

Theory of Machines and Automatic Control - project class

The Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering

Winter 2019/2020

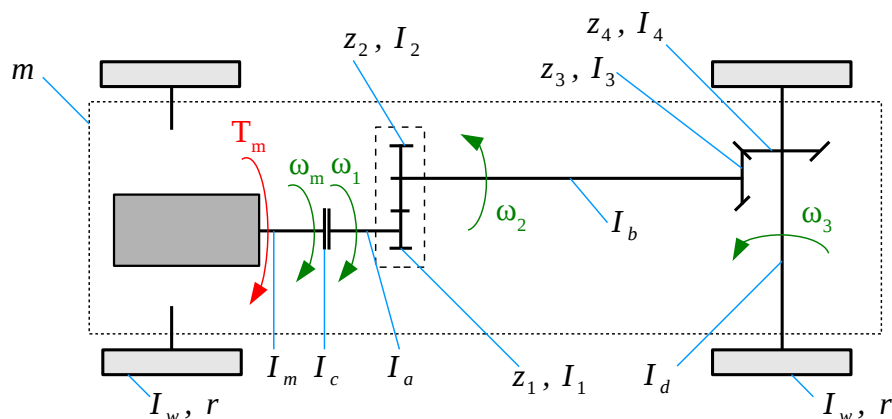
Project no. 2

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

- an electric motor (permanent magnet DC), which generates torque related to its 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 teeth);
- 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 teeth);
- 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 $g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$).

1. Make reduction of the whole system with respect to linear velocity of the car (masses and forces reduction). Write down machine equation of motion.
2. Calculate acceleration at start-up with zero initial velocity.
3. Solve the equation of machine motion to obtain velocity of the car during the machine start-up.
4. Draw a plot of the velocity in time.
5. Find out object's maximum velocity.
6. 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 / group	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	302559 / 102	250	0,2800	0,0015	0,0025	0,0016	0,0064	3,3	4	0,29	0,1232	15	1010
2		252	0,3000	0,0015	0,0014	0,0016	0,0066	1,8	4,1	0,30	0,124	8	1050
3	297572 / 102	254	0,2800	0,0016	0,0026	0,0016	0,0067	3,3	4,2	0,31	0,1248	16	1090
4	297575 / 102	256	0,3000	0,0016	0,0014	0,0016	0,0069	1,8	4,3	0,32	0,1256	10	1130
5	297579 / 102	258	0,2800	0,0017	0,0026	0,0016	0,0070	3,1	4,4	0,33	0,1264	15	1170
6	297581 / 102	260	0,3000	0,0017	0,0015	0,0016	0,0072	1,8	4,5	0,34	0,1272	10	1210
7	302474 / 102	262	0,2800	0,0016	0,0025	0,0017	0,0078	3,1	4,6	0,35	0,128	15	1250
8	302561 / 102	264	0,3000	0,0016	0,0014	0,0017	0,0077	1,8	4,5	0,36	0,1288	9	1290
9	300603 / 102	266	0,2800	0,0015	0,0025	0,0017	0,0075	3,3	4,4	0,37	0,1296	15	1330
10		268	0,3000	0,0015	0,0014	0,0017	0,0073	1,8	4,3	0,38	0,1304	8	1370
11	309398 / 102	270	0,2800	0,0016	0,0026	0,0017	0,0071	3,3	4,2	0,39	0,1312	15	1410
12	302475 / 103	272	0,3000	0,0016	0,0014	0,0017	0,0070	1,8	4,1	0,40	0,132	7	1300
13	302521 / 103	274	0,2800	0,0017	0,0026	0,0017	0,0068	3,1	4	0,41	0,1328	11	1490
14	301096 / 103	290	0,4000	0,0017	0,0015	0,0018	0,0070	1,8	3,9	0,42	0,1336	5	1530
15	302558 / 103	278	0,2800	0,0017	0,0026	0,0018	0,0068	3,1	3,8	0,43	0,1344	10	1570
16	302490 / 103	280	0,3000	0,0015	0,0025	0,0018	0,0072	3,3	4	0,29	0,1232	15	1010
17	300594 / 103	282	0,2800	0,0015	0,0014	0,0018	0,0074	1,8	4,1	0,30	0,124	8	1050
18	297574 / 103	284	0,3000	0,0016	0,0026	0,0018	0,0076	3,3	4,2	0,31	0,1248	16	1090
19	297577 / 103	286	0,2800	0,0016	0,0014	0,0018	0,0077	1,8	4,3	0,32	0,1256	10	1130
20	302615 / 103	288	0,3000	0,0017	0,0027	0,0018	0,0079	3,2	4,4	0,33	0,1264	15	1170
21	295517 / 103	290	0,2800	0,0017	0,0015	0,0190	0,0855	1,8	4,5	0,34	0,1272	10	1210
22	297580 / 103	292	0,3000	0,0016	0,0025	0,0190	0,0874	3,1	4,6	0,35	0,128	15	1250
23	K-5618 / 103	294	0,2800	0,0016	0,0014	0,0190	0,0855	1,8	4,5	0,36	0,1288	9	1290
24	K-5619 / 103	296	0,3000	0,0015	0,0025	0,0190	0,0836	3,3	4,4	0,37	0,1296	15	1330
25	K-5620 / 103	298	0,2800	0,0015	0,0014	0,0190	0,0817	1,8	4,3	0,38	0,1304	8	1370
26	K-5766 / 103	300	0,3000	0,0016	0,0026	0,0190	0,0798	3,3	4,2	0,39	0,1312	15	1410
		302	0,4000	0,0016	0,0014	0,0020	0,0082	1,8	4,1	0,40	0,132	7	1450
		304	0,3000	0,0017	0,0026	0,0020	0,0080	3,1	4	0,41	0,1328	11	1490
		350	0,5000	0,0017	0,0015	0,0020	0,0078	1,8	3,9	0,42	0,1336	5	1530
		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	group	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	295546	101	250	0,4000	0,0013	0,0013	0,0015	0,0075	2	5	0,28	0,1224	10	1100
2	297590	101	255	0,4100	0,0013	0,0026	0,0015	0,0075	4	5	0,32	0,1256	20	1110
3	302369	101	260	0,4100	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	30	1110
4	302370	101	265	0,2800	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	30	1110
5	302292	101	250	0,4000	0,001	0,0010	0,0015	0,0077	2	5,1	0,29	0,1232	10	1200
6	297584	101	255	0,4100	0,001	0,0020	0,0015	0,0077	4	5,1	0,31	0,1248	20	1210
7	302476	101	260	0,4100	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,31	0,1248	30	1220
8	297606	101	265	0,2800	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,32	0,1256	30	1220
9	K-5811	101	250	0,3000	0,0013	0,0013	0,0015	0,0074	2	4,9	0,28	0,1224	10	1120
10	K-5781	101	255	0,3500	0,0013	0,0026	0,0015	0,0072	4	4,8	0,32	0,1256	20	1130
11			260	0,3500	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	30	1120
12	295514	101	265	0,2000	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	30	1125
13	281081	101	250	0,3500	0,001	0,0010	0,0015	0,0075	2	5	0,29	0,1232	10	1210
14			255	0,2800	0,001	0,0020	0,0015	0,0075	4	5	0,31	0,1248	20	1215
15			260	0,3500	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,31	0,1248	30	1205
16			265	0,2500	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,32	0,1256	30	1210
17	297602	104	260	0,4150	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	25	1110
18			265	0,2850	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,30	0,124	25	1110
19	302368	104	250	0,4050	0,001	0,0010	0,0015	0,0077	2	5,1	0,29	0,1232	15	1200
20	297604	104	255	0,4130	0,001	0,0020	0,0015	0,0077	4	5,1	0,31	0,1248	25	1210
21	302620	104	260	0,4170	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,31	0,1248	35	1220
22	297605	104	265	0,2860	0,001	0,0021	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,32	0,1256	25	1220
23	297608	104	250	0,3050	0,0013	0,0013	0,0015	0,0074	2	4,9	0,28	0,1224	15	1120
24	273464	104	255	0,3520	0,0013	0,0026	0,0015	0,0072	4	4,8	0,32	0,1256	22	1130
25			260	0,3540	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	24	1120
26			265	0,2050	0,0013	0,0027	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,30	0,124	32	1125
27	K-5775	104	250	0,3560	0,001	0,0010	0,0015	0,0075	2	5	0,29	0,1232	18	1210
28	K-5780	104	255	0,2850	0,001	0,0020	0,0015	0,0075	4	5	0,31	0,1248	16	1215
29			260	0,3550	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,31	0,1248	28	1205
30			265	0,2550	0,001	0,0021	0,0015	0,0078	4,2	5,2	0,32	0,1256	24	1210

I_m	0,02	[kgm ²]
I_c	0,04	[kgm ²]
I_a	0,01	[kgm ²]
I_b	0,05	[kgm ²]
I_d	0,05	[kgm ²]
c	35	[Ns/m]

teacher: Maciej Parafiniak

Lp.	Student number	group	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	202889	105	250	0,4000	0,0013	0,0013	0,0015	0,0077	2	5,1	0,29	0,1232	10	1105
2	302656	105	230	0,4100	0,0013	0,0026	0,0015	0,0077	4	5,1	0,30	0,124	20	1105
3	297611	105	260	0,4100	0,0013	0,0027	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,31	0,1248	30	1115
4	302367	105	265	0,2800	0,0013	0,0027	0,0015	0,0077	4,2	5,1	0,32	0,1256	30	1115
5	301398	105	250	0,4000	0,001	0,0010	0,0015	0,0074	2	4,9	0,33	0,1264	10	1195
6	286181	105	255	0,4100	0,001	0,0020	0,0015	0,0072	4	4,8	0,34	0,1272	20	1205
7	302293	105	260	0,4100	0,001	0,0021	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,35	0,128	30	1215
8	297613	105	265	0,2800	0,001	0,0021	0,0015	0,0074	4,2	4,9	0,36	0,1288	30	1210
9	302294	105	250	0,3000	0,0013	0,0016	0,0015	0,0075	2,5	5	0,37	0,1296	10	1110
10	302491	105	255	0,3500	0,0013	0,0026	0,0015	0,0075	4	5	0,38	0,1304	20	1135
11	297614	105	260	0,3500	0,0013	0,0027	0,0015	0,0075	4,2	5	0,39	0,1312	30	1125
12	K-5801	105	265	0,2000	0,0013	0,0020	0,0015	0,0075	3	5	0,40	0,132	30	1120
13	K-5520	105	250	0,3500	0,001	0,0015	0,0015	0,0077	3	5,1	0,41	0,1328	10	1205
14	K-5519	105	255	0,2800	0,001	0,0020	0,0015	0,0077	4	5,1	0,42	0,1336	20	1210
15			260	0,3500	0,001	0,0021	0,0015	0,0075	4,2	5	0,43	0,1344	30	1210