

Theory of Machines and Automatic Control - project class

The Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering

Winter 2018/2019

<http://myinventions.pl/lectures/>

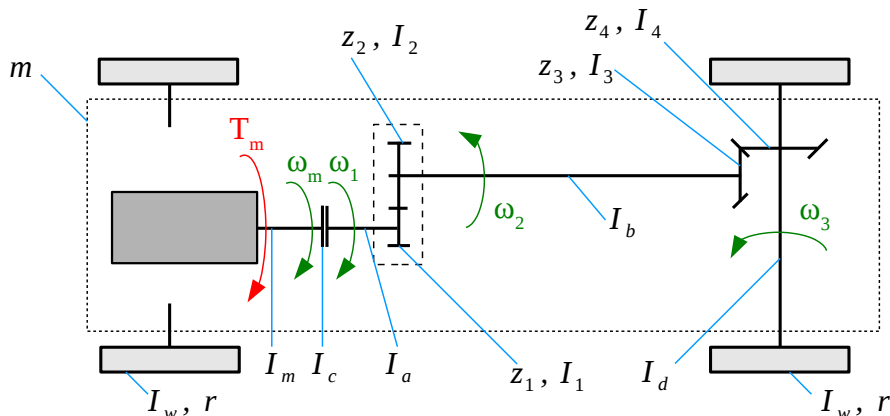
Project no. 2

In this project model of a car is analyzed (see picture below). It consist of:

- an electric motor (permanent magnet DC), which generates torque related to it's angular velocity: $T_m = A - B\omega_m$, where A and B are given constants. Motor's output shaft has moment of inertia equal to I_m ;
- a clutch of inertia I_c ; assume that the clutch is closed ($\omega_m = \omega_1$);
- a gearbox (reducer) with given: input shaft inertia I_a , input gear inertia I_1 , output gear inertia I_2 , and gear ratio $z_2/z_1 = i_1$ (z_2 and z_1 are the numbers of teethes);
- main drive shaft with inertia I_b ;
- rear gearbox (reducer) with given: input gear inertia I_3 , output gear inertia I_4 , and gear ratio $z_4/z_3 = i_2$ (z_4 and z_3 are the numbers of teethes);
- rear axis of inertia I_d ;
- four wheels of inertia I_w and radius r ;

Total car's mass is equal to m . Assume that there is no slip between tires and ground. Assume air resistance force as a proportional to the velocity with a parameter c . Car is moving up on an inclined plane of angle α (gravity acceleration $g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$).

Make reduction of the whole system with respect to linear velocity of the car (masses and forces reduction). Write down machine equation of motion. Calculate acceleration at start. Solve the equation of machine motion to obtain velocity of the car during the machine start-up. Draw a plot of the velocity in time. Find out object's maximum velocity. Calculate a time needed to achieve the steady velocity (assume it is time when velocity reaches 95% of maximum).



I_m	0,01	[kgm ²]
I_c	0,04	[kgm ²]
I_a	0,01	[kgm ²]
I_b	0,04	[kgm ²]
I_d	0,05	[kgm ²]
c	30	[Ns/m]

teacher: Sebastian Korczak

Lp.	Student number	A	B	I_1	I_2	I_3	I_4	i_1	i_2	r	I_w	α	m
		[Nm]	[Nms/rad]	[kgm ²]	[kgm ²]	[kgm ²]	[kgm ²]	[-]	[-]	[m]	[kgm ²]	[°]	[kg]
1	295654	250	0,2800	0,0015	0,0025	0,0016	0,0064	3,3	4	0,29	0,1232	15	1010
2	295516	252	0,3000	0,0015	0,0014	0,0016	0,0066	1,8	4,1	0,30	0,124	8	1050
3	290027	254	0,2800	0,0016	0,0026	0,0016	0,0067	3,3	4,2	0,31	0,1248	16	1090
4	295229	256	0,3000	0,0016	0,0014	0,0016	0,0069	1,8	4,3	0,32	0,1256	10	1130
5	290028	258	0,2800	0,0017	0,0026	0,0016	0,0070	3,1	4,4	0,33	0,1264	15	1170
6	290029	260	0,3000	0,0017	0,0015	0,0016	0,0072	1,8	4,5	0,34	0,1272	10	1210
7	290030	262	0,2800	0,0016	0,0025	0,0017	0,0078	3,1	4,6	0,35	0,128	15	1250
8	290031	264	0,3000	0,0016	0,0014	0,0017	0,0077	1,8	4,5	0,36	0,1288	9	1290
9	293690	266	0,2800	0,0015	0,0025	0,0017	0,0075	3,3	4,4	0,37	0,1296	15	1330
10	282635	268	0,3000	0,0015	0,0014	0,0017	0,0073	1,8	4,3	0,38	0,1304	8	1370
11	290032	270	0,2800	0,0016	0,0026	0,0017	0,0071	3,3	4,2	0,39	0,1312	15	1410
12	K-5218	272	0,3000	0,0016	0,0014	0,0017	0,0070	1,8	4,1	0,40	0,132	7	1450
13	K-5055	274	0,2800	0,0017	0,0026	0,0017	0,0068	3,1	4	0,41	0,1328	11	1490
14	K-5052	290	0,4000	0,0017	0,0015	0,0018	0,0070	1,8	3,9	0,42	0,1336	5	1530
15	K-5234	278	0,2800	0,0017	0,0026	0,0018	0,0068	3,1	3,8	0,43	0,1344	10	1570
16	295584	280	0,3000	0,0015	0,0025	0,0018	0,0072	3,3	4	0,29	0,1232	15	1010
17	295528	282	0,2800	0,0015	0,0014	0,0018	0,0074	1,8	4,1	0,30	0,124	8	1050
18	290045	284	0,3000	0,0016	0,0026	0,0018	0,0076	3,3	4,2	0,31	0,1248	16	1090
19	295514	286	0,2800	0,0016	0,0014	0,0018	0,0077	1,8	4,3	0,32	0,1256	10	1130
20	290047	288	0,3000	0,0017	0,0027	0,0018	0,0079	3,2	4,4	0,33	0,1264	15	1170
21	281081	290	0,2800	0,0017	0,0015	0,0190	0,0855	1,8	4,5	0,34	0,1272	10	1210
22	290048	292	0,3000	0,0016	0,0025	0,0190	0,0874	3,1	4,6	0,35	0,128	15	1250
23	290049	294	0,2800	0,0016	0,0014	0,0190	0,0855	1,8	4,5	0,36	0,1288	9	1290
24	290050	296	0,3000	0,0015	0,0025	0,0190	0,0836	3,3	4,4	0,37	0,1296	15	1330
25	290051	298	0,2800	0,0015	0,0014	0,0190	0,0817	1,8	4,3	0,38	0,1304	8	1370
26	295513	300	0,3000	0,0016	0,0026	0,0190	0,0798	3,3	4,2	0,39	0,1312	15	1410
27	295512	302	0,4000	0,0016	0,0014	0,0020	0,0082	1,8	4,1	0,40	0,132	7	1450
28	K-5216	304	0,3000	0,0017	0,0026	0,0020	0,0080	3,1	4	0,41	0,1328	11	1490
29	K-5209	350	0,5000	0,0017	0,0015	0,0020	0,0078	1,8	3,9	0,42	0,1336	5	1530
30	281108	308	0,3000	0,0017	0,0027	0,0021	0,0080	3,2	3,8	0,43	0,1344	10	1570

I_m	0,02	[kgm ²]
I_c	0,05	[kgm ²]
I_a	0,02	[kgm ²]
I_b	0,05	[kgm ²]
I_d	0,06	[kgm ²]
c	40	[Ns/m]

teacher: Paweł Wawrzyniak

Lp.	Student number	A	B	I_1	I_2	I_3	I_4	i_1	i_2	r	I_w	α	m
		[Nm]	[Nms/rad]	[kgm ²]	[kgm ²]	[kgm ²]	[kgm ²]	[-]	[-]	[m]	[kgm ²]	[°]	[kg]
1	288521	250	0,4000	0,0013	0,0013	0,0015	0,0075	2	5	0,28	0,1224	10	1100
2	290033	255	0,4100	0,0013	0,0026	0,0015	0,0075	4	5	0,32	0,1256	20	1110
3	290035	260	0,4100	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	30	1110
4	290036	265	0,2800	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	30	1110
5	295510	250	0,4000	0,001	0,0010	0,0015	0,0077	2	5,1	0,29	0,1232	10	1200
6	282638	255	0,4100	0,001	0,0020	0,0015	0,0077	4	5,1	0,31	0,1248	20	1210
7	290038	260	0,4100	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,31	0,1248	30	1220
8	282640	265	0,2800	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,32	0,1256	30	1220
9	290040	250	0,3000	0,0013	0,0013	0,0015	0,0074	2	4,9	0,28	0,1224	10	1120
10	290042	255	0,3500	0,0013	0,0026	0,0015	0,0072	4	4,8	0,32	0,1256	20	1130
11	K-5210	260	0,3500	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	30	1120
12	K-5203	265	0,2000	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	30	1125
13	K-5206	250	0,3500	0,001	0,0010	0,0015	0,0075	2	5	0,29	0,1232	10	1210
14	K-5224	255	0,2800	0,001	0,0020	0,0015	0,0075	4	5	0,31	0,1248	20	1215
15	280440	260	0,3500	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,31	0,1248	30	1205
16	295517	265	0,2500	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,32	0,1256	30	1210
17	287272	260	0,4150	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	25	1110
18	288480	265	0,2850	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	25	1110
19	294551	250	0,4050	0,001	0,0010	0,0015	0,0077	2	5,1	0,29	0,1232	15	1200
20	295511	255	0,4130	0,001	0,0020	0,0015	0,0077	4	5,1	0,31	0,1248	25	1210
21	290057	260	0,4170	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,31	0,1248	35	1220
22	290058	265	0,2860	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,32	0,1256	25	1220
23	295515	250	0,3050	0,0013	0,0013	0,0015	0,0074	2	4,9	0,28	0,1224	15	1120
24	286495	255	0,3520	0,0013	0,0026	0,0015	0,0072	4	4,8	0,32	0,1256	22	1130
25	287273	260	0,3540	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	24	1120
26	295227	265	0,2050	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	32	1125
27	290061	250	0,3560	0,001	0,0010	0,0015	0,0075	2	5	0,29	0,1232	18	1210
28	290062	255	0,2850	0,001	0,0020	0,0015	0,0075	4	5	0,31	0,1248	16	1215
29	K-5235	260	0,3550	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,31	0,1248	28	1205
30	K-5222	265	0,2550	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,32	0,1256	24	1210