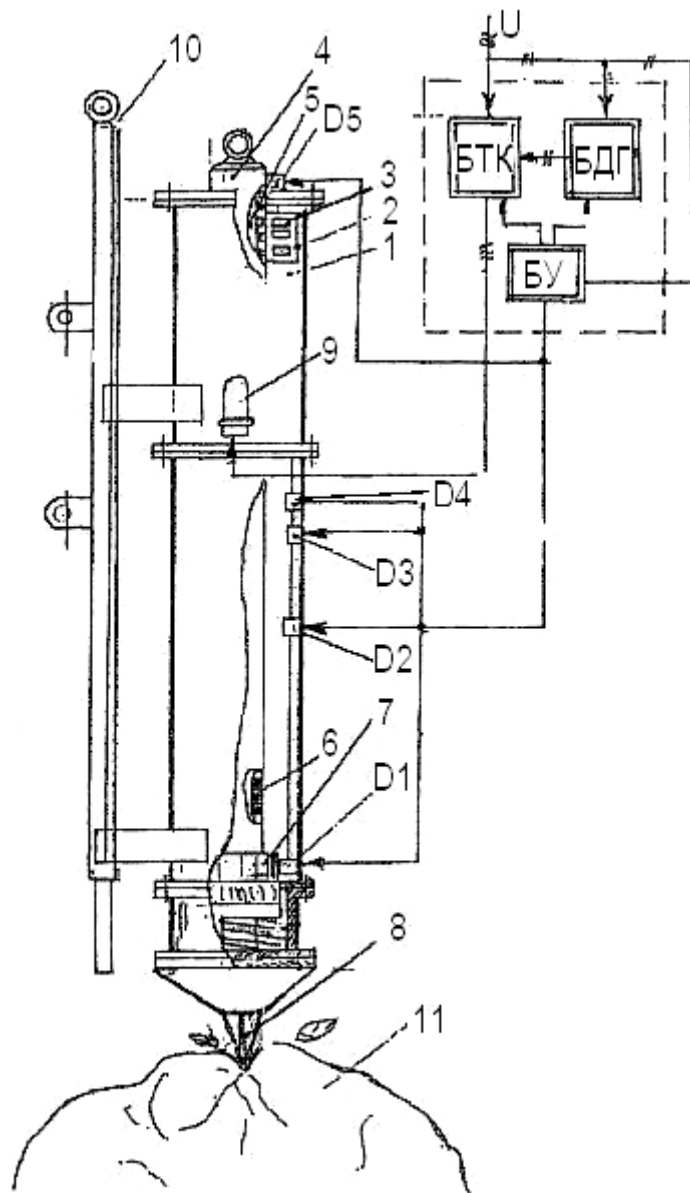


Рис.2. Молот електромагнітний для руйнування негабаритного матеріалу:
 1 – корпус молота; 2 – статор ЛАД; 3 – обмотка статора ЛАД; 4 – бігун (ударник);
 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце) бігуна; 7 – п'ята бігуна (ударника);
 8 – робочий інструмент; 9 – кабельний ввід; 10 – направляюча;
 11 – негабаритний матеріал; D1-D5 – датчики положення; БУ – блок управління;
 БТК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

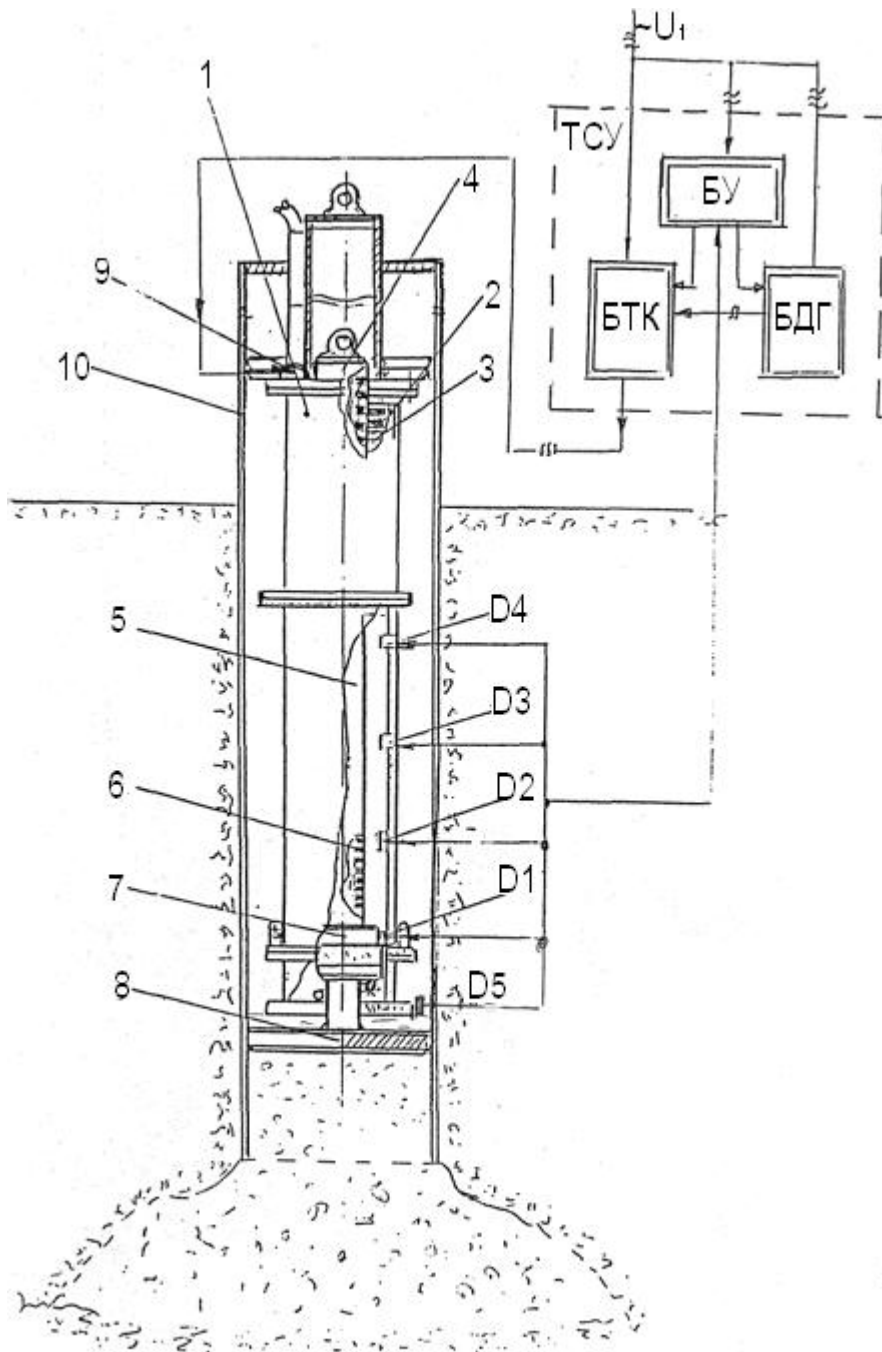


Рис.3. Молот електромагнітний для ущільнення п'яти буронабивної палі:

1 – корпус молота; 2 – статор; 3 – обмотка статора; 4 – бігун (ударник); 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце) бігуна; 7 – п'ята бігуна (ударника); 8 – ущільнювач; 9 – кабельний ввід; 10 – дзвін; D1-D4 – датчики положення; D5 – датчик рівня; ТСУ – тиристорна станція управління; БУ – блок управління; БТК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

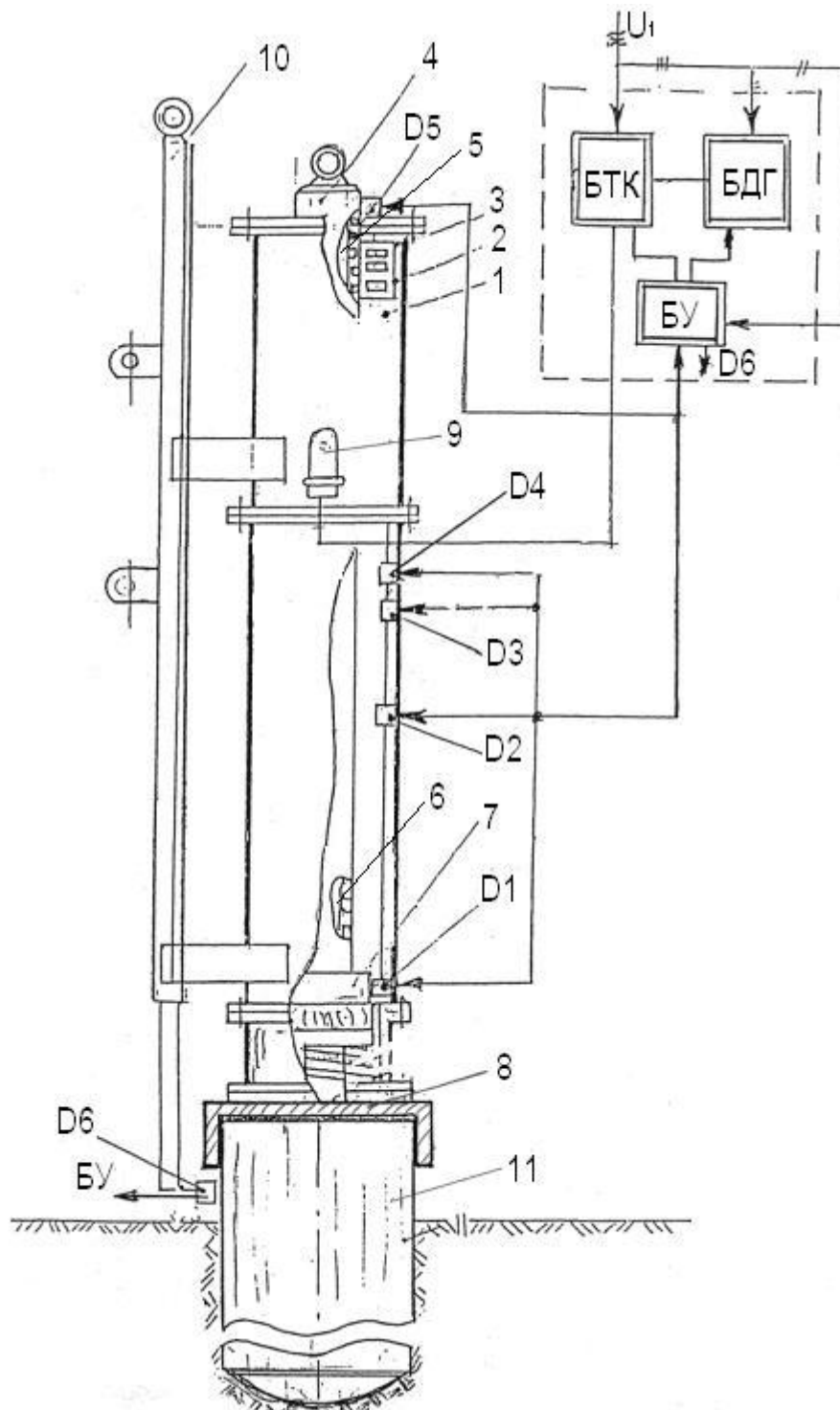


Рис.4. Молот для занурення металевої труби:

1 – корпус молота; 2 – статор ЛАД; 3 – обмотка статора ЛАД; 4 – бігун (ударник); 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце) бігуна; 7 – п'ята бігуна (ударника); 8 – наголовник; 9 – кабельний ввід; 10 – направляюча; 11 – труба; D1-D5 – датчики положення; D6 – датчик обмеження; БУ – блок управління; БТК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

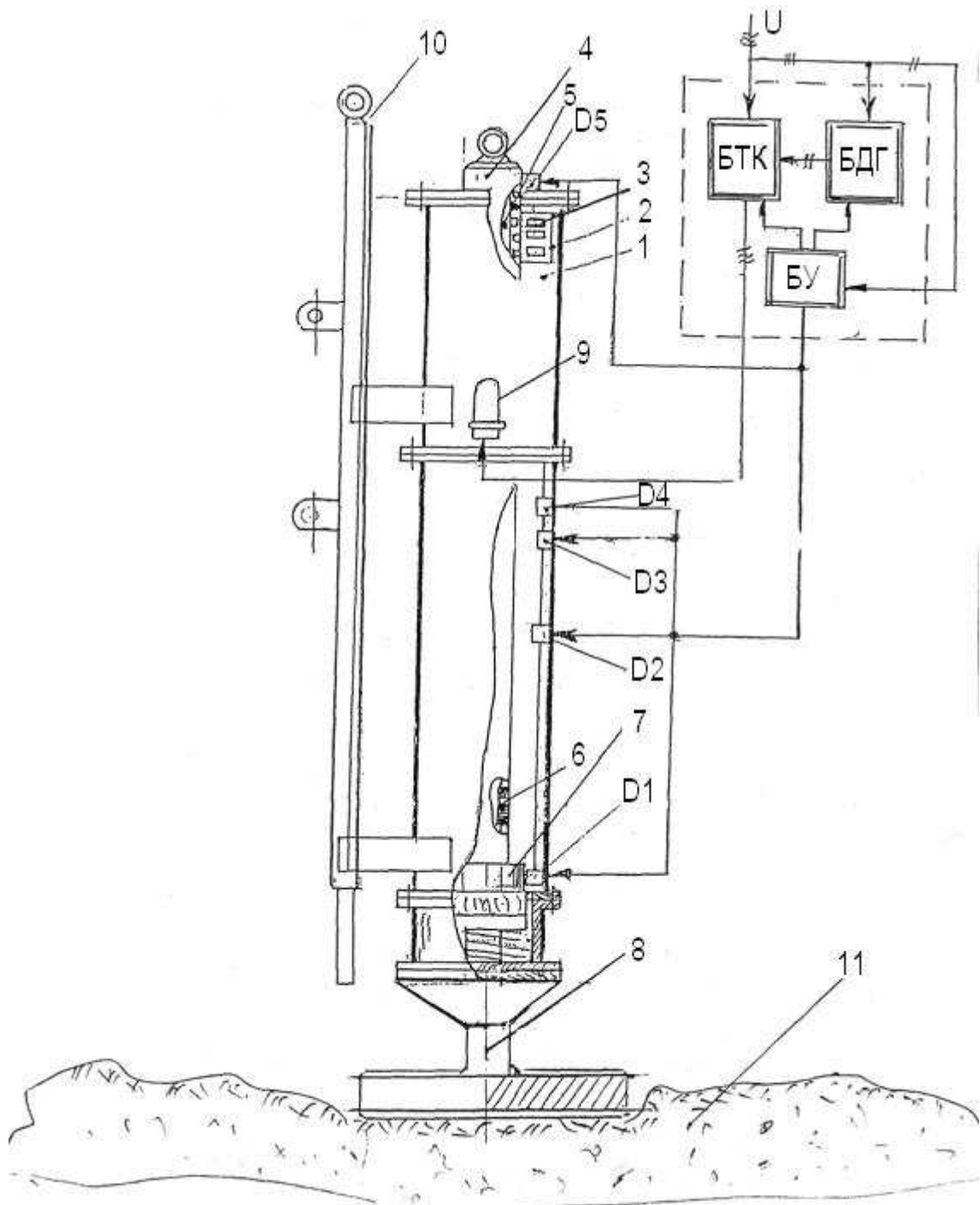


Рис.5. Молот електромагнітний для ущільнення ґрунтів:

1 – корпус молота; 2 – статор ЛАД; 3 – обмотка статора; 4 – бігун (ударник); 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце); 7 – п'ята ударника (бігуна); 8 – ковадло (ущільнювач); 9 – кабельний ввід; 10 – направляюча; 11 – ґрунт; D1-D5 – датчики положення; БУ – блок управління; БТК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

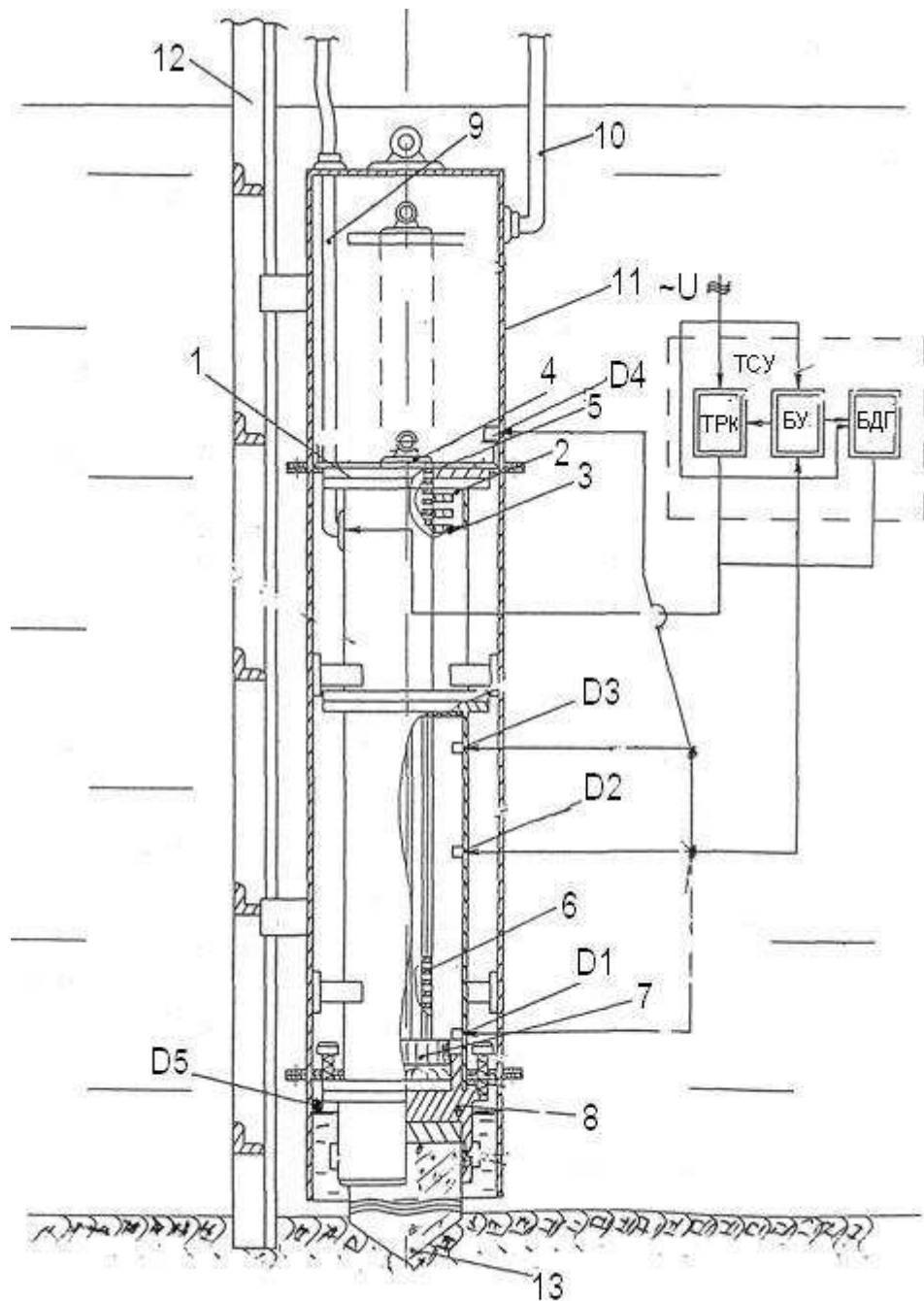


Рис.6. Молот електромагнітний для занурення палі під водою:

1 – корпус молота; 2 – статор ЛАД; 3 – обмотка статора; 4 – бігун (ударник); 5 – сердечник бігуна; 6 – обмотка (кільце); 7 – п'ята ударника (бігуна); 8 – наголовник; 9 – кабельний ввід; 10 – трубопровід для нагнітання повітря; 11 – дзвінок; 12 – направляюча; 13 – паля; D1-D4 – давачі положення; D5 – давач рівня; БУ – блок управління; БТК – безконтактний тиристорний комутатор; БДГ – блок динамічного гальмування

Математичне моделювання перехідних процесів роботи лінійного асинхронного електродвигуна

Вступ

Існуючі будівельні машини та обладнання, такі як: пристрої для забивання паль, руйнування негабаритного матеріалу тощо (пристрої ударної дії), через недосконалість комунікації енергії (плин масла та палива по трубопроводах), вихід відпрацьованих газів в атмосферу, а також низького рівня автоматизації не дозволяють підвищити їх техніко-економічні показники [10; 11; 13 - 17].

Перспективним з точки зору покращення техніко-економічних показників цих машин є приводи виконавчих механізмів на основі лінійних асинхронних електродвигунів [3].

В роботах [4;5] та ін. проаналізовані електромагнітні процеси, що протікають у ЛАД, та систематизовані чисельні методи розрахунку основних тягових характеристик при різних режимах роботи з урахуванням "крайового ефекту".

Однак, були недостатньо змодельовані електромагнітні процеси, пов'язані із вмиканням та вимиканням привода ЛАД при роботі електромагнітного молота, наприклад, молота для забивання паль. Тобто не була змодельована оптимальна оцінка енергетичних параметрів, пов'язаних із перехідними електромагнітними процесами, які очевидні при роботі механізмів ударної дії [3], що ускладнює автоматизацію процесу роботи молота.

Отже, при виконанні розрахунково-графічної роботи студентам пропонується розрахувати тягову характеристику ЛАД, визначити перехідні процеси роботи молота, місця розташування датчиків контролю положення бігуна молоту та розробити алгоритм і функціональну схему управління молотом.

При виконанні індивідуального завдання студенти можуть використати літературу [1-18] та запропоновану нижче методику у вигляді математичної моделі, яка представлена у даній роботі.

1. Розрахунок тягової характеристики ЛАД

Електромагнітний молот містить індуктор коаксіально-лінійного двигуна з обмоткою та ударник бігуна. Через тиристорну станцію управління на обмотку індуктора подається напруга змінного струму і виникає магнітне поле, що біжить, яке при взаємодії з індукційним струмом вторинного контуру бігуна викликає тягове зусилля, що впливає на дію бігуна ударника.

Більш детально представлення молота зображене на рис.1. Датчики D1-D4 дозволяють за заданою програмою вмикати та вимикати ЛАД, фіксуючи при цьому місце розташування бігуна та використання його у якості ударника, який міг би розвинути максимальну енергію удару. З метою визначення місця оптимального розташування датчиків на шляху руху бігуна необхідно провести

дослідження, пов'язані з перехідними процесами роботи приводу ЛАД електромагнітного молота.

Для розрахунку математичної моделі роботи молота застосуємо графо-аналітичний метод [7].

Складається диференціальне рівняння руху бігуна ЛАД молоту, наприклад, для забивання паль (його параметри взяті з варіантів завдань):

$$F_{em(s)} \pm F_c = m \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

де $F_{em(s)}$ – електромагнітне тягове зусилля ЛАД, Н;

$F_c = F_{em(s)} / 1,3$ – сила опору (номінальне зусилля), Н;

$m = F_{c(H)} / g$ – маса бігуна, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

Електромагнітне тягове зусилля обчислюється за формулою :

$$F_{em} = \frac{Nm_1 U_1^2 R_2' / s}{V_1 ((R_1 + R_2' / s + \xi R_\mu)^2 + (X_1 + X_2' + \xi X_\mu)^2)} + \frac{N \xi m_1 U_1^2 (R_2' / s + R_1 / (2s - 1))}{V_1 ((R_1 + R_2' / s + R_1 / (2s - 1))^2 + (X_1 + X_2')^2)} \quad (2)$$

де m_1 – число фаз;

U_1 – напруга живлення, В;

V_1 – швидкість магнітного поля статора, що біжить, м/с;

f – частота мережі, Гц;

R_1, X_1 – активний та індуктивний опори обмоток індуктора (статора), Ом;

R_2', X_2' – зведені активний та індуктивний опори обмоток бігуна до обмоток індуктора, Ом;

R_μ, X_μ – активний та індуктивний опори контуру намагнічування, Ом;

$\xi = \frac{1}{2p}$ – коефіцієнт несиметричності струмів вторинного контуру,

де p – число пар полюсів;

$s = \frac{V_1 - V}{V_1}$ – ковзання, де V – швидкість бігуна, м/с;

N – кількість паралельно ввімкнених двигунів.

За формулою (2) робиться розрахунок характеристики при зміні ковзання s від 1 до -0,05 і будується тягова характеристика $F = f(V)$ (рис.7).

2. Розрахунок перехідних процесів роботи ЛАД графо-аналітичним методом

Для визначення часу перехідного процесу проведемо деякі перетворення у рівнянні (1):

$$F_{em(s)} \pm F_c = m[\underline{a}(s) \pm g], \quad (3)$$

де $\underline{a}(s)$ – прискорення, що створюється електромагнітним полем, м/с².

Скоротимо ліву та праву частини рівняння на m . Замінімо вираз $[\underline{a}(s) \pm g]$ на a .

$$a = [F_{em(s)} \pm F_c] / m, \quad (4)$$

або

$$a = \frac{dV}{dt}. \quad (5)$$

Перетворимо вираз (5): $adt = dV$, $dt = a^{-1}dV$.

Проінтегрувавши ліву і праву частини попереднього виразу, отримаємо :

$$\int_0^{t_n} dt = \int_0^{V_n} a^{-1} dV. \quad (6)$$

Остаточно:

$$t_n = a^{-1} \int_0^{V_n} dV, \quad (7)$$

де t_n – час перехідного процесу, с. V_n – номінальна швидкість бігуна, м/с.

Отриманий інтеграл незручний для подальших розрахунків, тому запишемо його у вигляді суми:

$$t = a^{-1} \int_0^{V_y} dV = \sum_{i=1}^n \Delta t_i; \quad (8)$$

$$\Delta t_i = \frac{(a_i^{-1} + a_{i-1}^{-1}) V_{\max}}{2n}, \quad (9)$$

де n – число відрізків, на які розбивається інтервал побудови.

Для наближеного обчислення значення цього інтегралу застосуємо метод трапецій [7].

Наступним етапом буде розрахунок руху бігуна вгору (рис.8):

$$[F_{em}(V) - F_c] = f(V) \quad (10)$$

і за формулою для оберненого прискорення (с²/м):

$$a^{-1} = \frac{m}{F_{em}(s) - F_c}, \quad (11)$$

де $m = \frac{F_c}{g}$ – маса бігуна, кг.

Таким чином, розрахуємо рух бігуна вниз (рис.8) :

$$[F_{em}(V) + F_c] = f(V), \quad (12)$$

$$a^{-1} = \frac{m}{F_{em}(s) + F_c}. \quad (13)$$

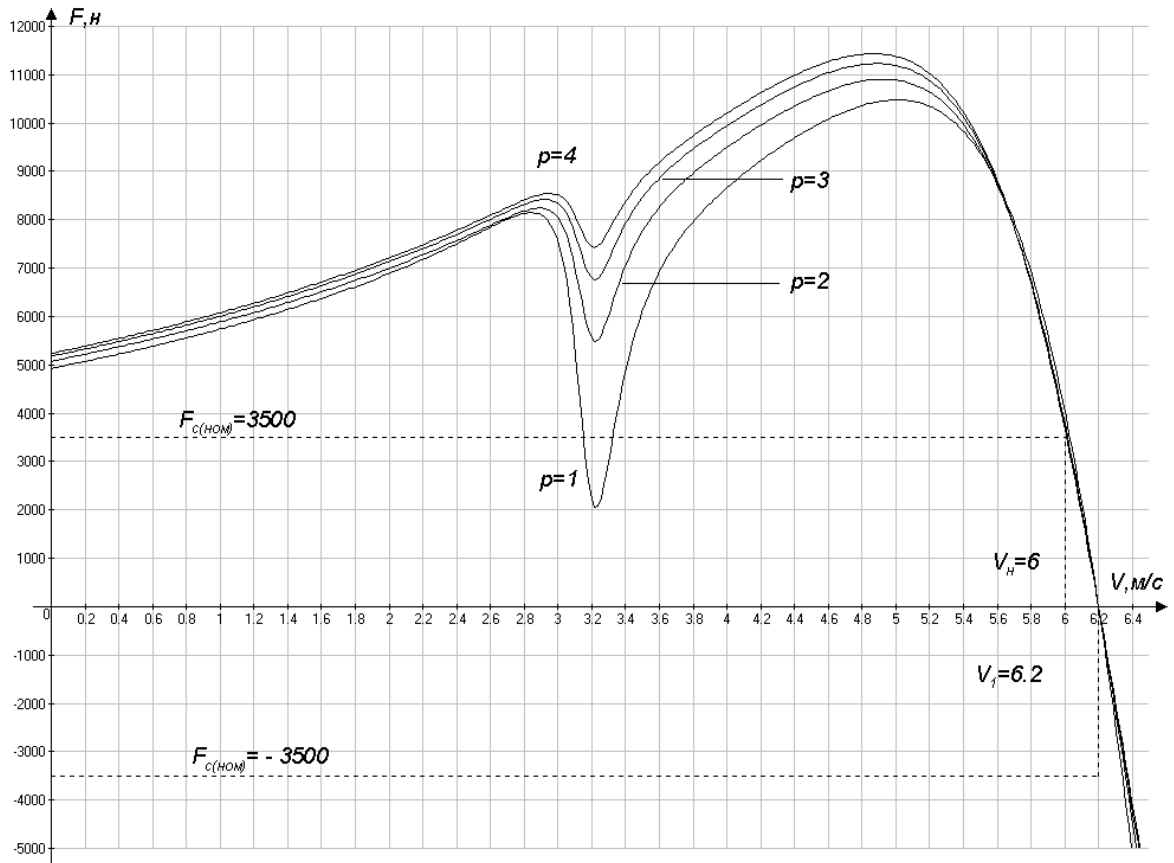


Рис.7 Типова тягова характеристика ЛД

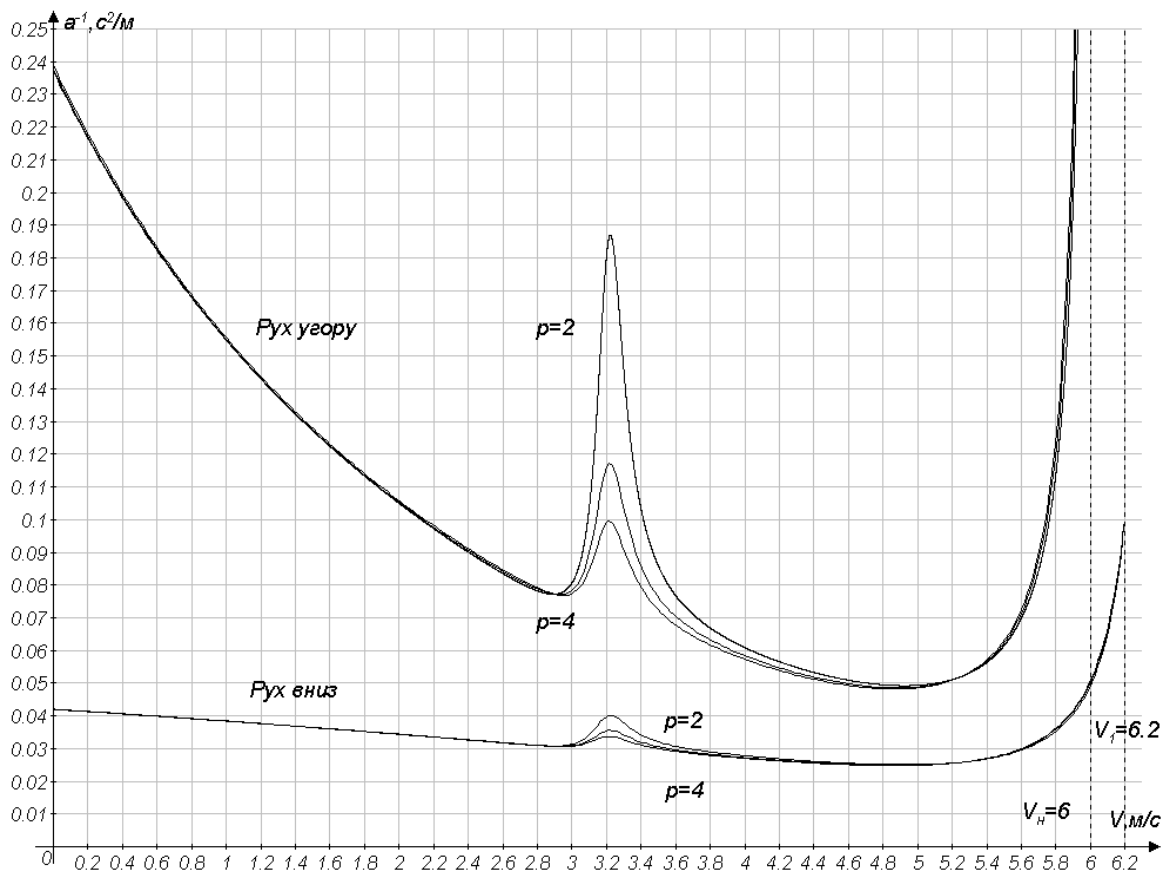


Рис.8 Залежність $a^{-1} = f(V)$

Графік залежності $V = f(t)$ (рис.9) , де t_i -поточний час, с, побудуємо за формулою:

$$t_i = \frac{a_i^{-1} + a_{i-1}^{-1}}{2} \cdot \frac{V}{n} + t_{i-1}, \quad (14)$$

де n – кількість частин, на яку розбивається ділянка побудови; V_{\max} – значення швидкості бігуна, $V = (1 - s)V_1$.

Графік залежності $H = f(V, t)$ (рис 10,11). побудуємо за формулою:

$$H_i = \frac{(V_i + V_{i-1})}{2} \Delta t_i + H_{i-1}, \quad (15)$$

де $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ – елементарний час, с; H_i – висота підймання бігуна, м.

3. Розрахунок місця розташування датчиків контролю положення бігуна (ударника) молоту

Нехай бігун починає вільно падати зі стану спокою без початкової швидкості з прискоренням g (рис.11,б). Позначимо початкову висоту ударника над наголовником (ковадлом) через h , час його падіння з цієї висоти до ковадла - через t і швидкість, досягнуту ударником у момент падіння на ковадло – через v . Тоді згідно з формулами:

$$W_k = \frac{mV^2}{2}, \quad (16)$$

де W_k – кінетична енергія, Дж;

$$W_n = mgh, \quad (17)$$

де W_n – потенціальна енергія, Дж.

Ці величини будуть пов'язані такими співвідношеннями:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{V^2}{2g}; \quad (18)$$

$$t = \frac{V}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad (19)$$

$$V = gt = \sqrt{2gh}. \quad (20)$$

Розглянемо тепер рух бігуна, якому надана деяка початкова швидкість V_0 , направлена вертикально вгору (рис.11, в). У цій задачі зручно вважати додатним напрямком угору. Оскільки прискорення направлене вниз, то рух буде рівномірно-загальмованим з від'ємним прискоренням $-g$ і з додатною початковою швидкістю. Швидкість цього руху в момент часу t виразиться формулою:

$$V = V_0 - gt, \quad (21)$$

а висота підйому у цей момент над початковою точкою – формулою:

$$h = V_0t - \frac{1}{2}gt^2. \quad (22)$$

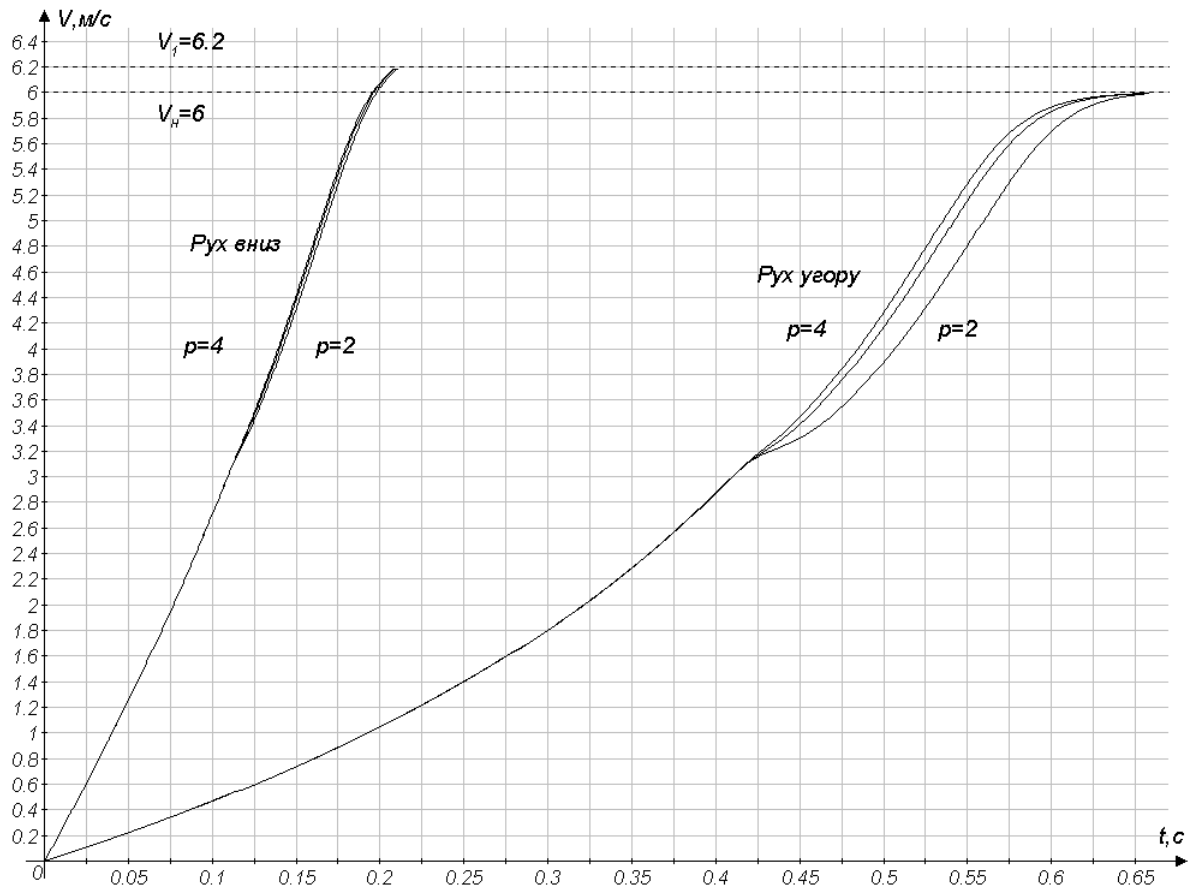


Рис.9. Залежність $V = f(t)$

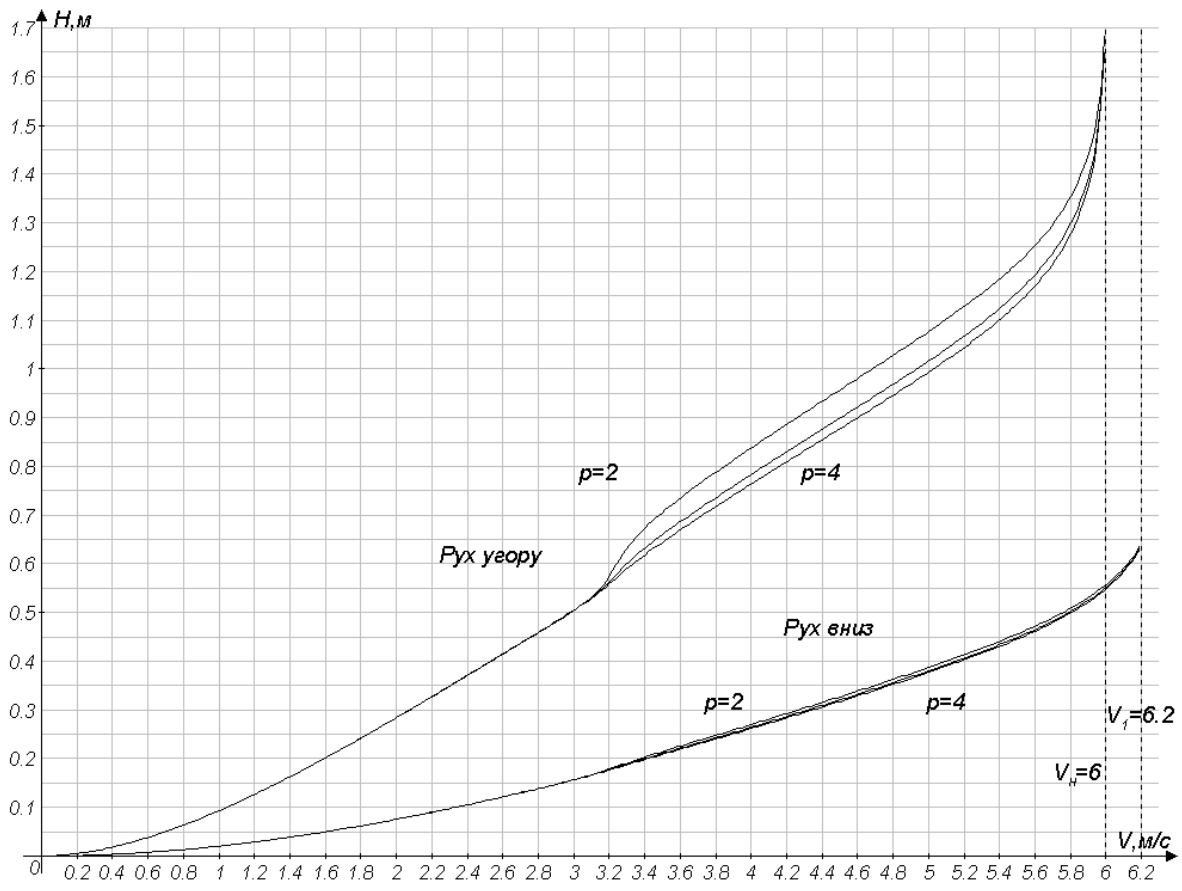


Рис.10. Залежність $H = f(V)$

Коли швидкість бігуна зменшиться до нуля, він досягне найвищої точки підйому. Це відбудеться у момент t_1 , для якого :

$$V_0 - gt_1 = 0. \quad (23)$$

Після цього моменту швидкість стане від'ємною і бігун почне падати вниз. Отже, час підйому бігуна :

$$t_1 = \frac{V_0}{g}. \quad (24)$$

Підставляючи у формулу (18) час підйому t_1 , знайдемо висоту найвищої точки підйому тіла :

$$h = \frac{V_0^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{g} = \frac{V_0^2}{2g}. \quad (25)$$

Подальший рух бігуна можна розглядати як падіння без початкової швидкості з висоти $h = \frac{V^2}{2g}$. Підставляючи цю висоту у формулу (20), знайдемо,

що швидкість V , якої бігун досягне у момент падіння на землю чи на ковадло, тобто повернувшись у точку, звідки він був підкинутий догори, буде дорівнювати початковій швидкості тіла V_0 (але, звичайно, швидкість буде направлена в інший бік - вниз).

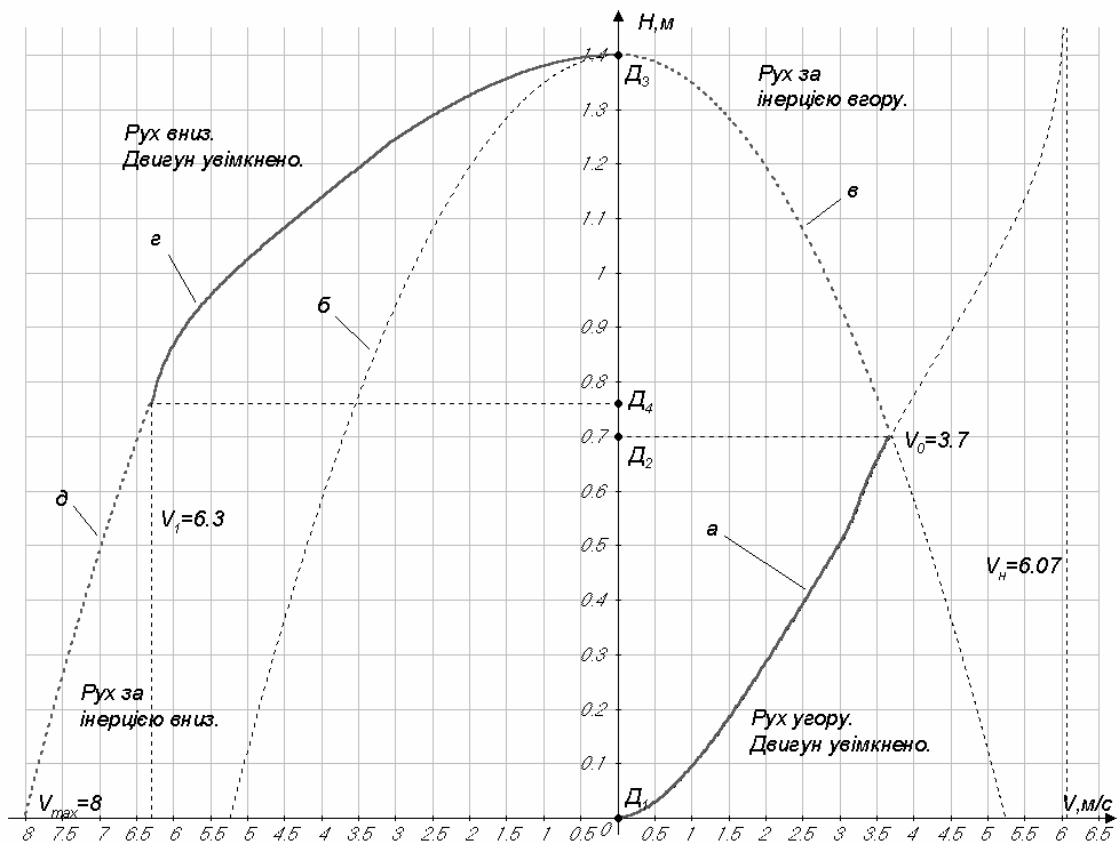


Рис.11. Залежність $H = f(V)$ руху ударника

Нарешті, із формули (19) робимо висновок, що час падіння бігуна з вищої точки дорівнює часу підняття бігуна у цю точку (рис.11), де:

а) з урахуванням впливу електромагнітного тягового зусилля, що його розвиває ЛАД при русі бігуна вгору;

б) без початкової швидкості зі стану спокою бігуна вниз;

в) із початковою швидкістю V_0 при русі бігуна угору;

г) з урахуванням впливу електромагнітного тягового зусилля, що його розвиває ЛАД при русі бігуна вниз;

д) з урахуванням початкової швидкості V_1 - рух бігуна вниз.

Таким чином (рис.11), датчик D_1 встановлюють на нульовій позначці, тобто коли бігун знаходиться у нижньому стані і п'ята стикається з ковадлом. Датчик D_2 встановлюють на перетині кривої руху бігуна вгору під дією електромагнітного тягового зусилля, що його розвиває ЛАД (крива "а") з кривою "в", за законом якої бігун падав вниз під дією сили тяжіння з прискоренням g . Датчик D_3 встановлюють на відмітці заданої висоти H . Датчик D_4 встановлюють на відмітці V_1 - швидкості поля ЛАД необхідно замінити на V_{\max} - максимальну швидкість бігуна у момент досягання ним ковадла, яка визначається з формули :

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2W_{\max}}{m}}, \quad (26)$$

де W_{\max} - максимальна енергія, яка визначається за формулою:

$$W_{\max} = W_1 + W_{\Delta H}, \quad (27)$$

де $W_1 = \frac{mV_1^2}{2}$ - кінетична енергія, яку може розвинути молот під дією електромагнітної сили;

$W_{\Delta H} = mg\Delta H_i$ - потенціальна енергія, яку може розвинути молот на висоті ΔH_i після проходження бігуном датчика D_4 при русі його вниз.

4. Розробка алгоритму управління електромагнітним молотом

Розробка алгоритму управління технологічним процесом є основним етапом розробки функціональної, структурної і принципової електричної схеми управління автоматизованого електромагнітного молота.

Якісне виконання алгоритму управління електромагнітним молотом для різних видів будівельних робіт залежить від знання технологічного процесу й конструкції пристрою, наприклад, забивання паль, руйнування негабаритного матеріалу, ущільнення ґрунтів тощо [10, 12-17] (рис. 1-6).

На прикладі роботи електромагнітного молоту для забивання труби в ґрунт складено алгоритм управління молотом (рис.12).

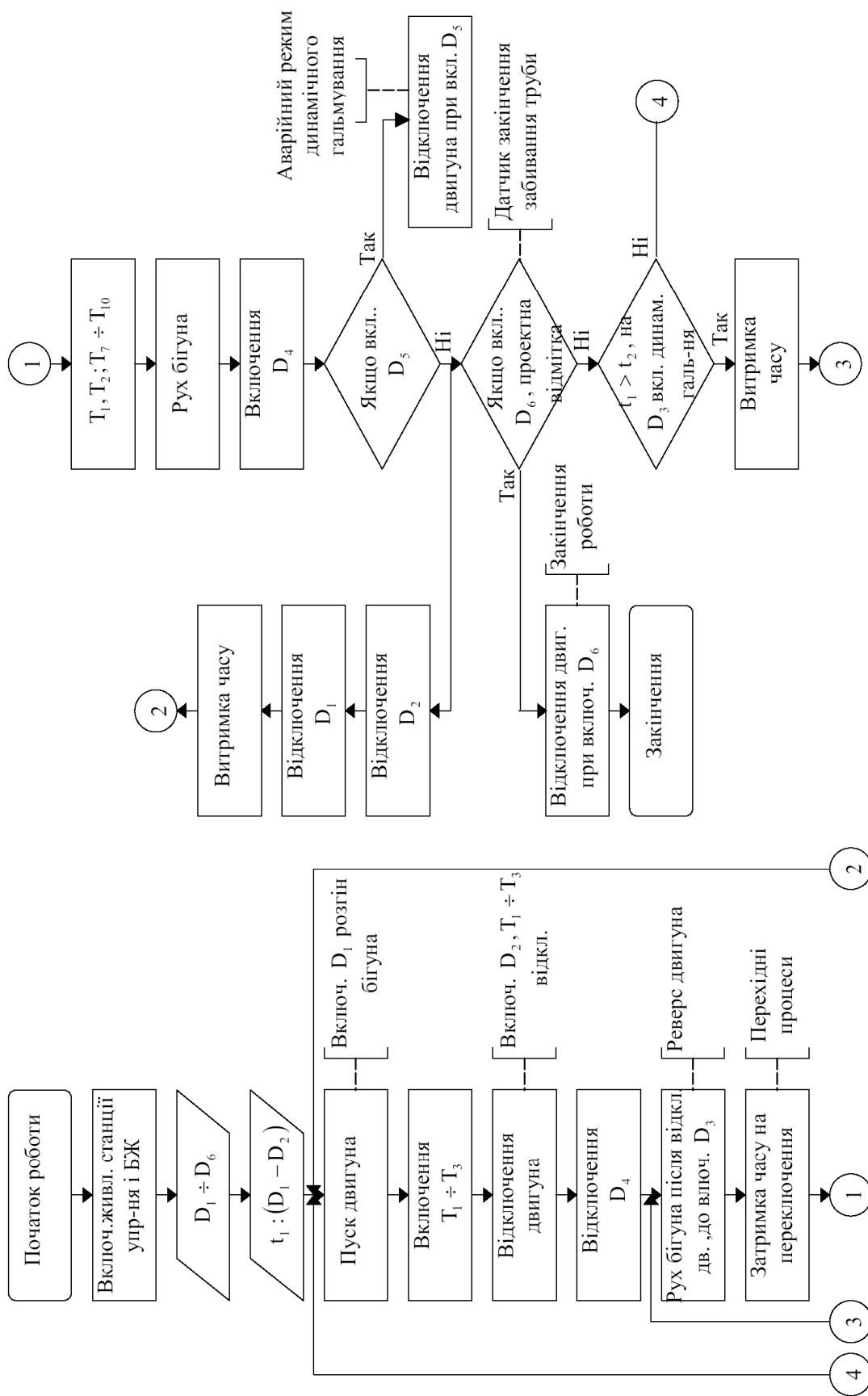


Рис. 12. Алгоритм управління молотом для забивки труб

5. Розробка функціональної схеми управління електромагнітним молотом

На основі розрахунку перехідних процесів роботи молота та вивчення технологічного процесу під час занурення палі під воду встановлюють датчики положення і рівня (рис.6), а також розробляють його алгоритм управління (рис.12) та складають функціональну схему управління автоматизованого електромагнітного молоту.

Для прикладу оберемо молот для забивання паль під водою. На рис.13 зображена його функціональна схема управління, де *A, B, C, N* - джерела трифазного змінного струму; *QS1* і *QS2* - автоматичні вимикачі; *M1* - асинхронний електродвигун (вентилятор), *M2* - асинхронний електродвигун (насос); БЖ - блок живлення; БУ - блок управління; ПУ - пульт управління, де КП - кнопка пуск; КС - кнопка стоп; РН - реле напруги; КРН - контакти реле напруги; КК - контактор; ККК - контакти контактора; VS12 - тиристор для вмикання/вимикання контактора КК; ТКР - тиристорний комутатор реверсивний (силова частина), де VS1-VS11 - силові тиристири; БДГ - блок динамічного гальмування, де TV - трифазний трансформатор, VD1 - VD3 - діоди; VS11 - тиристор; С1 - конденсатор; ЛАД - лінійний асинхронний двигун електромагнітного молоту; D1 - D5 - давачі положення, що контролюють рух молота; D6 - давач рівня, що контролює рівень води у дзвоні пристрою.

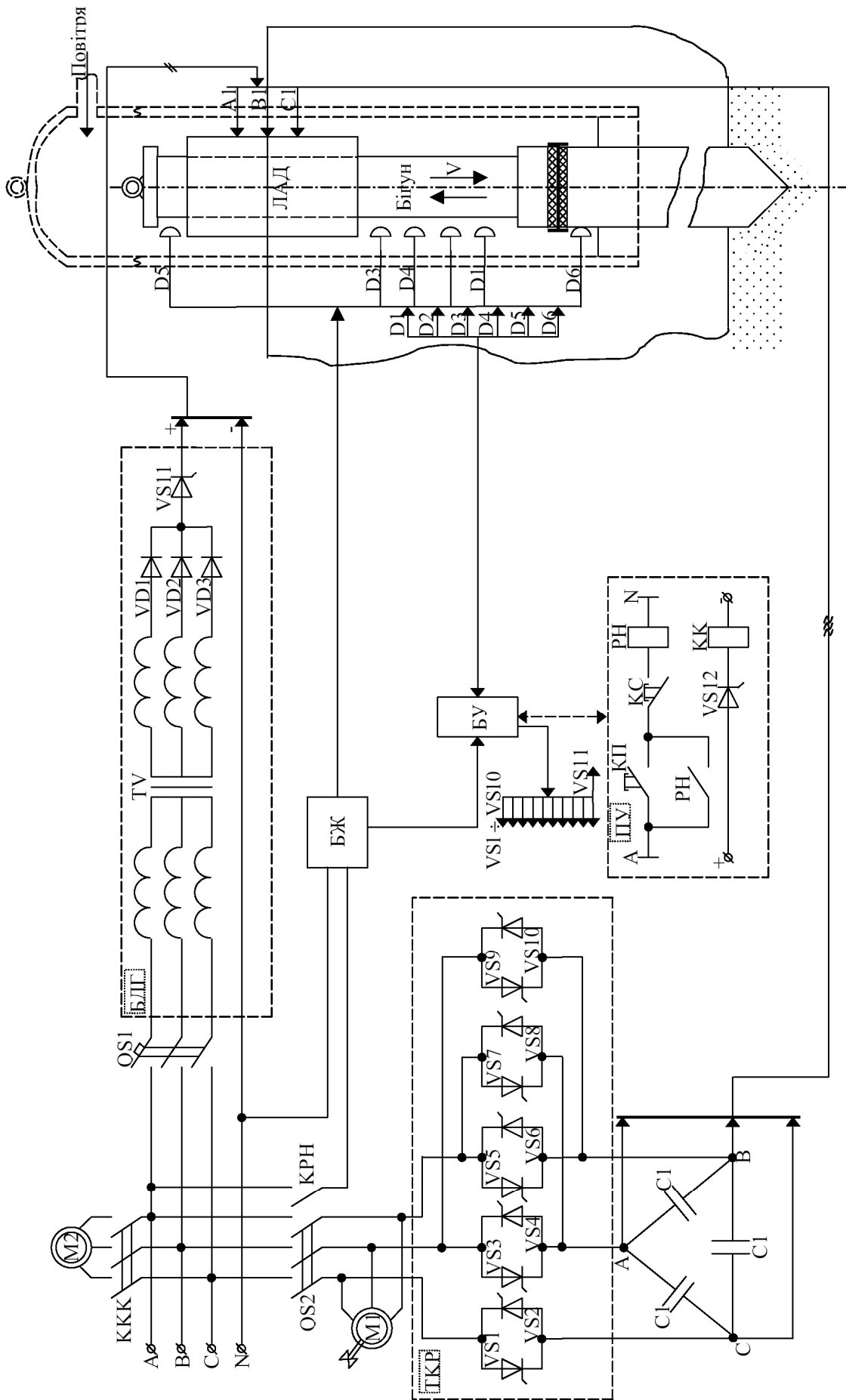


Рис. 13. Функціональна схема управління молотом для забивки палів під водою.

Список літератури

1. Агейкин Д.И., Костина Е.И., Кузнецов И.П. Датчики контроля и регулирования. – М.: Машиностроение. 1965 – 928 с.
2. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 228 с.
3. Голенков Г.М. А.С. 1375739 (СССР) Электромагнитный молот для забивки свай. Оpubл. В Б.Н., 1988, №7.
4. Голенков Г.М. Несиметрія режимів роботи лінійних асинхронних електродвигунів. Наука і техніка у міському господарстві. Вик. 24.К. : Будівельник, 1973 – С. 13-18.
5. Голенков Г.М. Математическая модель расчёта тяговых и рабочих характеристик асинхронного электродвигателя. Наукові практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій. Збірник наукових статей. Вик 3-к.: МНС України КНУБА. 1999. – С. 28-32.
6. ЕСКД Обозначение условные графические в схемах ГОСТ 2.721-74^X. Издание официальное. Москва, 1983.
7. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Часть 1. М., 1971. – С. 359 - 409.
8. Ключев А.С., Глазов В.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов (Справочное пособие). – М.: Энергия, 1980.
9. Ключев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технического управления и технического контроля. - М.: Энергоатомиздат, 1983-376 с.
10. Копер для забивки свай.: А.С. Hydraulic pressure pile driver ЕПВ, МКН Е 02 7/16 / Fang Havard / - № 91302328.9; заяв. 18.03.91. Оpubл. 23.09.92.
11. Справочник строителя. Свайные работы. /М.И. Смородинов. – М.: Стройиздат, 1979, 168 с.
12. Справочник по преобразовательной технике. /Под ред. И.М. Чижено - К.: Техника, 1978 – 447 с.
13. Суворов Д.Г., Погарский Ю.В. Сравнительная оценка эффективности уплотнения грунта электродвигателями. Изв.вузов // Строительство. - 1992.-№11-12. – С. 106-110.
14. Специальный гусеничный экскаватор Erfolg im Westen// ВD: Baumashinendienst/ - 1992. -28. № 11 - С.10.
15. Свайный молот. Alles fur die Baustelle von Almo, Baumach., Baugera, Baustell. -1991/-27. – № 10.-С.56
16. Суворов А.В., Левинзан А.Д. Машины для свайных работ. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 150 с.
17. Ударно - импульсное оборудование на земляных работах / Баландинский Е.Д., Васильев В.А. // Механизм. стр-ва. - 1992. - № 7.
18. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. -М.: Изд. Стандартов, 1989 - 325с.

Навчально-методичне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА ЕЛЕКТРОПРИВІД (СПЕЦ. РОЗДІЛИ)

Методичні вказівки
та завдання до виконання розрахунково-графічної
роботи для студентів спеціальності 8.092501
“Автоматизоване управління технологічними процесами і
виробництвами”

Укладач **ГОЛЕНКОВ** Геннадій Михайлович

Комп'ютерна верстка *О.В. Яворської*

Підписано до друку . Формат 60x84_{1/16}
Папір офсетний. Гарнітура Аріал. Друк на різнографі.
Ум. друк. арк. 1,39. Обл.-вид. арк. 1,5. Ум. фарбовідб.
Тираж 50 прим. Вид. № . Зам. № 5/III-04.

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ-680, 03680

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

