EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION,
YOUTH AND SPORTS

ESF II project of the University of West Bohemia in Pilsen

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239

Measuring the effect of inductance

Measurement task:

- Selection of 2 coils (d_c > d_v)
- determine N, l, φ
- familiarizing with the RLC meter according to the instructions

Theoretical introduction:

- C_1 coil
- C_2 coil representing the charge
- $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\ (H \cdot m^{-1})$
- μ_r for coil cavity μr =1
- d_c alternate coil diameter C_1 (m)
- l_1 coil length C_1 (m)
- N_1 number of coil turns C_1 (-)
- d_v spare diameter of coil C_2 (m)
- l_2 length of coil C_2 (m)
- N_2 number of coil turns C_2 (-)

Measurement procedure:

1. Measuring the inductance of (d_c and d_v) L_1 and L_2 alone
2. Calculation of L_1 and L_2 by
    - $L_1 = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \pi(\frac{d_c}{2})^2 \cdot (\frac{N_1^2}{l_1})\alpha_1$
    - $L_2 = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \pi(\frac{d_v}{2})^2 \cdot (\frac{N_2^2}{l_2})\alpha_2$
    - $\alpha_1 = f(\frac{d_c}{l_1})$
    - $\alpha_2 = f(\frac{d_v}{l_2})$

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION, YOUTH AND SPORTS

3. Measurement of M_{12} coil plugged in

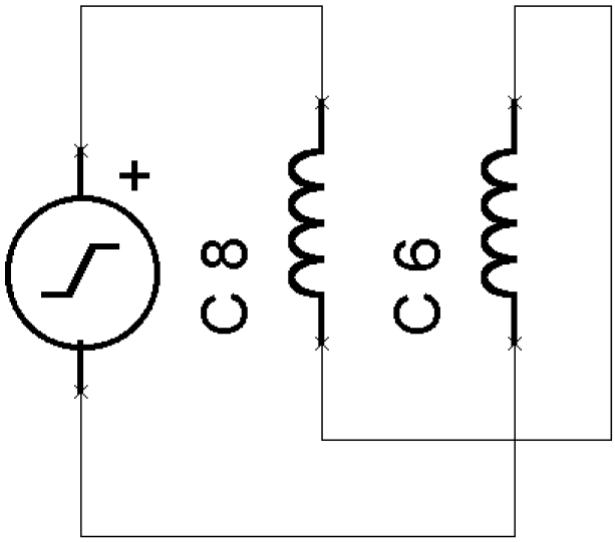


Fig. 1 Circiut for measuring L_a

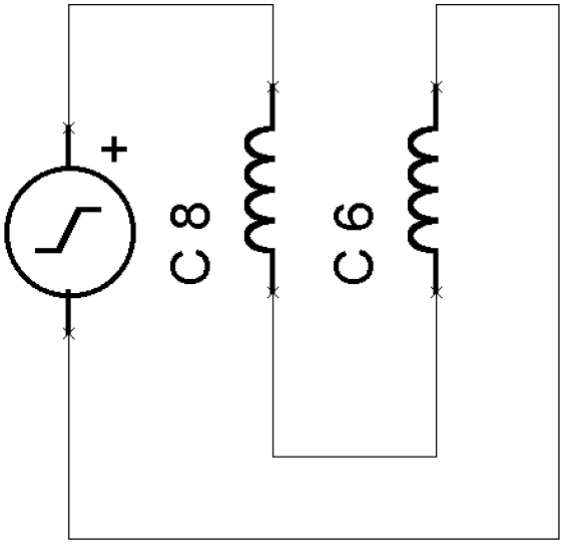


Fig. 2 Circiut for Measuring L_b

- $L_a = L_1 + L_2 + 2M_{12}$
- $L_b = L_1 + L_2 - 2M_{12}$
- $M_{12} = \frac{L_a - L_b}{4}$

4. Calculation
   - $M_{12} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \pi(\frac{d_v}{2})^2 \cdot (\frac{N_2 \cdot N_2}{l_2}) \cdot F_{12}$
   - from the tables determine $F_{12} = f(\frac{d_c}{l_1}, \frac{d_v}{l_2}, \frac{l_1}{l_2})$
5. Measurement of coils with shielding *n* transformer shroud bundles *n* 1-16
   - Variation of L_1 as a function of n bundles inserted in pairs against each other on the inner wall of the steel cylinder
   - Change L_2 as a function of n bundles inserted in pairs against each other on the inner wall of the steel cylinder
   - Measurement $L_{1m'}$ - coil placed in a cylinder with 16 stable bundles
   - Measurement $L_{2m'}$ - coil placed in a cylinder with 16 stable bundles
   - Measurement $M_{12m'}$ - both coils (L2 inside L1) placed in the same cylinder
6. Calculation of coils with shielding *n* transformer sail bundles *n* 1-16
   - $L_1{}' = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \pi(\frac{d_c}{2})^2 \cdot (\frac{N_1^2}{l_1}) \cdot \alpha_1{}', \alpha_1{}' > \alpha_1$
   - $L_1{}' = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \pi(\frac{d_v}{2})^2 \cdot (\frac{N_2^2}{l_1}) \cdot \alpha_2{}', \alpha_2{}' > \alpha_2$
   - $M_{12}{}' = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \cdot (\frac{d_v}{2})^2 \cdot (\frac{N_2 \cdot N_2}{l_2}) \cdot F_{12}{}', F_{12}{}' > F_{12}$
   - We measure L and L', then $\alpha' = \alpha \cdot \frac{L_1{}'}{L_1}$, then we can determine L_1, L_2, M_{12}

- $\alpha_1{}' = \frac{L_{1m}{}'}{L_1{}'} \cdot \alpha_1$
- $\alpha_2{}' = \frac{L_{2m}{}'}{L_2{}'} \cdot \alpha_2$
- $F_{12}{}' = \frac{M_{12m}{}'}{M_{12}} \cdot F_{12}$

Shielding the transformer sheet bundles decreases the magnetic resistance, increases the magnetic flux, increases L_1, L_2, M_{12} and thus the efficiency.

Apparatus used:

Conclusion:

References

- (1) Lorenz, Wied. Ann. 7, 161 (1879); B. of S.Sci. Paper 169, 117.
- (2) Nagaoka, Jour. Coil. Sci. Tokyo 27, 18-33, art. 6 (1909); B. of S. Sci. Paper 169, 64.

Appendix 1

d/l = diameter/length

α = Nagaoka

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION, YOUTH AND SPORTS

D/l	Nagaokoa	D/l	Nagaokoa	D/l	Nagaokoa	D/l	Nagaokoa	D/l	Nagaokoa	D/l	Nagaokoa
0,00	1,0000	2,00	0,5255	4,00	0,3654	6,00	0,2854	8,00	0,2366	10,00	0,2033
0,05	0,9791	2,05	0,5195	4,05	0,3628	6,05	0,2839	8,05	0,2356	12,00	0,1790
0,10	0,9588	2,10	0,5137	4,10	0,3602	6,10	0,2824	8,10	0,2346	14,00	0,1604
0,15	0,9391	2,15	0,5080	4,15	0,3577	6,15	0,2810	8,15	0,2337	16,00	0,1457
0,20	0,9201	2,20	0,5025	4,20	0,3551	6,20	0,2795	8,20	0,2327	18,00	0,1336
0,25	0,9016	2,25	0,4971	4,25	0,3527	6,25	0,2781	8,25	0,2318	20,00	0,1236
0,30	0,8838	2,30	0,4918	4,30	0,3503	6,30	0,2767	8,30	0,2308	22,00	0,1151
0,35	0,8665	2,35	0,4866	4,35	0,3479	6,35	0,2753	8,35	0,2299	24,00	0,1078
0,40	0,8499	2,40	0,4816	4,40	0,3455	6,40	0,2739	8,40	0,2290	26,00	0,1015
0,45	0,8337	2,45	0,4767	4,45	0,3432	6,45	0,2725	8,45	0,2281	28,00	0,0959
0,50	0,8181	2,50	0,4719	4,50	0,3409	6,50	0,2711	8,50	0,2272	30,00	0,0910
0,55	0,8031	2,55	0,4672	4,55	0,3386	6,55	0,2698	8,55	0,2263	32,00	0,0866
0,60	0,7885	2,60	0,4626	4,60	0,3364	6,60	0,2685	8,60	0,2254	34,00	0,0826
0,65	0,7745	2,65	0,4581	4,65	0,3343	6,65	0,2672	8,65	0,2245	36,00	0,0791
0,70	0,7609	2,70	0,4537	4,70	0,3321	6,70	0,2659	8,70	0,2236	38,00	0,0758
0,75	0,7478	2,75	0,4494	4,75	0,3300	6,75	0,2646	8,75	0,2227	40,00	0,0728
0,80	0,7351	2,80	0,4452	4,80	0,3279	6,80	0,2633	8,80	0,2219	42,00	0,0701
0,85	0,7228	2,85	0,4411	4,85	0,3258	6,85	0,2621	8,85	0,2210	44,00	0,0676
0,90	0,7110	2,90	0,4370	4,90	0,3238	6,90	0,2608	8,90	0,2202	46,00	0,0653
0,95	0,6995	2,95	0,4331	4,95	0,3218	6,95	0,2596	8,95	0,2194	48,00	0,0631
1,00	0,6884	3,00	0,4292	5,00	0,3198	7,00	0,2584	9,00	0,2185	50,00	0,0611
1,05	0,6777	3,05	0,4254	5,05	0,3179	7,05	0,2572	9,05	0,2177	52,00	0,0592
1,10	0,6673	3,10	0,4217	5,10	0,3160	7,10	0,2560	9,10	0,2169	54,00	0,0575
1,15	0,6573	3,15	0,4180	5,15	0,3141	7,15	0,2548	9,15	0,2161	56,00	0,0558
1,20	0,6475	3,20	0,4145	5,20	0,3122	7,20	0,2537	9,20	0,2153	58,00	0,0543
1,25	0,6381	3,25	0,4110	5,25	0,3104	7,25	0,2525	9,25	0,2145	60,00	0,0528
1,30	0,6290	3,30	0,4075	5,30	0,3085	7,30	0,2514	9,30	0,2137	62,00	0,0515
1,35	0,6201	3,35	0,4042	5,35	0,3067	7,35	0,2503	9,35	0,2129	64,00	0,0502
1,40	0,6115	3,40	0,4008	5,40	0,3050	7,40	0,2491	9,40	0,2121	66,00	0,0490
1,45	0,6031	3,45	0,3976	5,45	0,3032	7,45	0,2480	9,45	0,2114	68,00	0,0478
1,50	0,5950	3,50	0,3944	5,50	0,3015	7,50	0,2469	9,50	0,2106	70,00	0,0467
1,55	0,5872	3,55	0,3913	5,55	0,2998	7,55	0,2459	9,55	0,2099	72,00	0,0457
1,60	0,5795	3,60	0,3882	5,60	0,2981	7,60	0,2448	9,60	0,2091	74,00	0,0447
1,65	0,5721	3,65	0,3852	5,65	0,2965	7,65	0,2437	9,65	0,2084	76,00	0,0437
1,70	0,5649	3,70	0,3822	5,70	0,2948	7,70	0,2427	9,70	0,2076	78,00	0,0428
1,75	0,5579	3,75	0,3793	5,75	0,2932	7,75	0,2416	9,75	0,2069	80,00	0,0419
1,80	0,5511	3,80	0,3764	5,80	0,2916	7,80	0,2406	9,80	0,2062	82,00	0,0411
1,85	0,5444	3,85	0,3736	5,85	0,2900	7,85	0,2396	9,85	0,2055	84,00	0,0403
1,90	0,5379	3,90	0,3708	5,90	0,2885	7,90	0,2386	9,90	0,2047	90,00	0,0381
1,95	0,5316	3,95	0,3681	5,95	0,2869	7,95	0,2376	9,95	0,2040	100,00	0,0350

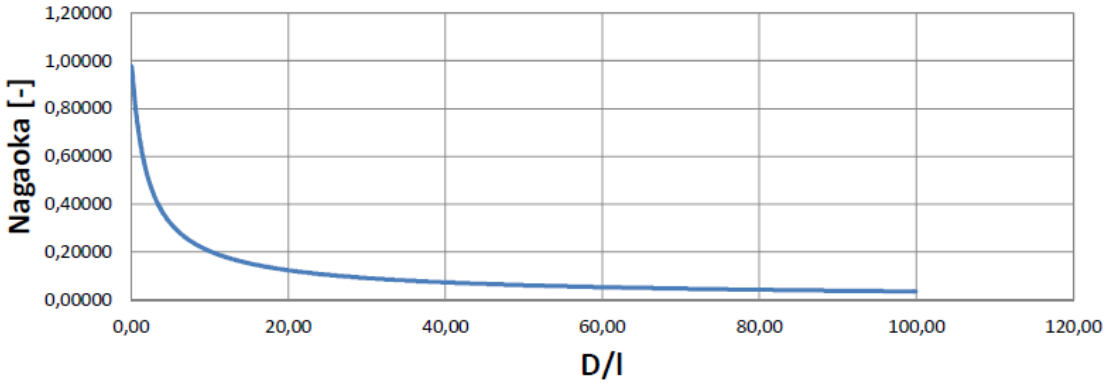


Fig. 3 α (Nagaoka coeficient) list

Inductance calculator of single-layer coils on cylindrical winding forms

- http://www.mogami.com/e/cad/coil-01.html

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION, YOUTH AND SPORTS

d1/l1	d2/l2	l1/l2										
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,2	0,2	0,966	0,880	0,809	0,746	0,994	0,648	0,608	0,574	0,542	0,514	0,488
0,3	0,2	0,930	0,858	0,781	0,722	0,672	0,628	0,591	0,556	0,527	0,498	0,475
	0,3	0,931	0,858	0,781	0,722	0,673	0,628	0,591	0,556	0,527	0,498	0,475
0,4	0,2	0,885	0,808	0,746	0,692	0,645	0,605	0,568	0,535	0,507	0,482	0,458
	0,3	0,886	0,809	0,747	0,693	0,646	0,605	0,568	0,535	0,507	0,482	0,458
	0,4	0,887	0,811	0,748	0,695	0,647	0,606	0,569	0,536	0,508	0,483	0,459
0,5	0,2	0,835	0,768	0,708	0,660	0,615	0,577	0,543	0,512	0,485	0,461	0,438
	0,3	0,837	0,769	0,710	0,661	0,616	0,578	0,443	0,512	0,485	0,461	0,438
	0,4	0,839	0,771	0,712	0,663	0,617	0,579	0,444	0,513	0,486	0,462	0,439
	0,5	0,841	0,773	0,714	0,663	0,618	0,580	0,515	0,514	0,487	0,462	0,440
0,6	0,2	0,787	0,725	0,672	0,626	0,585	0,548	0,517	0,488	0,422	0,439	0,419
	0,3	0,789	0,727	0,673	0,627	0,586	0,549	0,517	0,488	0,462	0,439	0,419
	0,4	0,791	0,730	0,675	0,629	0,588	0,550	0,518	0,489	0,463	0,440	0,420
	0,5	0,794	0,733	0,677	0,631	0,588	0,551	0,519	0,490	0,464	0,441	0,421
	0,6	0,798	0,736	0,680	0,633	0,590	0,553	0,521	0,491	0,465	0,442	0,422
0,7	0,2	0,740	0,685	0,636	0,593	0,555	0,521	0,491	0,464	0,441	0,418	0,399
	0,3	0,743	0,687	0,638	0,594	0,556	0,522	0,492	0,464	0,441	0,418	0,399
	0,4	0,746	0,690	0,640	0,596	0,557	0,523	0,493	0,465	0,442	0,419	0,400
	0,5	0,750	0,693	0,642	0,598	0,559	0,524	0,494	0,466	0,443	0,420	0,401
	0,6	0,755	0,697	0,645	0,601	0,561	0,526	0,496	0,467	0,444	0,421	0,402
	0,7	0,761	0,702	0,650	0,604	0,564	0,528	0,498	0,469	0,445	0,423	0,402
0,8	0,2	0,699	0,638	0,602	0,558	0,526	0,495	0,467	0,441	0,413	0,398	0,379
	0,3	0,702	0,640	0,603	0,560	0,527	0,496	0,468	0,442	0,419	0,398	0,379
	0,4	0,705	0,643	0,605	0,563	0,529	0,497	0,469	0,443	0,420	0,399	0,380
	0,5	0,710	0,647	0,608	0,566	0,531	0,499	0,470	0,444	0,421	0,400	0,381
	0,6	0,716	0,652	0,612	0,569	0,533	0,501	0,472	0,445	0,422	0,401	0,382
	0,7	0,720	0,657	0,615	0,573	0,536	0,503	0,474	0,447	0,423	0,402	0,383
	0,8	0,728	0,663	0,624	0,577	0,539	0,506	0,476	0,449	0,425	0,404	0,384
0,9	0,2	0,660	0,613	0,570	0,533	0,500	0,470	0,443	0,419	0,398	0,378	0,360
	0,3	0,663	0,615	0,572	0,534	0,501	0,471	0,444	0,420	0,399	0,378	0,360
	0,4	0,667	0,617	0,575	0,536	0,503	0,472	0,445	0,421	0,400	0,379	0,361
	0,5	0,672	0,621	0,577	0,539	0,505	0,474	0,446	0,422	0,401	0,380	0,362
	0,6	0,677	0,626	0,581	0,542	0,507	0,476	0,448	0,423	0,402	0,381	0,363
	0,7	0,685	0,631	0,585	0,546	0,510	0,478	0,450	0,425	0,403	0,382	0,364
	0,8	0,694	0,638	0,591	0,550	0,513	0,481	0,452	0,427	0,405	0,384	0,365
	0,9	0,704	0,646	0,596	0,554	0,517	0,484	0,455	0,429	0,407	0,386	0,366
1,0	0,2	0,626	0,582	0,542	0,506	0,475	0,447	0,421	0,399	0,378	0,360	0,342
	0,3	0,628	0,584	0,543	0,507	0,476	0,448	0,422	0,400	0,379	0,360	0,342
	0,4	0,632	0,587	0,545	0,509	0,478	0,449	0,423	0,401	0,389	0,361	0,343
	0,5	0,637	0,591	0,545	0,512	0,480	0,450	0,424	0,402	0,381	0,362	0,344
	0,6	0,643	0,596	0,552	0,515	0,482	0,452	0,426	0,403	0,382	0,363	0,345
	0,7	0,650	0,601	0,557	0,519	0,485	0,454	0,428	0,405	0,383	0,364	0,346
	0,8	0,659	0,608	0,562	0,523	0,488	0,456	0,430	0,407	0,385	0,365	0,347
	0,9	0,668	0,615	0,568	0,528	0,492	0,458	0,433	0,409	0,387	0,367	0,348
	1,0	0,680	0,624	0,575	0,532	0,496	0,460	0,436	0,411	0,389	0,369	0,349

Fig. 4 F_{12} - factor F for calculating the mutual inductance of two cylindrical coils as a function of ratios $\frac{d_1}{l_1}$, $\frac{d_2}{l_2}$, $\frac{l_1}{l_2}$

EUROPEAN UNION
European Structural and Investment Funds
Operational Programme Research,
Development and Education

MINISTRY OF EDUCATION, YOUTH AND SPORTS