

بررسی سیستمهای انتقال انرژی با خطوط گروهی^(۱) تحت نیروهای ناشی از جریانهای اتصال کوتاه^(۲) در حالت پایدار

نوشته :

امیر منصور میری

انتقال توانهای الکتریکی زیاد مستلزم بالا بردن فشار الکتریکی انتقال میباشد و از اینرو انتقال باید دارای خصوصیات عمده زیر باشند :

الف) امپدانس مشخصه کم

ب) شدت حوزه الکتریکی کم در اطراف خط بمنظور کاهش تلفات

برای تأمین هدفهای فوق از گروهی کردن خطوط استفاده میشود که خود نیز مشکلاتی از لحاظ مکانیکی بهمراه دارد . برای رفع این مشکلات پژوهشهای وسیعی انجام میگردد .

I - بر اثر عبور جریانهای زیاد اتصال کوتاه از خطوط سیستمهای گروهی ، میدانهای مغناطیسی قوی ایجاد میگردد که نیروی عظیمی را بین سیمهای هر گروه پدید میآورد . از آنجا که جریانهای اتصال کوتاه با زمان تغییر میکنند نیروهای مؤثر نیز تابع زمان بوده و حرکات نوسانی در سیمها ایجاد مینماید (بدیهی است اگر جریانهای عبوری ثابت باشند این نیروها نیز استاتیکی میباشد) .

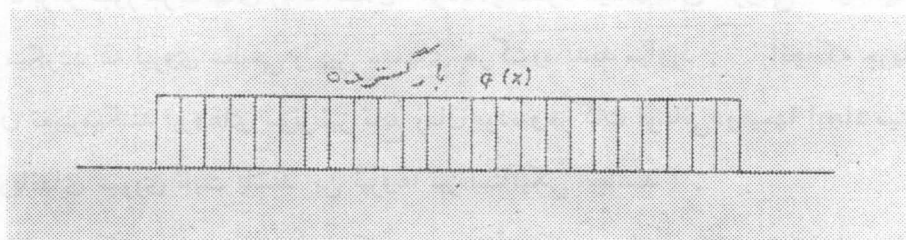
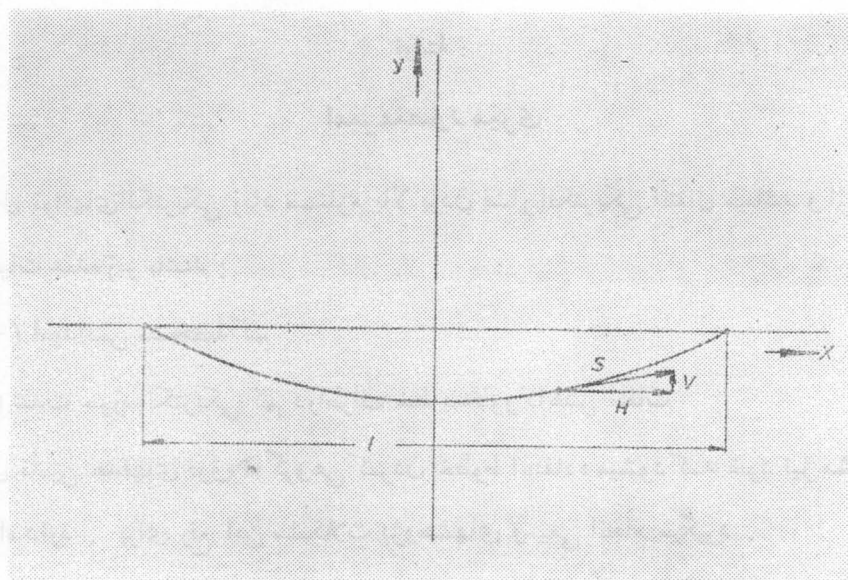
مطالعه حرکتهای ارتعاشی خطوط یک سیستم از آنجا که مستلزم شناختن توزیع نیروهای مغناطیسی است ، کاریست دشوار و از اینرو فقط روشهای تجربی : استفاده از اسیلوسکوپها ، پلهای اندازه گیری و نوارهای ازدیاد طول اکتفا مینمایند ، در اینجا مسأله را از لحاظ تئوری بررسی می کنیم و دقت نتایج نظری حاصل پس از مقایسه با مقادیر تجربی روشن میگردد .

در این مقاله نخست معادله دیفرانسیل خط^(۱) را تشکیل داده و آنرا درحوزه ثقل حل می کنیم سپس منحنی خط را درحوزه مغناطیسی بررسی می کنیم و با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف ، مقادیر لازم جهت رسم منحنی های مشخصه را محاسبه می کنیم و بالاخره منحنی های بدست آمده و کاربرد آنها را مورد بحث قرار می دهیم .

II - معادله کابل در حالت تعادل بصورت :

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = q(x) \quad (1)$$

میباشد که در آن H نیروی ثابت کشش افقی سیم است (شکل ۱) . برای بررسی این معادله دو حالت در نظر میگیریم :



شکل ۱ : نیروها در خط و منحنی خط

S = کشش در امتداد محور خط

H = کشش افقی

$V = \frac{dV}{dX} = q(x)$: کشش عمودی

۱ - در این بررسی یک سیستم گروهی متشکل از دو سیم موازی برای هرفاز در نظر گرفته شده است .

۱ - مقدار ثابت q

۲ - $q = q(x)$

حالت (۱) وقتی صادق است که سیمها آنقدر از هم دور باشند که نیروی مغناطیسی یکی بردیگری اثری نداشته باشد و بعلاوه کشش افقی آنقدر باشد که اجازه ندهد سیمها از حالت موازی خارج شوند. حالت دوم زمانیست که تغییرات نیروی تابعی از x باشد و در اینصورت باید تابع توزیع نیرو را برای بررسی معادله (۱) بدست آورد.

الف - بررسی معادله دیفرانسیلی (۱) در حوزه ثقل : هرگاه از اثر مغناطیسی خطوط رویهم صرفنظر شود $q = q_0$ مقدار ثابتی بوده و عبارتست از وزن واحد طول خط. حال معادله دیفرانسیلی (۱) را انتگرال می‌نمائیم و با توجه بآنکه دوسر کابل تثبیت شده است شرایط حدی زیر برقرار است :

$$x = \pm \frac{l}{2} \quad \text{و} \quad y = 0 \quad (2)$$

داریم :

$$y = \frac{1}{2H_0} q_0 \left(x^2 - \frac{l^2}{4} \right) \quad (3)$$

در این حالت طول کابل یعنی S_0 را میتوان با استفاده از تقریب :

$$dS = \left(1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} dx \approx \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right] dx \quad (4)$$

محاسبه کرد در نتیجه داریم :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{q_0}{H_0} x$$

$$S_0 = l + \frac{q_0 l^3}{24 H_0^3}$$

حال با استفاده از روابط فوق و قانون « هوک » :

$$S - S_0 = \frac{(H - H_0) S_0}{EF}$$

طول کابل بعد از تغییر کشش بدست میآید :

$$S = \left(1 + \frac{H - H_0}{EF} \right) S_0 = l \left(1 + \frac{H - H_0}{EF} \right) \left(1 + \frac{q_0 l^2}{24 H_0^3} \right) \quad (5)$$

ب - بررسی معادله دیفرانسیلی (۱) تحت تأثیر بار گسترده $\frac{c}{y}$ در حوزه مغناطیسی :

در اینجا مطابق قانون « بیوساوار » کشش بصورت :

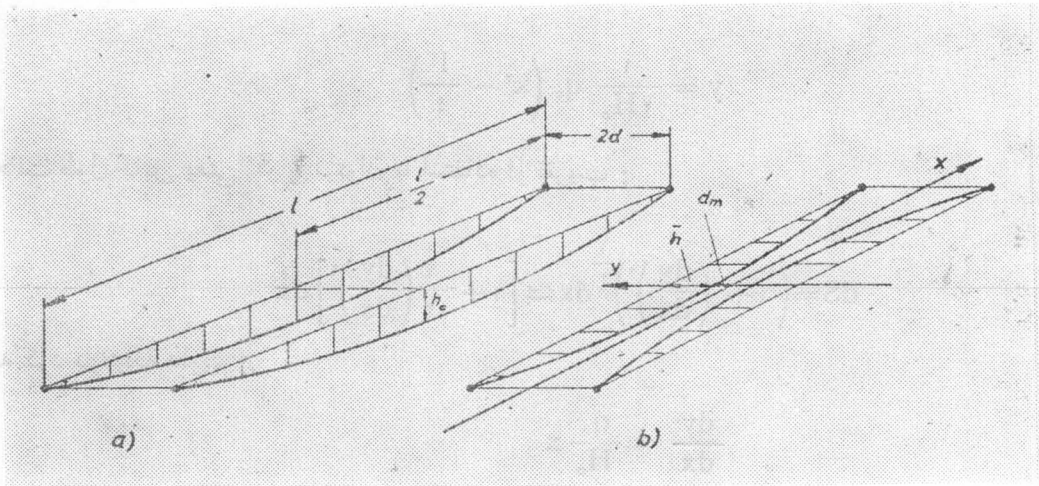
$$dH = I \frac{\cos \theta}{r} d\theta \quad (6)$$

است که H میدان مغناطیسی اطراف سیم با جریان I در فاصله r از آن می باشد. فرم انتگرالی آن برای خطوط موازی با طول نامحدود بصورت $H = \frac{I}{2\pi r}$ و معادله (۱) بصورت $H \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{c}{y}$ با $c = \frac{\mu_0 y^2}{16r}$ است. از انتگراسیون معادله اخیر رابطه زیر بدست می آید:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{rk}{H} g^r \log \frac{y}{c_1} \quad (7)$$

که در آن $k = \frac{\mu_0}{16r}$ است. برای تعیین c_1 ، ثابت انتگراسیون دو حالت حدی زیر را در نظر میگیریم.

ب- ۱: مطالعه حالتی که در اثر عبور جریان سیمها بهم نزدیک شده ولی بههم تماس حاصل نمی نمایند (شکل ۲).



شکل ۲: خطوط یک باندل دوتائی

(a) در حوزة ثقل

(b) در حوزة مغناطیسی بدون تماس متقابل سیمها

مطابق شکل فوق شرط زیر برقرار است:

$$\left. \frac{dy}{dx} \right|_{\substack{x=0 \\ y=d_m}} = 0$$

که با قراردادن آن در معادله (۷) مقدار c_1 بدست می آید. در این حالت $c_1 = d_m$ برابر انحراف ماکزیمم است و با قراردادن c_1 در معادله (۷) داریم:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^r = \frac{rk}{H} J \log \frac{y}{d_m} \quad (8)$$

اکنون طول قوس خط را محاسبه می‌نمائیم .

$$dS \approx \left(1 + \frac{1}{r} \left(\frac{dy}{dx}\right)^r\right) dx$$

$$S = 1 + J \left(\frac{rk}{H}\right)^{\frac{1}{r}} \int_{d_m}^d \left(\log \frac{y}{d_m}\right)^{\frac{1}{r}} dy \quad (9)$$

و از اینجا با توجه به تغییرات کشش (رابطه ۳) خواهیم داشت :

$$\left(1 + \frac{H - H_0}{EF}\right) S_0 = 1 + J \left(\frac{rk}{H}\right)^{\frac{1}{r}} \int_{d_m}^d \left(\log \frac{y}{d_m}\right)^{\frac{1}{r}} dy \quad (10-a)$$

و نیز .

$$dx = \frac{1}{J} \left(\frac{H}{rk}\right)^{\frac{1}{r}} \frac{dy}{\left(\log \frac{y}{d_m}\right)^{\frac{1}{r}}}$$

از رابطه فوق درفاصله $x=0$ تا $x = \frac{1}{r}$ انتگرال میگیریم :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{J} \left(\frac{H}{rk}\right)^{\frac{1}{r}} \int_{d_m}^d \frac{dy}{\left(\log \frac{y}{d_m}\right)^{\frac{1}{r}}} \quad (10-b)$$

اکنون با تغییر متغیر $u = \frac{y}{d_m}$ در دو انتگرال (b و 10-a) :

$$I_1 = \frac{d_m}{d} \int_1^{\frac{d}{d_m}} (\log u)^{\frac{1}{r}} du \quad (11)$$

$$I_r = \frac{d_m}{d} \int_1^{\frac{d}{d_m}} (\log u)^{-\frac{1}{r}} du \quad (12)$$

و قرار دادن درآنها و محاسبات لازم معادله زیر نتیجه میشود:

$$I_1 I_r = \frac{1}{r} \left(\frac{l}{d} \right)^r \left[\frac{S_0}{l} \left(1 + \frac{H - H_0}{EF} \right) - 1 \right] \quad (13)$$

رابطه فوق حائز اهمیت است زیرا در طرف دوم آن کلیه پارامترهایی که وضعیت استاتیکی خط را مشخص میکنند گرد آمده‌اند و از همین رابطه مقادیر H برحسب $\frac{d}{d_m}$ معین میگردند .
رابطه (b-10) را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$J^r = \frac{rH}{k} \left(\frac{d}{l} \right)^r I_r \quad (14)$$

از حذف H از دو رابطه (13) و (14) معادله زیر نتیجه میشود :

$$J^r = \frac{EF}{k} \left(\frac{d}{l} \right)^r \frac{1}{S_0} I_r (I_1 I_r - A) \quad (15)$$

در رابطه مزبور :

$$A = \frac{1}{r} \left(\frac{l}{d} \right)^r \left[\frac{S_0}{l} \left(1 - \frac{H_0}{EF} \right) - 1 \right]$$

است و بدینترتیب مقادیر J فقط برحسب $\frac{d}{d_m}$ بیان می‌شوند .

برای تعیین ماکزیمم جریان J باید $\frac{\partial J}{\partial \left(\frac{d}{d_m} \right)} = 0$ باشد در نتیجه :

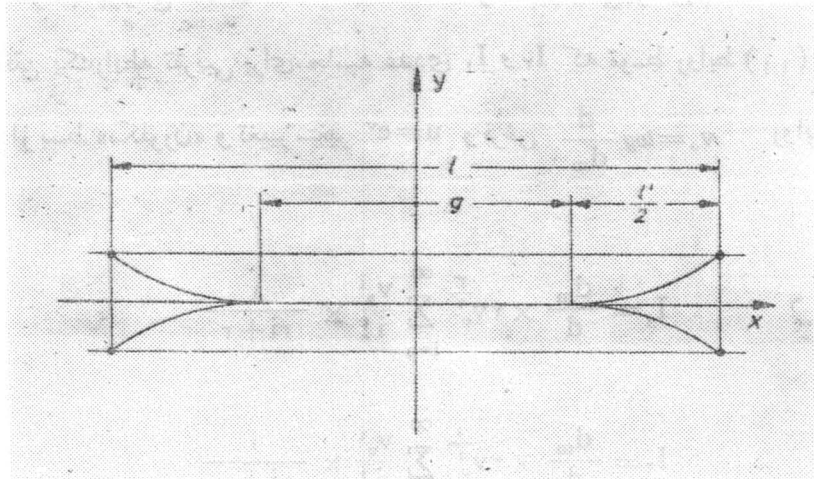
$$I_r \left(I_r \frac{-I_1 + \left(\log \frac{d}{d_m} \right)^{\frac{1}{r}}}{-I_r + \left(\log \frac{d}{d_m} \right)^{-\frac{1}{r}}} + r I_1 \right) = r A \quad (16)$$

و از اینجا ماکزیمم شدت جریان J با فرض $d_m \neq 0$ بدست میآید .

ب- ۲ : مطالعه حالتیکه در اثر عبور جریان سیمها بهم نزدیک شده و در طول g باهم تماس میگیرند (شکل ۳) .

اگر در اثر یک میدان مغناطیسی سیمها با یکدیگر تماس پیدا کنند ، محاسبات بطریق زیر انجام میگردد با توجه به شکل (۳) شرائط حدی بقرار زیراند :

$$\begin{cases} x = \frac{g}{2} \\ y = r \\ \frac{dy}{dx} = 0 \end{cases}$$



شکل ۳: خطوط یک باندل دوتایی درحوزه مقناطیسی قوی با تماس متقابل سیمها

با اعمال این شرایط درمعادله (۷) مقدار C_1 برابر r تعیین میگردد و درنتیجه:

$$\frac{dy}{dx} = J \sqrt{\frac{rk}{H}} \log \frac{y}{r}$$

و مانند حالت ب - ۱ طول قوس سیم را بدست میآوریم (در اینجا فقط حدود وثابت انتگرال تغییر کرده است).

$$S = l + J \sqrt{\frac{rk}{H}} d I_1 \left(\frac{d}{r} \right)$$

و شدت جریان:

$$J = \frac{1}{\sqrt{rk}} \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{I_1 \left(\frac{d}{r} \right)} \left[\frac{S_0}{l} \left(1 + \frac{H - H_0}{EF} \right) - 1 \right] \sqrt{H} \quad (17)$$

طول l' (طول قسمتی از سیمها که باهم تماس ندارند) از رابطه زیر بدست میآید:

$$\frac{l'}{r} = \frac{1}{J} \sqrt{\frac{H}{rk}} d I_2 \left(\frac{d}{r} \right) \quad (18)$$

پس از قرار دادن J از رابطه (۱۷) درمعادله (۱۸) و منظور کردن رابطه:

$$l = l' + g \quad (19)$$

میتوان طول تماس g را برحسب پارامترهای خط بدست آورد:

$$g = l - r l \left(\frac{d}{l} \right)^2 I_1 \left(\frac{d}{r} \right) I_2 \left(\frac{d}{r} \right) \frac{1}{\left\{ \frac{H}{EF} - \left[\frac{H_0}{EF} - \frac{1}{r^2} \left(\frac{q_0 l}{H_0} \right)^2 \right] \right\} \sqrt{H}} \quad (20)$$

III - اکنون به بررسی عددی I_1 و I_2 با استفاده از کامپیوتر می پردازیم^(۱):

برای یافتن یک رابطه تقریبی برای محاسبه عددی I_1 و I_2 که توسط روابط (۱۱) و (۱۲) معرفی

شده اند با استفاده از بسط «مکلورن» و تغییر متغیر $u = e^v$ و فرض $v_0 = \log \frac{d}{d_m}$ روابط زیر بدست می آیند:

$$I_1 = \frac{d_m}{d} \times v_0^{\frac{3}{2}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{v_0^i}{i!} \times \frac{1}{vi+3} \quad (21)$$

$$I_2 = \frac{d_m}{d} \times v_0^{\frac{1}{2}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{v_0^i}{i!} \times \frac{1}{vi+1} \quad (22)$$

برای محاسبه مقادیر I_1 و I_2 یعنی:

$$INTI = \int_1^{\frac{d}{d_m}} \frac{1}{\sqrt{\log u}} du$$

$$INT_2 = \int_1^{\frac{d}{d_m}} \frac{1}{\sqrt{1/\log u}} du$$

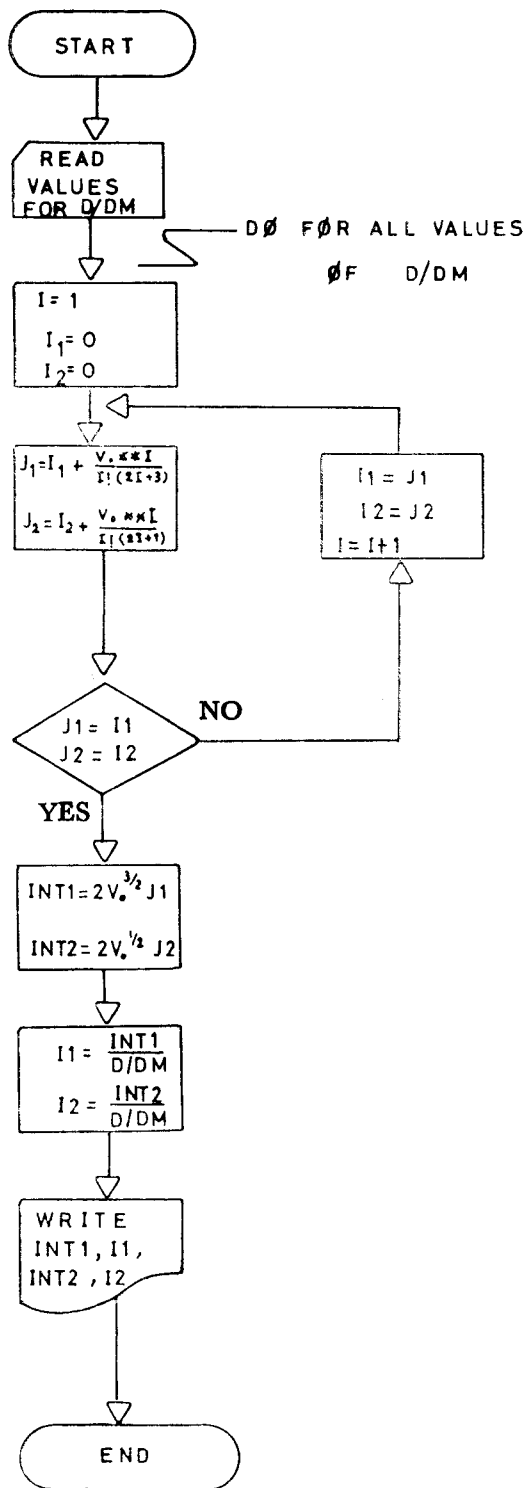
برنامه ای مطابق دیاگرام عمل^(۲) زیر نوشته شده است^(۳) و نتایج در جداول ۱ و ۲ و ۳ مندرج

است.

۱ - مدل حسابگر الکترونیکی IBM 1130, 8K می باشد.

۲ - Flow chart

۳ - فرمولها در دیاگرام عمل با حروف بزرگ درج شده اند



I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	1	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I
I	2	I	0.59259042	I	0.29629521	I	2.14503759	I	1.07251879	I
I	3	I	1.54429477	I	0.51476492	I	3.20029289	I	1.06676429	I
I	4	I	2.66141542	I	0.66535385	I	4.09644931	I	1.02411232	I
I	5	I	3.88669963	I	0.77733992	I	4.91296312	I	0.98259262	I
I	6	I	5.19167503	I	0.86527917	I	5.67944430	I	0.94657405	I
I	7	I	6.55935541	I	0.93705077	I	6.41071278	I	0.91581611	I
I	8	I	7.97850195	I	0.99731274	I	7.11542621	I	0.88942827	I
I	9	I	9.44115495	I	1.04901721	I	7.79915851	I	0.86657316	I
I	10	I	10.94139729	I	1.09413972	I	8.46574797	I	0.84657479	I
I	11	I	12.47466716	I	1.13405065	I	9.11797120	I	0.82890647	I
I	12	I	14.03734668	I	1.16977888	I	9.75791459	I	0.81315954	I
I	13	I	15.62650024	I	1.20203848	I	10.38719360	I	0.79901489	I
I	14	I	17.23970109	I	1.23140722	I	11.00708967	I	0.78622069	I
I	15	I	18.87491156	I	1.25832743	I	11.61864024	I	0.77457601	I
I	16	I	20.53039775	I	1.28314985	I	12.22269929	I	0.76391870	I
I	17	I	22.20466776	I	1.30615692	I	12.81998037	I	0.75411649	I
I	18	I	23.89642458	I	1.32757914	I	13.41108677	I	0.74506037	I
I	19	I	25.60453112	I	1.34760690	I	13.99653452	I	0.73665971	I
I	20	I	27.32798310	I	1.36639915	I	14.57676900	I	0.72883844	I
I	21	I	29.06588654	I	1.38408983	I	15.15217795	I	0.72153228	I
I	22	I	30.81744267	I	1.40079284	I	15.72310167	I	0.71468643	I
I	23	I	32.58193130	I	1.41660570	I	16.28984060	I	0.70825393	I
I	24	I	34.35870170	I	1.43161257	I	16.85266166	I	0.70219423	I
I	25	I	36.14716278	I	1.44588651	I	17.41180352	I	0.69647214	I
I	26	I	37.94677507	I	1.45949134	I	17.96748046	I	0.69105694	I
I	27	I	39.75704485	I	1.47248314	I	18.51988586	I	0.68592169	I
I	28	I	41.57751789	I	1.48491135	I	19.06919497	I	0.68104267	I
I	29	I	43.40777622	I	1.49681986	I	19.61556719	I	0.67639886	I
I	30	I	45.24743247	I	1.50824774	I	20.15914813	I	0.67197160	I
I	31	I	47.09612801	I	1.51922993	I	20.70007116	I	0.66774423	I
I	32	I	48.95352926	I	1.52979778	I	21.23845867	I	0.66370183	I
I	33	I	50.81932525	I	1.53997955	I	21.77442379	I	0.65983102	I
I	34	I	52.69322578	I	1.54980075	I	22.30807089	I	0.65611973	I
I	35	I	54.57495866	I	1.55928453	I	22.83949653	I	0.65255704	I
I	36	I	56.46426948	I	1.56845192	I	23.36879085	I	0.64913307	I
I	37	I	58.36091814	I	1.57732211	I	23.89603723	I	0.64583884	I
I	38	I	60.26467952	I	1.58591261	I	24.42131375	I	0.64266615	I
I	39	I	62.17534069	I	1.59423950	I	24.94469334	I	0.63960752	I
I	40	I	64.09270119	I	1.60231753	I	25.46624421	I	0.63665610	I
I	41	I	66.01657032	I	1.61016025	I	25.98603056	I	0.63380562	I
I	42	I	67.94676873	I	1.61778020	I	26.50411240	I	0.63105029	I
I	43	I	69.88312566	I	1.62518896	I	27.02054657	I	0.62838480	I
I	44	I	71.82547888	I	1.63239724	I	27.53538642	I	0.62580423	I
I	45	I	73.77367424	I	1.63941498	I	28.04868229	I	0.62330405	I
I	46	I	75.72756543	I	1.64625142	I	28.56048198	I	0.62088004	I
I	47	I	77.68701168	I	1.653291514	I	29.07083056	I	0.61852831	I
I	48	I	79.65188029	I	1.65941417	I	29.57977069	I	0.61624522	I
I	49	I	81.622204372	I	1.66575599	I	30.08734311	I	0.61402741	I
I	50	I	83.59738013	I	1.67194760	I	30.59358637	I	0.61187172	I

I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	51	I	85.57777252	I	1.67799553	I	31.09853696	I	0.60977523	I
I	52	I	87.56310981	I	1.68390595	I	31.60222999	I	0.60773519	I
I	53	I	89.55328482	I	1.68968461	I	32.10469862	I	0.60574903	I
I	54	I	91.54819455	I	1.69533693	I	32.60597462	I	0.60381434	I
I	55	I	93.54774051	I	1.70086800	I	33.10608829	I	0.60192887	I
I	56	I	95.55182847	I	1.70628265	I	33.60506860	I	0.60009051	I
I	57	I	97.56036660	I	1.71158537	I	34.10294336	I	0.59829725	I
I	58	I	99.57326832	I	1.71678048	I	34.59973895	I	0.59654722	I
I	59	I	101.59044748	I	1.72187199	I	35.09548090	I	0.59483865	I
I	60	I	103.61182403	I	1.72686373	I	35.59019342	I	0.59316989	I
I	61	I	105.63731914	I	1.73175933	I	36.08390001	I	0.59153934	I
I	62	I	107.66685694	I	1.73656220	I	36.57662311	I	0.58994553	I
I	63	I	109.70036533	I	1.74127563	I	37.06838431	I	0.58838705	I
I	64	I	111.73777243	I	1.74590269	I	37.55920432	I	0.58686256	I
I	65	I	113.77900990	I	1.75044630	I	38.04910293	I	0.58537081	I
I	66	I	115.82401403	I	1.75490930	I	38.53809991	I	0.58391060	I
I	67	I	117.87271830	I	1.75929430	I	39.02621321	I	0.58248079	I
I	68	I	119.92506346	I	1.76360387	I	39.51346115	I	0.58108031	I
I	69	I	121.98098701	I	1.76784039	I	39.99986045	I	0.57970812	I
I	70	I	124.04043242	I	1.77200617	I	40.48542794	I	0.57836325	I
I	71	I	126.10334381	I	1.77610343	I	40.97018012	I	0.57704479	I
I	72	I	128.16966652	I	1.78013425	I	41.45413163	I	0.57575182	I
I	73	I	130.23934686	I	1.78410064	I	41.93729816	I	0.57448353	I
I	74	I	132.31233483	I	1.78800452	I	42.41969399	I	0.57323910	I
I	75	I	134.38857841	I	1.79184771	I	42.90133272	I	0.57201776	I
I	76	I	136.46803230	I	1.79563200	I	43.38222870	I	0.57081879	I
I	77	I	138.55064648	I	1.79935904	I	43.86239448	I	0.56964148	I
I	78	I	140.63637632	I	1.80303046	I	44.34184291	I	0.56848516	I
I	79	I	142.72517746	I	1.80664781	I	44.82058641	I	0.56734919	I
I	80	I	144.81700742	I	1.81021259	I	45.29863725	I	0.56623296	I
I	81	I	146.91182219	I	1.81372619	I	45.77600620	I	0.56513587	I
I	82	I	149.00958085	I	1.81719000	I	46.25270526	I	0.56405738	I
I	83	I	151.11024630	I	1.82060537	I	46.72874519	I	0.56299693	I
I	84	I	153.21377605	I	1.82397352	I	47.20413658	I	0.56195400	I
I	85	I	155.32013410	I	1.82729569	I	47.67888966	I	0.56092811	I
I	86	I	157.42928391	I	1.83057306	I	48.15301464	I	0.55991877	I
I	87	I	159.54118758	I	1.83380675	I	48.62652109	I	0.55892552	I
I	88	I	161.65581136	I	1.83699785	I	49.09941862	I	0.55794793	I
I	89	I	163.77311939	I	1.84014740	I	49.57171615	I	0.55698557	I
I	90	I	165.89308005	I	1.84325644	I	50.04342308	I	0.55603803	I
I	91	I	168.01566159	I	1.84632595	I	50.51454834	I	0.55510492	I
I	92	I	170.14082801	I	1.84935682	I	50.98509977	I	0.55418586	I
I	93	I	172.26855057	I	1.85235000	I	51.45508590	I	0.55328049	I
I	94	I	174.39879894	I	1.85530637	I	51.92451499	I	0.55238845	I
I	95	I	176.53154170	I	1.85822675	I	52.39339463	I	0.55150941	I
I	96	I	178.66675156	I	1.86111199	I	52.86173263	I	0.55064304	I
I	97	I	180.80439919	I	1.86396287	I	53.32953646	I	0.54978903	I
I	98	I	182.94445747	I	1.86678017	I	53.79681377	I	0.54894707	I
I	99	I	185.08689761	I	1.86956462	I	54.26357112	I	0.54811688	I
I	100	I	187.23169457	I	1.87231694	I	54.72981598	I	0.54729816	I

I	D/D0	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	0.1	I	0.70623512	I	7.06235120	I	1.71595566	I	17.15955664	I
I	0.2	I	0.56798802	I	2.83994012	I	1.64343054	I	8.21715272	I
I	0.3	I	0.45006390	I	1.50021302	I	1.55848197	I	5.19493993	I
I	0.4	I	0.34751559	I	0.86878899	I	1.46081580	I	3.65203951	I
I	0.5	I	0.25811312	I	0.51622624	I	1.34878085	I	2.69756171	I
I	0.6	I	0.18077860	I	0.30129767	I	1.21922200	I	2.03203667	I
I	0.7	I	0.11515675	I	0.16450964	I	1.06642527	I	1.52346468	I
I	0.8	I	0.06157229	I	0.07696537	I	0.87895375	I	1.09869219	I
I	0.9	I	0.02141099	I	0.02378999	I	0.62708911	I	0.69676568	I
I	1.0	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I
I	1.1	I	0.02077725	I	0.01888841	I	0.63763711	I	0.57967010	I
I	1.2	I	0.05796511	I	0.04830426	I	0.90884884	I	0.75737403	I
I	1.3	I	0.10511105	I	0.08085465	I	1.12153703	I	0.86272079	I
I	1.4	I	0.15983701	I	0.11416929	I	1.30450031	I	0.93178594	I
I	1.5	I	0.22075481	I	0.14716987	I	1.46877463	I	0.97918308	I
I	1.6	I	0.28692755	I	0.17932971	I	1.61996283	I	1.01247677	I
I	1.7	I	0.35767139	I	0.21039493	I	1.76136117	I	1.03609481	I
I	1.8	I	0.43246163	I	0.24025646	I	1.89509759	I	1.05283199	I
I	1.9	I	0.51088132	I	0.26888490	I	2.02263714	I	1.06454586	I
I	2.0	I	0.59259042	I	0.29629521	I	2.14503759	I	1.07251879	I
I	2.1	I	0.67730591	I	0.32252662	I	2.26309112	I	1.07766244	I
I	2.2	I	0.76478841	I	0.34763109	I	2.37740850	I	1.08064023	I
I	2.3	I	0.85483268	I	0.37166638	I	2.48847193	I	1.08194432	I
I	2.4	I	0.94726080	I	0.39469200	I	2.59666971	I	1.08194571	I
I	2.5	I	1.04191701	I	0.41676680	I	2.70231975	I	1.08092790	I
I	2.6	I	1.13866385	I	0.43794763	I	2.80568609	I	1.07911003	I
I	2.7	I	1.23737909	I	0.45828855	I	2.90699074	I	1.07666323	I
I	2.8	I	1.33795336	I	0.47784048	I	3.00642242	I	1.07372229	I
I	2.9	I	1.44028827	I	0.49665112	I	3.10414307	I	1.07039416	I
I	3.0	I	1.54429477	I	0.51476492	I	3.20029289	I	1.06676429	I
I	3.1	I	1.64989196	I	0.53222321	I	3.29499408	I	1.06290131	I
I	3.2	I	1.75700602	I	0.54906438	I	3.38835400	I	1.05886062	I
I	3.3	I	1.86556931	I	0.56532403	I	3.48046747	I	1.05468711	I
I	3.4	I	1.97551965	I	0.58103519	I	3.57141877	I	1.05041728	I
I	3.5	I	2.08679971	I	0.59622848	I	3.66128316	I	1.04608090	I
I	3.6	I	2.19935644	I	0.61093234	I	3.75012817	I	1.04170226	I
I	3.7	I	2.31314061	I	0.62517313	I	3.83801468	I	1.03730126	I
I	3.8	I	2.42810647	I	0.63897538	I	3.92499775	I	1.03289414	I
I	3.9	I	2.54421136	I	0.65236188	I	4.01112743	I	1.02849421	I
I	4.0	I	2.66141542	I	0.66535385	I	4.09644931	I	1.02411232	I
I	4.1	I	2.77968131	I	0.67797105	I	4.18100508	I	1.01975733	I
I	4.2	I	2.89897405	I	0.69023191	I	4.26483299	I	1.01543642	I
I	4.3	I	3.01926070	I	0.70215365	I	4.34796819	I	1.01115539	I
I	4.4	I	3.14051029	I	0.71375234	I	4.43044311	I	1.00691889	I
I	4.5	I	3.26269360	I	0.72504302	I	4.51228774	I	1.00273061	I
I	4.6	I	3.38578301	I	0.73603978	I	4.59352985	I	0.99859344	I
I	4.7	I	3.50975243	I	0.74675583	I	4.67419523	I	0.99450962	I
I	4.8	I	3.63457712	I	0.75720356	I	4.75430790	I	0.99048081	I
I	4.9	I	3.76023361	I	0.76739461	I	4.83389022	I	0.98650820	I
I	5.0	I	3.88669963	I	0.77733992	I	4.91296312	I	0.98259262	I

I	O/OO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	5.1	I	4.01395398	I	0.78704980	I	4.99154614	I	0.97873453	I
I	5.2	I	4.14197548	I	0.79553394	I	5.06965763	I	0.97493415	I
I	5.3	I	4.27074793	I	0.80580149	I	5.14731481	I	0.97119147	I
I	5.4	I	4.40024995	I	0.81486110	I	5.22453386	I	0.96750627	I
I	5.5	I	4.53046506	I	0.82372092	I	5.30133006	I	0.96387819	I
I	5.6	I	4.66137549	I	0.83238865	I	5.37771775	I	0.96030674	I
I	5.7	I	4.79296825	I	0.84087162	I	5.45371052	I	0.95679131	I
I	5.8	I	4.92522494	I	0.84917671	I	5.52932121	I	0.95333124	I
I	5.9	I	5.05813192	I	0.85731049	I	5.60456197	I	0.94992575	I
I	6.0	I	5.19167503	I	0.86527917	I	5.67944430	I	0.94657405	I
I	6.1	I	5.32584073	I	0.87308864	I	5.75397911	I	0.94327526	I
I	6.2	I	5.46061602	I	0.88074452	I	5.82317682	I	0.94002852	I
I	6.3	I	5.59598838	I	0.88825212	I	5.90204725	I	0.93683289	I
I	6.4	I	5.73194582	I	0.89561653	I	5.97559981	I	0.93368747	I
I	6.5	I	5.86847666	I	0.90284256	I	6.04884343	I	0.93059129	I
I	6.6	I	6.00556980	I	0.90993481	I	6.12178665	I	0.92754343	I
I	6.7	I	6.14321445	I	0.91689767	I	6.19443758	I	0.92454292	I
I	6.8	I	6.28140023	I	0.92373532	I	6.26680402	I	0.92158882	I
I	6.9	I	6.42011710	I	0.93045175	I	6.33889338	I	0.91868020	I
I	7.0	I	6.55935541	I	0.93705077	I	6.41071278	I	0.91581611	I
I	7.1	I	6.69910582	I	0.94353603	I	6.48226903	I	0.91299563	I
I	7.2	I	6.83935924	I	0.94991100	I	6.55356860	I	0.91021786	I
I	7.3	I	6.98010694	I	0.95617903	I	6.62461779	I	0.90748188	I
I	7.4	I	7.12134045	I	0.96234330	I	6.69542258	I	0.90478683	I
I	7.5	I	7.26305157	I	0.96840687	I	6.76598874	I	0.90213183	I
I	7.6	I	7.40523241	I	0.97437268	I	6.83632178	I	0.89951602	I
I	7.7	I	7.54787519	I	0.98024353	I	6.90642699	I	0.89693857	I
I	7.8	I	7.69097252	I	0.98602211	I	6.97630961	I	0.89439866	I
I	7.9	I	7.83451709	I	0.99171102	I	7.04597440	I	0.89189549	I
I	8.0	I	7.97850195	I	0.99731274	I	7.11542621	I	0.88942827	I
I	8.1	I	8.12292022	I	1.00282965	I	7.18466953	I	0.88699623	I
I	8.2	I	8.26776530	I	1.00826406	I	7.25370888	I	0.88459864	I
I	8.3	I	8.41303078	I	1.01361816	I	7.32254841	I	0.88223474	I
I	8.4	I	8.55871035	I	1.01859409	I	7.39119226	I	0.87990384	I
I	8.5	I	8.70479800	I	1.02409388	I	7.45964436	I	0.87760522	I
I	8.6	I	8.85128771	I	1.02921950	I	7.52790856	I	0.87533820	I
I	8.7	I	8.99817381	I	1.03427285	I	7.59598859	I	0.87310213	I
I	8.8	I	9.14545066	I	1.03925575	I	7.66389795	I	0.87089635	I
I	8.9	I	9.29311281	I	1.04416997	I	7.73161015	I	0.86872024	I
I	9.0	I	9.44115495	I	1.04901721	I	7.79915851	I	0.86657316	I
I	9.1	I	9.58957187	I	1.05379910	I	7.86653631	I	0.86445454	I
I	9.2	I	9.73835853	I	1.05851723	I	7.93374665	I	0.86236376	I
I	9.3	I	9.88751003	I	1.06317312	I	8.00079262	I	0.86030028	I
I	9.4	I	10.03702163	I	1.06776825	I	8.06767712	I	0.85826352	I
I	9.5	I	10.18688855	I	1.07230405	I	8.13440303	I	0.85625294	I
I	9.6	I	10.33710623	I	1.07678190	I	8.20097310	I	0.85426803	I
I	9.7	I	10.48767025	I	1.08120311	I	8.26739007	I	0.85230825	I
I	9.8	I	10.63857623	I	1.08556900	I	8.33365650	I	0.85037311	I
I	9.9	I	10.78981996	I	1.08988030	I	8.39977498	I	0.84846211	I
I	10.0	I	10.94139729	I	1.09413972	I	8.46574797	I	0.84657479	I

D/DO	INT1	I1	INT2	I2
0.01	0.86263456	86.26345625	1.76818840	176.81884056
0.02	0.84210029	42.10501499	1.76331585	88.16579279
0.03	0.82287861	27.42928713	1.75811209	58.60373628
0.04	0.80456109	20.11402726	1.75265200	43.81630001
0.05	0.78694625	15.73892508	1.74697436	34.93948721
0.06	0.76991227	12.83187123	1.74110326	29.01838766
0.07	0.75337694	10.76252775	1.73505521	24.78650308
0.08	0.73728077	9.21600963	1.72884220	21.61052748
0.09	0.72157865	8.01754065	1.72247333	19.13859263
0.10	0.70623512	7.06235120	1.71595566	17.15955664
0.11	0.69122148	6.28383171	1.70929479	15.53904360
0.12	0.67651413	5.63761777	1.70249525	14.18746046
0.13	0.66209315	5.09302430	1.69556069	13.04277459
0.14	0.64794165	4.62315466	1.68849411	12.06067223
0.15	0.63404500	4.22696668	1.68129794	11.20865294
0.16	0.62039049	3.87744056	1.67397417	10.46233857
0.17	0.60696692	3.57339370	1.66652440	9.80308474
0.18	0.59376440	3.29869113	1.65894992	9.21638848
0.19	0.58077408	3.05670568	1.65125172	8.69079856
0.20	0.56798802	2.83994012	1.64343054	8.21715272
0.21	0.55539908	2.64475756	1.63548690	7.78803288
0.22	0.54300079	2.46818541	1.62742113	7.39736878
0.23	0.53078723	2.30777057	1.61923335	7.04014502
0.24	0.51875303	2.16147098	1.61092355	6.71218147
0.25	0.50689326	2.02757305	1.60249154	6.40996616
0.26	0.49520338	1.90462840	1.59393698	6.13052685
0.27	0.48367922	1.79140454	1.58525941	5.87133116
0.28	0.47231693	1.68684618	1.57645822	5.63020797
0.29	0.46111292	1.59004457	1.56753270	5.40528518
0.30	0.45006390	1.50021302	1.55848197	5.19493993
0.31	0.43916680	1.41666709	1.54930509	4.99775836
0.32	0.42841874	1.33880858	1.54000092	4.81250290
0.33	0.41781708	1.26611238	1.53056829	4.63808575
0.34	0.40735933	1.19811570	1.52100586	4.47354665
0.35	0.39704318	1.13440911	1.51131217	4.31803477
0.36	0.38686647	1.07462910	1.50148566	4.17079351
0.37	0.37682718	1.01845185	1.49152465	4.03114769
0.38	0.36692343	0.96558797	1.48142731	3.89849293
0.39	0.35715344	0.91577807	1.47119172	3.77228647
0.40	0.34751559	0.86878899	1.46081580	3.65203951
0.41	0.33800833	0.82441058	1.45029736	3.53731063
0.42	0.32863024	0.78245295	1.43963405	3.42770012
0.43	0.31937996	0.74274411	1.42882339	3.32284509
0.44	0.31025627	0.70512789	1.41786274	3.22241532
0.45	0.30125800	0.66946222	1.40674932	3.12610960
0.46	0.29238407	0.63561755	1.39548016	3.03365253
0.47	0.28363350	0.60347554	1.38405215	2.94479181
0.48	0.27500537	0.57292786	1.37246196	2.85929575
0.49	0.26649883	0.54387518	1.36070610	2.77695122
0.50	0.25811312	0.51622624	1.34878085	2.69756171

I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	0.51	I	0.24984752	I	0.48989710	I	1.33668230	I	2.62094570	I
I	0.52	I	0.24170140	I	0.46481039	I	1.32440630	I	2.54693519	I
I	0.53	I	0.23367420	I	0.44089471	I	1.31194844	I	2.47537441	I
I	0.54	I	0.22576539	I	0.41808407	I	1.29930406	I	2.40611864	I
I	0.55	I	0.21797455	I	0.39631737	I	1.28646823	I	2.33903315	I
I	0.56	I	0.21030129	I	0.37553803	I	1.27343570	I	2.27399234	I
I	0.57	I	0.20274529	I	0.35569350	I	1.26020092	I	2.21087882	I
I	0.58	I	0.19530630	I	0.33673500	I	1.24675797	I	2.14958271	I
I	0.59	I	0.18798411	I	0.31861714	I	1.23310056	I	2.09000095	I
I	0.60	I	0.18077860	I	0.30129767	I	1.21922200	I	2.03203667	I
I	0.61	I	0.17368968	I	0.28473719	I	1.20511514	I	1.97559860	I
I	0.62	I	0.16671736	I	0.26889898	I	1.19077238	I	1.92060062	I
I	0.63	I	0.15986169	I	0.25374871	I	1.17618558	I	1.86696124	I
I	0.64	I	0.15312278	I	0.23925434	I	1.16134601	I	1.81460315	I
I	0.65	I	0.14650082	I	0.22538587	I	1.14624435	I	1.76345285	I
I	0.66	I	0.13999606	I	0.21211525	I	1.13087056	I	1.71344025	I
I	0.67	I	0.13360884	I	0.19941618	I	1.11521386	I	1.66449831	I
I	0.68	I	0.12733955	I	0.18726404	I	1.09926262	I	1.61656268	I
I	0.69	I	0.12118866	I	0.17563575	I	1.08300429	I	1.56957144	I
I	0.70	I	0.11515675	I	0.16450964	I	1.06642527	I	1.52345467	I
I	0.71	I	0.10924444	I	0.15386541	I	1.04951082	I	1.47818426	I
I	0.72	I	0.10345247	I	0.14368399	I	1.03224490	I	1.43367348	I
I	0.73	I	0.09778168	I	0.13394751	I	1.01461002	I	1.38987674	I
I	0.74	I	0.09223298	I	0.12463917	I	0.99658702	I	1.34673922	I
I	0.75	I	0.08680744	I	0.11574325	I	0.97815491	I	1.30420655	I
I	0.76	I	0.08150619	I	0.10724499	I	0.95929054	I	1.26222439	I
I	0.77	I	0.07633054	I	0.09913058	I	0.93996832	I	1.22073808	I
I	0.78	I	0.07128193	I	0.09138708	I	0.92015987	I	1.17969214	I
I	0.79	I	0.06636192	I	0.08400243	I	0.89983351	I	1.13902976	I
I	0.80	I	0.06157229	I	0.07696537	I	0.87895375	I	1.09869219	I
I	0.81	I	0.05691499	I	0.07026542	I	0.85748063	I	1.05861806	I
I	0.82	I	0.05239218	I	0.06389291	I	0.83536882	I	1.01874247	I
I	0.83	I	0.04800627	I	0.05783886	I	0.81256665	I	0.97899597	I
I	0.84	I	0.04375994	I	0.05209517	I	0.78901472	I	0.93930324	I
I	0.85	I	0.03965620	I	0.04665435	I	0.76464423	I	0.89958144	I
I	0.86	I	0.03569841	I	0.04150977	I	0.73937469	I	0.85973801	I
I	0.87	I	0.03189036	I	0.03665559	I	0.71311102	I	0.81966784	I
I	0.88	I	0.02823637	I	0.03209678	I	0.68573950	I	0.77924943	I
I	0.89	I	0.02474136	I	0.02779928	I	0.65712220	I	0.73833955	I
I	0.90	I	0.02141099	I	0.02378999	I	0.62708911	I	0.69676568	I
I	0.91	I	0.01825188	I	0.02005701	I	0.59542656	I	0.65431490	I
I	0.92	I	0.01527181	I	0.01659979	I	0.56185970	I	0.61071707	I
I	0.93	I	0.01248012	I	0.01341949	I	0.52602469	I	0.56561794	I
I	0.94	I	0.00988825	I	0.01051941	I	0.48742212	I	0.51853417	I
I	0.95	I	0.00751057	I	0.00790586	I	0.44533358	I	0.46877218	I
I	0.96	I	0.00536583	I	0.00558941	I	0.39865718	I	0.41526790	I
I	0.97	I	0.00347987	I	0.00358749	I	0.34553953	I	0.35622632	I
I	0.98	I	0.00189131	I	0.00192991	I	0.28236964	I	0.28813229	I
I	0.99	I	0.00066767	I	0.00067441	I	0.19983303	I	0.20185154	I
I	1.00	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I	0.00000000	I

D/DO	INT1	I1	INT2	I2
1.01	0.00066567	0.00065907	0.20016636	0.19818451
1.02	0.00188000	0.00184314	0.28331247	0.27775732
1.03	0.00344869	0.00334824	0.34727168	0.33715697
1.04	0.00530181	0.00509790	0.40132413	0.38588859
1.05	0.00739871	0.00704639	0.44906098	0.42767712
1.06	0.00971176	0.00916203	0.49232228	0.46445498
1.07	0.01222058	0.01142110	0.53220013	0.49738330
1.08	0.01490930	0.01380491	0.56940541	0.52722723
1.09	0.01776508	0.01629824	0.60443145	0.55452427
1.10	0.02077725	0.01888841	0.63763711	0.57967010
1.11	0.02393676	0.02156464	0.66929305	0.60296671
1.12	0.02723578	0.02431766	0.69960932	0.62465118
1.13	0.03066748	0.02713936	0.72875285	0.64491403
1.14	0.03422581	0.03002264	0.75685881	0.66391123
1.15	0.03790534	0.03296116	0.78403852	0.68177262
1.16	0.04170121	0.03594932	0.81038491	0.69860768
1.17	0.04560900	0.03898205	0.83597653	0.71450985
1.18	0.04962466	0.04205480	0.86088044	0.72955970
1.19	0.05374451	0.04516345	0.88515447	0.74382728
1.20	0.05796511	0.04830426	0.90884884	0.75737403
1.21	0.06228332	0.05147382	0.93200756	0.77025418
1.22	0.06669619	0.05466900	0.95466941	0.78251591
1.23	0.07120097	0.05788697	0.97688675	0.79420224
1.24	0.07579512	0.06112510	0.99863625	0.80535181
1.25	0.08047622	0.06438097	1.01999937	0.81599949
1.26	0.08524200	0.06765238	1.04098280	0.82617683
1.27	0.09009034	0.07093728	1.06160891	0.83591252
1.28	0.09501922	0.07423376	1.08189794	0.84523276
1.29	0.10002673	0.07754010	1.10186837	0.85416152
1.30	0.10511105	0.08085465	1.12153703	0.86272079
1.31	0.11027047	0.08417593	1.14091940	0.87093084
1.32	0.11550334	0.08750253	1.16002966	0.87881034
1.33	0.12080811	0.09083317	1.17888089	0.88637661
1.34	0.12618329	0.09416663	1.19748521	0.89364567
1.35	0.13162744	0.09750180	1.21585378	0.90063243
1.36	0.13713920	0.10083765	1.23399701	0.90735074
1.37	0.14271727	0.10417319	1.25192457	0.91381355
1.38	0.14836039	0.10750753	1.26964546	0.92003294
1.39	0.15406736	0.11083983	1.28716808	0.92602020
1.40	0.15983701	0.11416929	1.30450031	0.93178593
1.41	0.16566824	0.11749520	1.32164952	0.93734008
1.42	0.17155997	0.12081688	1.33862262	0.94269198
1.43	0.17751116	0.12413368	1.35542611	0.94785043
1.44	0.18352082	0.12744501	1.37206612	0.95282369
1.45	0.18958798	0.13075033	1.38854841	0.95761959
1.46	0.19571172	0.13404912	1.40487843	0.96224550
1.47	0.20189112	0.13734090	1.42106132	0.96670838
1.48	0.20812533	0.14062522	1.43710195	0.97101483
1.49	0.21441350	0.14390168	1.45300492	0.97517109
1.50	0.22075481	0.14716987	1.46877463	0.97918308

I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	1.51	I	0.22714847	I	0.15042945	I	1.48441521	I	0.98305643	I
I	1.52	I	0.23359371	I	0.15368007	I	1.49993062	I	0.98679646	I
I	1.53	I	0.24008979	I	0.15692143	I	1.51532459	I	0.99040823	I
I	1.54	I	0.24663598	I	0.16015323	I	1.53060072	I	0.99389657	I
I	1.55	I	0.25323159	I	0.16337522	I	1.54576240	I	0.99726606	I
I	1.56	I	0.25987592	I	0.16658713	I	1.56081288	I	1.00052108	I
I	1.57	I	0.26656832	I	0.16978874	I	1.57575526	I	1.00366577	I
I	1.58	I	0.27330814	I	0.17297984	I	1.59059252	I	1.00670412	I
I	1.59	I	0.28009476	I	0.17616022	I	1.60532747	I	1.00963991	I
I	1.60	I	0.28692755	I	0.17932971	I	1.61996283	I	1.01247677	I
I	1.61	I	0.29380592	I	0.18249815	I	1.63450120	I	1.01521814	I
I	1.62	I	0.30072930	I	0.18563537	I	1.64894506	I	1.01786732	I
I	1.63	I	0.30769712	I	0.18877124	I	1.66329682	I	1.02042749	I
I	1.64	I	0.31470882	I	0.19189562	I	1.67755873	I	1.02290166	I
I	1.65	I	0.32176387	I	0.19500840	I	1.69173302	I	1.02529274	I
I	1.66	I	0.32886174	I	0.19810948	I	1.70582179	I	1.02760349	I
I	1.67	I	0.33600192	I	0.20119875	I	1.71982707	I	1.02983657	I
I	1.68	I	0.34318392	I	0.20427614	I	1.73375082	I	1.03199454	I
I	1.69	I	0.35040723	I	0.20734156	I	1.74759492	I	1.03407983	I
I	1.70	I	0.35767139	I	0.21039493	I	1.76136118	I	1.03609481	I
I	1.71	I	0.36497592	I	0.21343621	I	1.77505134	I	1.03804172	I
I	1.72	I	0.37232038	I	0.21646534	I	1.78866708	I	1.03992272	I
I	1.73	I	0.37970431	I	0.21948226	I	1.80221004	I	1.04173990	I
I	1.74	I	0.38712728	I	0.22248694	I	1.81568176	I	1.04349526	I
I	1.75	I	0.39458886	I	0.22547935	I	1.82908378	I	1.04519073	I
I	1.76	I	0.40208864	I	0.22845945	I	1.84241754	I	1.04682814	I
I	1.77	I	0.40962620	I	0.23142723	I	1.85568446	I	1.04840930	I
I	1.78	I	0.41720114	I	0.23438266	I	1.86888591	I	1.04993590	I
I	1.79	I	0.42481308	I	0.23732574	I	1.88202319	I	1.05140960	I
I	1.80	I	0.43246163	I	0.24025646	I	1.89509759	I	1.05283199	I
I	1.81	I	0.44014641	I	0.24317481	I	1.90811035	I	1.05420461	I
I	1.82	I	0.44786705	I	0.24608079	I	1.92106267	I	1.05552894	I
I	1.83	I	0.45562319	I	0.24897442	I	1.93395569	I	1.05680639	I
I	1.84	I	0.46341448	I	0.25185570	I	1.94679056	I	1.05803834	I
I	1.85	I	0.47124057	I	0.25472463	I	1.95956835	I	1.05922613	I
I	1.86	I	0.47910113	I	0.25758125	I	1.97229012	I	1.06037103	I
I	1.87	I	0.48699580	I	0.26042556	I	1.98495690	I	1.06147428	I
I	1.88	I	0.49492427	I	0.26325759	I	1.99756970	I	1.06253707	I
I	1.89	I	0.50288622	I	0.26607736	I	2.01012946	I	1.06356056	I
I	1.90	I	0.51088132	I	0.26888490	I	2.02263714	I	1.06454586	I
I	1.91	I	0.51890927	I	0.27168024	I	2.03509363	I	1.06549405	I
I	1.92	I	0.52696977	I	0.27446342	I	2.04749984	I	1.06640616	I
I	1.93	I	0.53506250	I	0.27723445	I	2.05985661	I	1.06728322	I
I	1.94	I	0.54318719	I	0.27999339	I	2.07216480	I	1.06812618	I
I	1.95	I	0.55134354	I	0.28274027	I	2.08442520	I	1.06893600	I
I	1.96	I	0.55953126	I	0.28547513	I	2.09663862	I	1.06971358	I
I	1.97	I	0.56775008	I	0.28819801	I	2.10880583	I	1.07045981	I
I	1.98	I	0.57599973	I	0.29090895	I	2.12092757	I	1.07117554	I
I	1.99	I	0.58427993	I	0.29360800	I	2.13300459	I	1.07186160	I
I	2.00	I	0.59259042	I	0.29629521	I	2.14503759	I	1.07251879	I

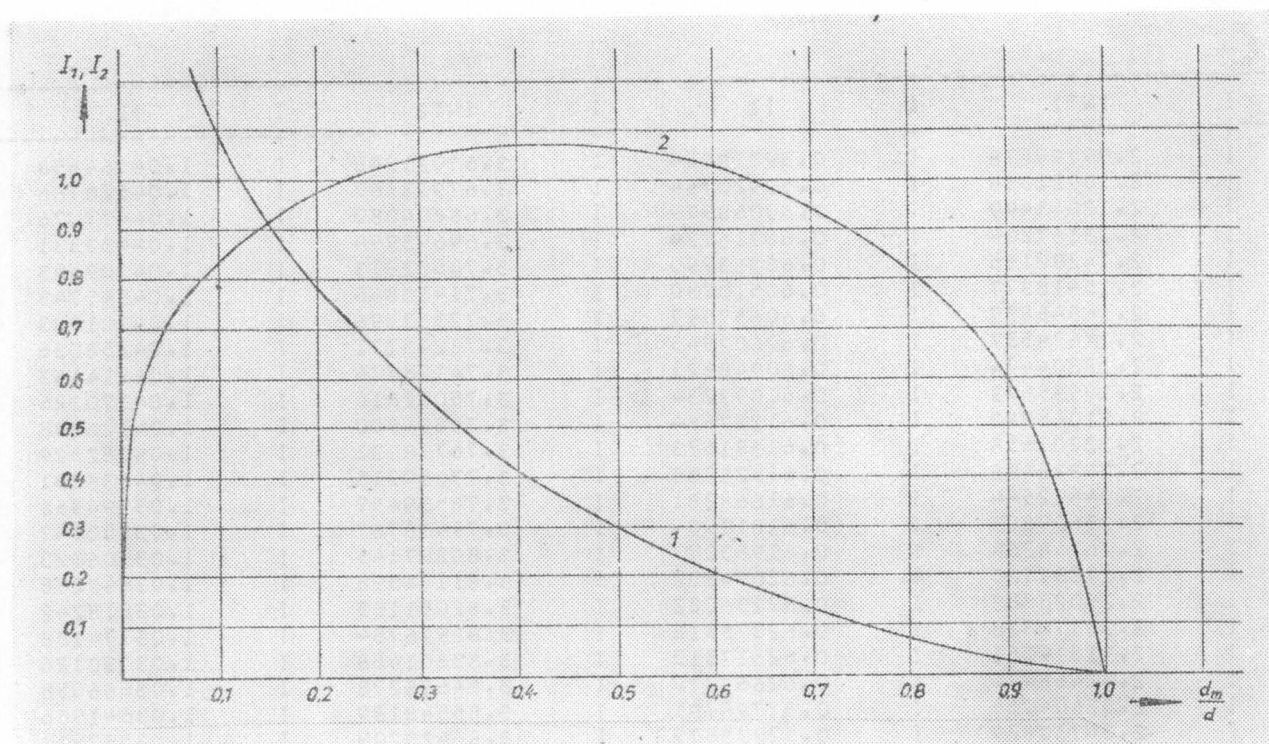
I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	2.01	I	0.60093093	I	0.29897061	I	2.15702726	I	1.07314789	I
I	2.02	I	0.60930122	I	0.30163427	I	2.16897429	I	1.07374965	I
I	2.03	I	0.61770103	I	0.30428622	I	2.18087934	I	1.07432479	I
I	2.04	I	0.62613011	I	0.30692652	I	2.19274304	I	1.07487404	I
I	2.05	I	0.63458822	I	0.30955523	I	2.20456603	I	1.07539806	I
I	2.06	I	0.64307512	I	0.31217238	I	2.21634891	I	1.07589753	I
I	2.07	I	0.65159057	I	0.31477805	I	2.22809228	I	1.07637308	I
I	2.08	I	0.66013433	I	0.31737227	I	2.23979673	I	1.07682535	I
I	2.09	I	0.66870619	I	0.31995511	I	2.25146283	I	1.07725494	I
I	2.10	I	0.67730591	I	0.32252662	I	2.26309112	I	1.07766244	I
I	2.11	I	0.68593327	I	0.32508686	I	2.27468215	I	1.07804841	I
I	2.12	I	0.69458806	I	0.32763587	I	2.28623647	I	1.07841342	I
I	2.13	I	0.70327005	I	0.33017373	I	2.29775457	I	1.07875801	I
I	2.14	I	0.71197904	I	0.33270049	I	2.30923696	I	1.07908269	I
I	2.15	I	0.72071482	I	0.33521619	I	2.32068415	I	1.07938797	I
I	2.16	I	0.72947718	I	0.33772091	I	2.33209661	I	1.07967436	I
I	2.17	I	0.73826592	I	0.34021471	I	2.34347482	I	1.07994231	I
I	2.18	I	0.74708083	I	0.34269763	I	2.35481924	I	1.08019231	I
I	2.19	I	0.75592173	I	0.34516974	I	2.36613032	I	1.08042480	I
I	2.20	I	0.76478841	I	0.34763109	I	2.37740850	I	1.08064023	I
I	2.21	I	0.77368069	I	0.35008176	I	2.38865422	I	1.08083901	I
I	2.22	I	0.78259837	I	0.35252179	I	2.39986790	I	1.08102158	I
I	2.23	I	0.79154128	I	0.35495124	I	2.41104996	I	1.08118832	I
I	2.24	I	0.80050922	I	0.35737018	I	2.42220079	I	1.08133964	I
I	2.25	I	0.80950202	I	0.35977867	I	2.43332081	I	1.08147591	I
I	2.26	I	0.81851949	I	0.36217676	I	2.44441040	I	1.08159752	I
I	2.27	I	0.82756147	I	0.36456452	I	2.45546993	I	1.08170481	I
I	2.28	I	0.83662777	I	0.36694200	I	2.46649979	I	1.08179815	I
I	2.29	I	0.84571824	I	0.36930927	I	2.47750034	I	1.08187788	I
I	2.30	I	0.85483268	I	0.37166638	I	2.48847193	I	1.08194432	I
I	2.31	I	0.86397095	I	0.37401340	I	2.49941493	I	1.08199781	I
I	2.32	I	0.87313287	I	0.37635037	I	2.51032968	I	1.08203865	I
I	2.33	I	0.88231829	I	0.37867738	I	2.52121651	I	1.08206717	I
I	2.34	I	0.89152704	I	0.38099446	I	2.53207575	I	1.08208365	I
I	2.35	I	0.90075896	I	0.38330168	I	2.54290773	I	1.08208840	I
I	2.36	I	0.91001391	I	0.38559911	I	2.55371278	I	1.08208168	I
I	2.37	I	0.91929171	I	0.38788680	I	2.56449119	I	1.08206379	I
I	2.38	I	0.92859223	I	0.39016480	I	2.57524329	I	1.08203499	I
I	2.39	I	0.93791531	I	0.39243318	I	2.58596936	I	1.08199555	I
I	2.40	I	0.94726080	I	0.39469200	I	2.59666971	I	1.08194571	I
I	2.41	I	0.95662856	I	0.39694131	I	2.60734464	I	1.08188574	I
I	2.42	I	0.96601844	I	0.39918117	I	2.61799441	I	1.08181587	I
I	2.43	I	0.97543029	I	0.40141164	I	2.62861931	I	1.08173634	I
I	2.44	I	0.98486398	I	0.40363278	I	2.63921961	I	1.08164738	I
I	2.45	I	0.99431938	I	0.40584464	I	2.64979559	I	1.08154922	I
I	2.46	I	1.00379632	I	0.40804728	I	2.66034751	I	1.08144208	I
I	2.47	I	1.01329470	I	0.41024077	I	2.67087565	I	1.08132617	I
I	2.48	I	1.02281436	I	0.41242514	I	2.68138022	I	1.08120170	I
I	2.49	I	1.03235517	I	0.41460047	I	2.69186151	I	1.08106888	I
I	2.50	I	1.04191701	I	0.41676680	I	2.70231975	I	1.08092790	I

I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	2.51	I	1.05149975	I	0.41892420	I	2.71275519	I	1.08077896	I
I	2.52	I	1.06110324	I	0.42107271	I	2.72316807	I	1.08062225	I
I	2.53	I	1.07072738	I	0.42321240	I	2.73355862	I	1.08045795	I
I	2.54	I	1.08037203	I	0.42534332	I	2.74392707	I	1.08028624	I
I	2.55	I	1.09003707	I	0.42746551	I	2.75427364	I	1.08010731	I
I	2.56	I	1.09972237	I	0.42957905	I	2.76459856	I	1.07992131	I
I	2.57	I	1.10942783	I	0.43168398	I	2.77490206	I	1.07972842	I
I	2.58	I	1.11915330	I	0.43378035	I	2.78518434	I	1.07952881	I
I	2.59	I	1.12889868	I	0.43586821	I	2.79544561	I	1.07932263	I
I	2.60	I	1.13866385	I	0.43794763	I	2.80568609	I	1.07911003	I
I	2.61	I	1.14844869	I	0.44001865	I	2.81590598	I	1.07889118	I
I	2.62	I	1.15825310	I	0.44208133	I	2.82610549	I	1.07866621	I
I	2.63	I	1.16807694	I	0.44413572	I	2.83628480	I	1.07843528	I
I	2.64	I	1.17792013	I	0.44618186	I	2.84644412	I	1.07819853	I
I	2.65	I	1.18778253	I	0.44821982	I	2.85658364	I	1.07795609	I
I	2.66	I	1.19766405	I	0.45024964	I	2.86670354	I	1.07770809	I
I	2.67	I	1.20756457	I	0.45227137	I	2.87680402	I	1.07745469	I
I	2.68	I	1.21748399	I	0.45428507	I	2.88688526	I	1.07719599	I
I	2.69	I	1.22742220	I	0.45629078	I	2.89694745	I	1.07693213	I
I	2.70	I	1.23737909	I	0.45828855	I	2.90699074	I	1.07666323	I
I	2.71	I	1.24735457	I	0.46027843	I	2.91701533	I	1.07638941	I
I	2.72	I	1.25734852	I	0.46226048	I	2.92702138	I	1.07611080	I
I	2.73	I	1.26736085	I	0.46423474	I	2.93700907	I	1.07582750	I
I	2.74	I	1.27739145	I	0.46620126	I	2.94697856	I	1.07553962	I
I	2.75	I	1.28744024	I	0.46816008	I	2.95693001	I	1.07524727	I
I	2.76	I	1.29750710	I	0.47011126	I	2.96686361	I	1.07495058	I
I	2.77	I	1.30759194	I	0.47205485	I	2.97677948	I	1.07464963	I
I	2.78	I	1.31769466	I	0.47399088	I	2.98667780	I	1.07434453	I
I	2.79	I	1.32781517	I	0.47591941	I	2.99655874	I	1.07403539	I
I	2.80	I	1.33795337	I	0.47784049	I	3.00642242	I	1.07372229	I
I	2.81	I	1.34810917	I	0.47975415	I	3.01626901	I	1.07340534	I
I	2.82	I	1.35828247	I	0.48166045	I	3.02609866	I	1.07308463	I
I	2.83	I	1.36847320	I	0.48355943	I	3.03591151	I	1.07276025	I
I	2.84	I	1.37868124	I	0.48545114	I	3.04570771	I	1.07243229	I
I	2.85	I	1.38890651	I	0.48733561	I	3.05548741	I	1.07210084	I
I	2.86	I	1.39914893	I	0.48921291	I	3.06525073	I	1.07176599	I
I	2.87	I	1.40940840	I	0.49108306	I	3.07499782	I	1.07142781	I
I	2.88	I	1.41968484	I	0.49294612	I	3.08472882	I	1.07108639	I
I	2.89	I	1.42997816	I	0.49480213	I	3.09444386	I	1.07074182	I
I	2.90	I	1.44028827	I	0.49665113	I	3.10414308	I	1.07039416	I
I	2.91	I	1.45061509	I	0.49849316	I	3.11382660	I	1.07004350	I
I	2.92	I	1.46095854	I	0.50032826	I	3.12349456	I	1.06968992	I
I	2.93	I	1.47131853	I	0.50215649	I	3.13314708	I	1.06933347	I
I	2.94	I	1.48169497	I	0.50397788	I	3.14278429	I	1.06897425	I
I	2.95	I	1.49208780	I	0.50579247	I	3.15240632	I	1.06861231	I
I	2.96	I	1.50249693	I	0.50760031	I	3.16201328	I	1.06824773	I
I	2.97	I	1.51292226	I	0.50940143	I	3.17160530	I	1.06788057	I
I	2.98	I	1.52336373	I	0.51119588	I	3.18118249	I	1.06751090	I
I	2.99	I	1.53382126	I	0.51298370	I	3.19074499	I	1.06713879	I
I	3.00	I	1.54429477	I	0.51476492	I	3.20029289	I	1.06676429	I

D/DO	INT1	I1	INT2	I2
I 3.01	I 1.55478418	I 0.51653959	I 3.20982632	I 1.06638748
I 3.02	I 1.56528941	I 0.51830775	I 3.21934538	I 1.06600840
I 3.03	I 1.57581039	I 0.51006943	I 3.22885019	I 1.06562712
I 3.04	I 1.58634704	I 0.52182468	I 3.23834088	I 1.06524371
I 3.05	I 1.59689930	I 0.52357354	I 3.24781753	I 1.06485820
I 3.06	I 1.60746707	I 0.52531603	I 3.25728026	I 1.06447067
I 3.07	I 1.61805030	I 0.52705221	I 3.26672918	I 1.06408116
I 3.08	I 1.62864890	I 0.52378211	I 3.27616438	I 1.06368973
I 3.09	I 1.63926282	I 0.53050576	I 3.28558599	I 1.06329643
I 3.10	I 1.64989196	I 0.53222321	I 3.29499408	I 1.06290131
I 3.11	I 1.66053627	I 0.53393449	I 3.30438877	I 1.06250442
I 3.12	I 1.67119567	I 0.53563964	I 3.31377017	I 1.06210582
I 3.13	I 1.68187010	I 0.53733868	I 3.32313835	I 1.06170554
I 3.14	I 1.69255948	I 0.53903168	I 3.33249343	I 1.06130364
I 3.15	I 1.70326375	I 0.54071865	I 3.34183550	I 1.06090016
I 3.16	I 1.71398283	I 0.54239963	I 3.35116466	I 1.06049514
I 3.17	I 1.72471667	I 0.54407465	I 3.36048099	I 1.06008864
I 3.18	I 1.73546519	I 0.54574377	I 3.36978460	I 1.05968069
I 3.19	I 1.74622832	I 0.54740700	I 3.37907557	I 1.05927133
I 3.20	I 1.75700602	I 0.54906438	I 3.38835400	I 1.05886062
I 3.21	I 1.76779820	I 0.55071595	I 3.39761997	I 1.05844858
I 3.22	I 1.77860480	I 0.55236174	I 3.40687357	I 1.05803527
I 3.23	I 1.78942577	I 0.55400178	I 3.41611488	I 1.05762070
I 3.24	I 1.80026102	I 0.55563612	I 3.42534402	I 1.05720494
I 3.25	I 1.811111051	I 0.55726477	I 3.43456104	I 1.05678801
I 3.26	I 1.82197418	I 0.55888778	I 3.44376604	I 1.05636995
I 3.27	I 1.83285195	I 0.56050518	I 3.45295910	I 1.05595079
I 3.28	I 1.84374377	I 0.56211700	I 3.46214031	I 1.05553058
I 3.29	I 1.85464958	I 0.56372327	I 3.47130973	I 1.05510934
I 3.30	I 1.86556931	I 0.56532403	I 3.48046747	I 1.05468711
I 3.31	I 1.87650291	I 0.56691930	I 3.48961358	I 1.05426392
I 3.32	I 1.88745032	I 0.56850913	I 3.49874817	I 1.05383981
I 3.33	I 1.89841147	I 0.57009353	I 3.50787130	I 1.05341480
I 3.34	I 1.90938631	I 0.57167254	I 3.51698305	I 1.05298893
I 3.35	I 1.92037479	I 0.57324620	I 3.52608349	I 1.05256223
I 3.36	I 1.93137684	I 0.57481453	I 3.53517271	I 1.05213473
I 3.37	I 1.94239241	I 0.57637757	I 3.54425077	I 1.05170646
I 3.38	I 1.95342143	I 0.57793533	I 3.55331775	I 1.05127744
I 3.39	I 1.96446387	I 0.57948786	I 3.56237372	I 1.05084770
I 3.40	I 1.97551965	I 0.58103519	I 3.57141877	I 1.05041728
I 3.41	I 1.98658873	I 0.58257734	I 3.58045294	I 1.04998620
I 3.42	I 1.99767105	I 0.58411434	I 3.58947634	I 1.04955448
I 3.43	I 2.00876655	I 0.58564622	I 3.59848900	I 1.04912215
I 3.44	I 2.01987518	I 0.58717301	I 3.60749101	I 1.04868924
I 3.45	I 2.03099688	I 0.58869474	I 3.61648244	I 1.04825578
I 3.46	I 2.04213161	I 0.59021145	I 3.62546335	I 1.04782177
I 3.47	I 2.05327931	I 0.59172314	I 3.63443381	I 1.04738726
I 3.48	I 2.06443993	I 0.59322986	I 3.64339389	I 1.04695226
I 3.49	I 2.07561342	I 0.59473163	I 3.65234365	I 1.04651680
I 3.50	I 2.08679971	I 0.59622848	I 3.66128316	I 1.04608090

I	D/DO	I	INT1	I	I1	I	INT2	I	I2	I
I	3.51	I	2.09799878	I	0.59772044	I	3.67021248	I	1.04564458	I
I	3.52	I	2.10921055	I	0.59920754	I	3.67913167	I	1.04520786	I
I	3.53	I	2.12043499	I	0.60068979	I	3.68804080	I	1.04477076	I
I	3.54	I	2.13167204	I	0.60216724	I	3.69693994	I	1.04433331	I
I	3.55	I	2.14292165	I	0.60363990	I	3.70582913	I	1.04389553	I
I	3.56	I	2.15418377	I	0.60510780	I	3.71470846	I	1.04345743	I
I	3.57	I	2.16545837	I	0.60657097	I	3.72357796	I	1.04301903	I
I	3.58	I	2.17674537	I	0.60802943	I	3.73243771	I	1.04258036	I
I	3.59	I	2.18804474	I	0.60948321	I	3.74128776	I	1.04214143	I
I	3.60	I	2.19935643	I	0.61093234	I	3.75012816	I	1.04170226	I
I	3.61	I	2.21068040	I	0.61237684	I	3.75895900	I	1.04126288	I
I	3.62	I	2.22201658	I	0.61381673	I	3.76778031	I	1.04082329	I
I	3.63	I	2.23336495	I	0.61525205	I	3.77659215	I	1.04038351	I
I	3.64	I	2.24472544	I	0.61668281	I	3.78539459	I	1.03994356	I
I	3.65	I	2.25609803	I	0.61810904	I	3.79418767	I	1.03950347	I
I	3.66	I	2.26748264	I	0.61953077	I	3.80297145	I	1.03906323	I
I	3.67	I	2.27887925	I	0.62094802	I	3.81174598	I	1.03862288	I
I	3.68	I	2.29028782	I	0.62236082	I	3.82051133	I	1.03818242	I
I	3.69	I	2.30170828	I	0.62376918	I	3.82926754	I	1.03774188	I
I	3.70	I	2.313114061	I	0.62517313	I	3.83801468	I	1.03730126	I
I	3.71	I	2.32458474	I	0.62657270	I	3.84675278	I	1.03686058	I
I	3.72	I	2.33604065	I	0.62796791	I	3.85548189	I	1.03641986	I
I	3.73	I	2.34750829	I	0.62935879	I	3.86420209	I	1.03597911	I
I	3.74	I	2.35898760	I	0.63074534	I	3.87291341	I	1.03553834	I
I	3.75	I	2.37047856	I	0.63212761	I	3.88161590	I	1.03509757	I
I	3.76	I	2.38198112	I	0.63350561	I	3.89030963	I	1.03465681	I
I	3.77	I	2.39349523	I	0.63487937	I	3.89899462	I	1.03421608	I
I	3.78	I	2.40502085	I	0.63624890	I	3.90767094	I	1.03377538	I
I	3.79	I	2.41655794	I	0.63761423	I	3.91633863	I	1.03333473	I
I	3.80	I	2.42810647	I	0.63897538	I	3.92499775	I	1.03289414	I
I	3.81	I	2.43966638	I	0.64033238	I	3.93364833	I	1.03245363	I
I	3.82	I	2.45123764	I	0.64168524	I	3.94229044	I	1.03201320	I
I	3.83	I	2.46282020	I	0.64303399	I	3.95092411	I	1.03157287	I
I	3.84	I	2.47441404	I	0.64437865	I	3.95954938	I	1.03113265	I
I	3.85	I	2.48601909	I	0.64571924	I	3.96816631	I	1.03069255	I
I	3.86	I	2.49763533	I	0.64705578	I	3.97677495	I	1.03025257	I
I	3.87	I	2.50926272	I	0.64838830	I	3.98537535	I	1.02981275	I
I	3.88	I	2.52090121	I	0.64971680	I	3.99396752	I	1.02937307	I
I	3.89	I	2.53255077	I	0.65104133	I	4.00255154	I	1.02893355	I
I	3.90	I	2.54421136	I	0.65236188	I	4.01112743	I	1.02849421	I
I	3.91	I	2.55588294	I	0.65367850	I	4.01969526	I	1.02805505	I
I	3.92	I	2.56756547	I	0.65499119	I	4.02825505	I	1.02761608	I
I	3.93	I	2.57925891	I	0.65629997	I	4.03680685	I	1.02717731	I
I	3.94	I	2.59096323	I	0.65760488	I	4.04535071	I	1.02673876	I
I	3.95	I	2.60267838	I	0.65890592	I	4.05388666	I	1.02630042	I
I	3.96	I	2.61440434	I	0.66020311	I	4.06241475	I	1.02586231	I
I	3.97	I	2.62614105	I	0.66149648	I	4.07093502	I	1.02542443	I
I	3.98	I	2.63788850	I	0.66278605	I	4.07944751	I	1.02498681	I
I	3.99	I	2.64964663	I	0.66407183	I	4.08795226	I	1.02454943	I
I	4.00	I	2.66141542	I	0.66535385	I	4.09644931	I	1.02411232	I

IV - در اینجا با استفاده از نتایج حاصل توسط کامپیوتر منحنی نمایش توابع I_1 و I_2 را بر حسب مقادیر $\frac{d_m}{d}$ رسم می کنیم (شکل ۴).



شکل ۴: نمودار توابع I_1 و I_2 بر حسب $\frac{d_m}{d}$ (منحنی ۱، I_1 و منحنی ۲، I_2 میباشد)

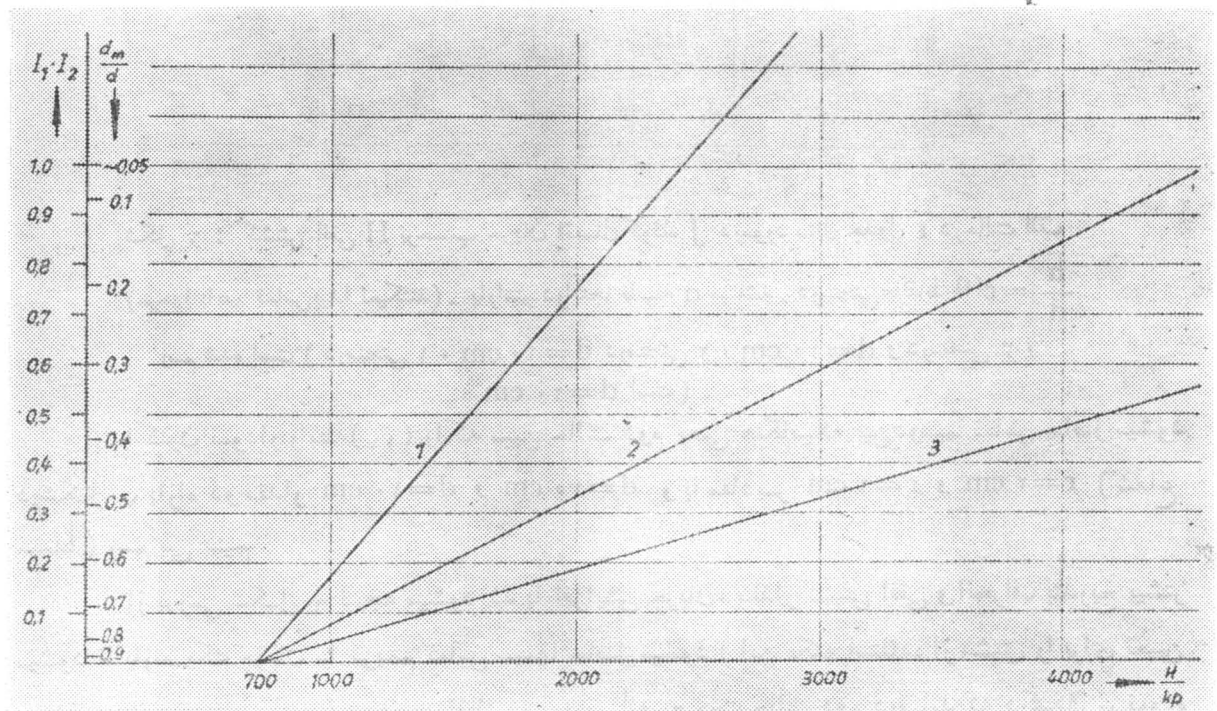
با کمک مقادیر I_1 و I_2 و در نظر گرفتن جدول (۴) میتوان منحنی نمایش روابط بدست آمده را برای پارامترهای مختلف رسم کرد و از آن در کاربردهای مهندسی از قبیل طراحی اپتیمال مشخصات سیمها و بررسی رفتار سیستم تحت شرایط فیزیکی معین استفاده کرد.

اکنون رابطه ۳ را با استفاده از مطالب فوق برای سه مقدار d در شکل (۵) رسم می نمائیم بطوریکه ملاحظه میشود با زیاد شدن فاصله سیمها در نقاط آویزش بازاء $\frac{d_m}{d}$ معین کشش بیشتری اعمال میشود. از این منحنی میتوان برای تعیین فاصله سیمها در نقاط آویزش و مقدار کشش استفاده نمود تا انحراف ماکزیمم سیمها از درصد معینی تجاوز نکند.

حال نمودار رابطه (۴) را در حالت جدول شماره ۴ در شکل (۶) رسم مینمائیم: با استفاده از این منحنی میتوان اولاً کشش افقی مربوط به هر جریان و فاصله دو سیم در نقطه آویزش و همچنین درصد انحراف سیمها را بدست آورد و نیز بازاء درصد انحراف معین و جریان ماکزیمم مفروض فاصله و کشش افقی مناسب را محاسبه کرد.

جدول ۴

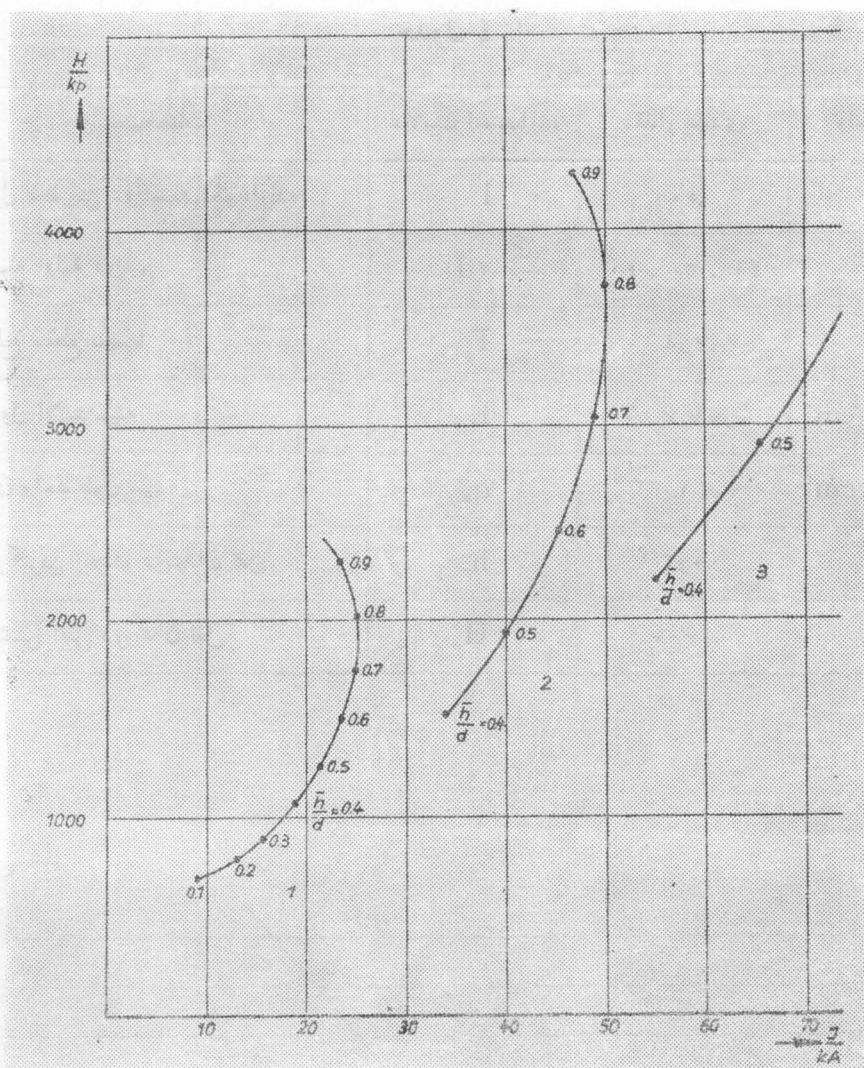
مشخصات	علامت اختصاری	مقدار عددی	واحد
طول خط بین دوفاصله نگهدارنده	l	۵۰۰	cm
فاصله اولیه دوسیم	$2d$	۲۰, ۳۰, ۴۰	cm
سطح مقطع سیمها	F	۲۷۸	cm ^۲
مدول الاستیسیتة	E	۰.۷۷×۱۰^۶	Kp/cm ^۲
وزن واحد طول سیم	q_0	۹×۱۰^{-۳}	Kp/cm
بزرگترین انحناء درمیدان ثقل	h_0	۰.۴	cm
کشش افقی درمیدان ثقل	H_0	۷۰۰	Kp



شکل ۵ : مقدار رابطه خطی کشش H برحسب I_1 و I_2 طبق رابطه (۱۳) در مورد مثال جدول

شماره ۴ . در این منحنی ها پارامتر فاصله d می باشد . (منحنی ۱ بازاء $d = ۱۰$ cm

و منحنی ۲ بازاء $d = ۱۵$ cm و منحنی ۳ بازاء $d = ۲۰$ cm رسم شده است)

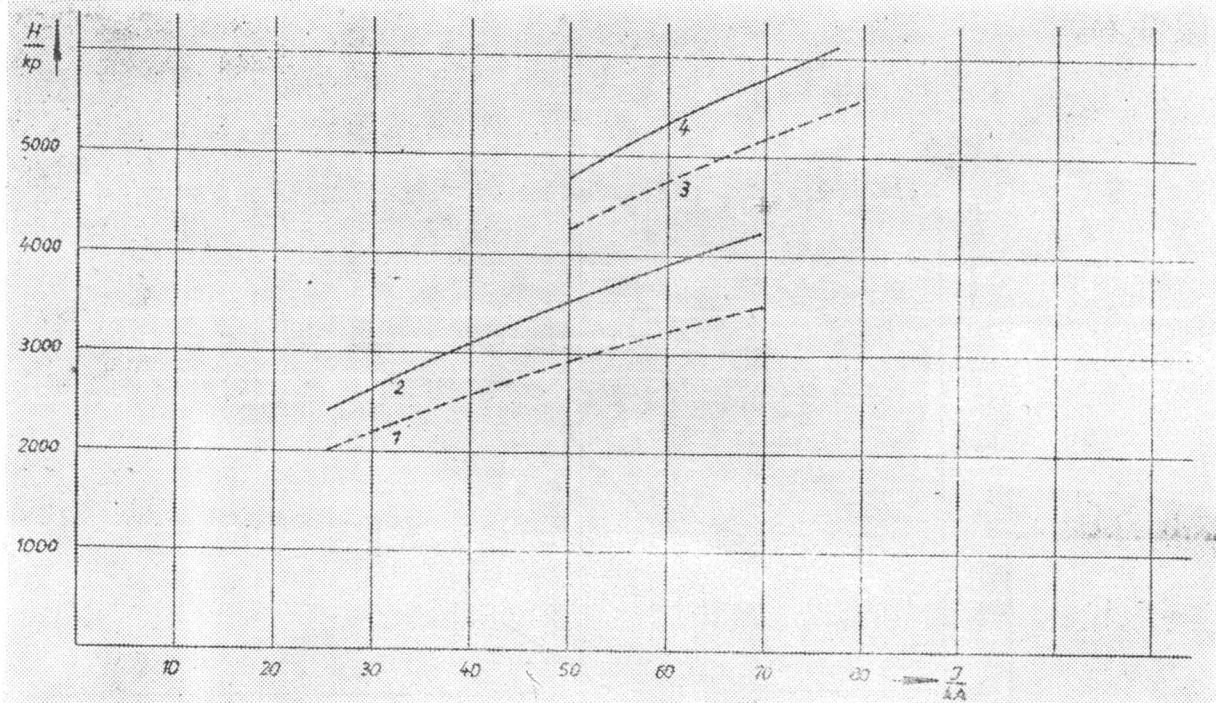


شکل ۶: کشش افقی H بر حسب جریان اتصال کوتاه J در مورد مثال جدول ۴ در حالت الف (سیمها با هم تماس پیدا نمیکنند). پارامتر در اینجا فاصله d میباشد. در منحنی ها نقاط $(1) \frac{\bar{h}}{d} = c$ رسم شده است (در منحنی ۱، $d = 10 \text{ cm}$ ، در منحنی ۲، $d = 10 \text{ cm}$ و در منحنی ۳، $d = 20 \text{ cm}$ است).

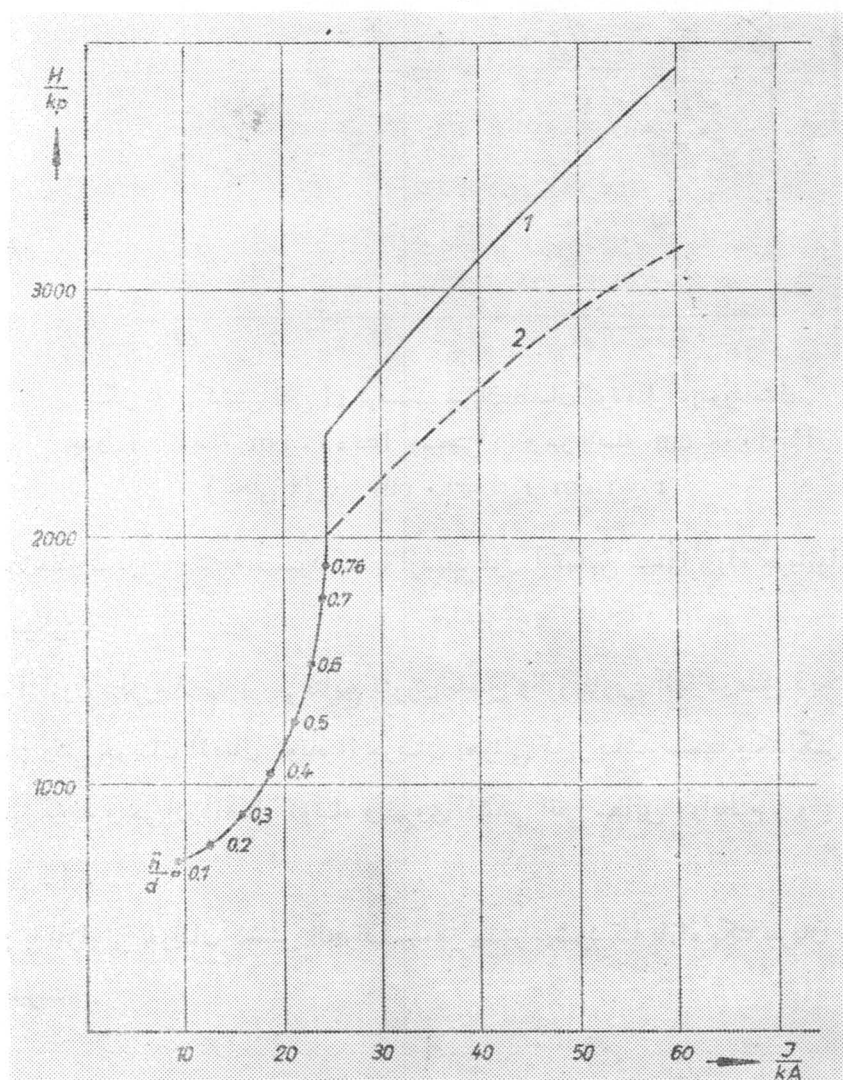
اکنون نمودار رابطه (۱۷) را که مابین حالت دوم یعنی هنگامیکه بین دو سیم تماس حاصل میشود در شکل ۷ بازاء دو مقدار $d = 10 \text{ cm}$ و $d = 10 \text{ cm}$ و با مقادیر $r = 1 \text{ cm}$ و $r = 2 \text{ cm}$ (شعاع سیمها) رسم می کنیم.

از بررسی شکل ۶ نتیجه میشود که با افزایش جریان، مقدار کشش افقی و انحراف بتدریج بیشتر میشود تا بازاء یک جریان ما کزیمم تماس سیمها حاصل میشود (این نکته استفاده از مشتق را برای تعیین جریان بحرانی توجیه میکند). از این نقطه به بعد مسأله بصورت حالت دوم درمیآید که در شکل ۷ نموده شده است. بدین ترتیب از ترکیب شکلهای ۶ و ۷ شکلهای ۸ و ۹ را میسازیم.

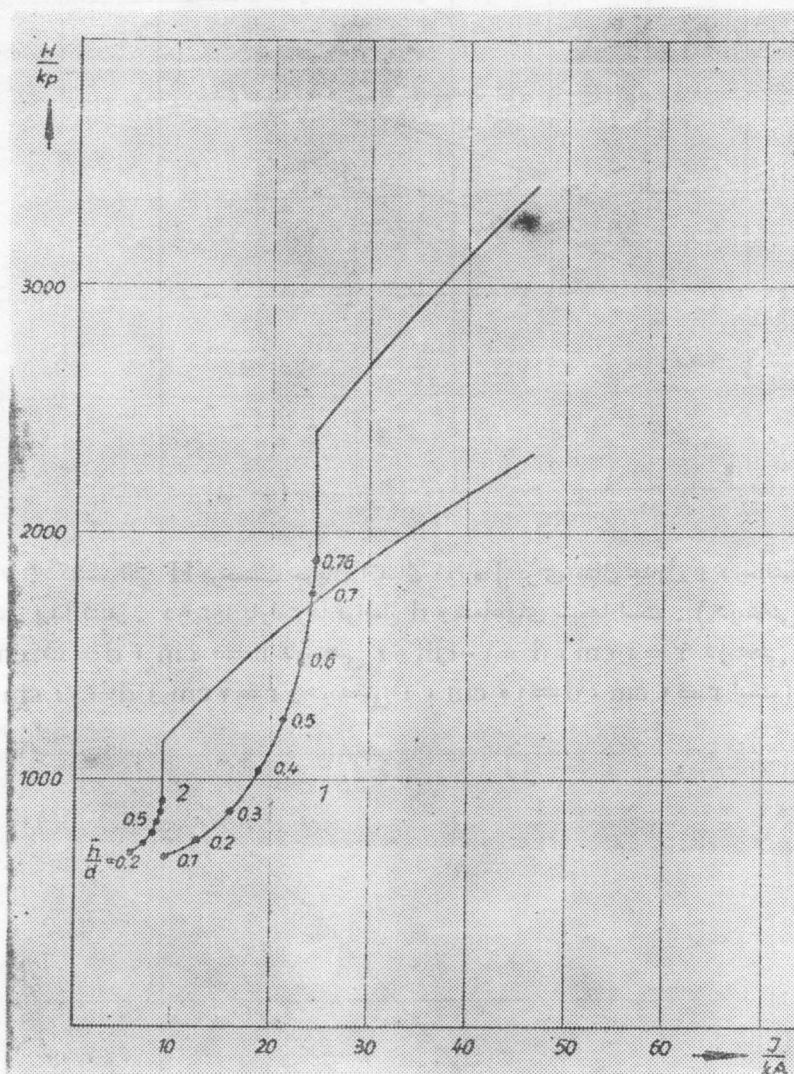
$$\bar{h} = d - d_m - 1$$



شکل ۷: کشش افقی H بر حسب جریان اتصال کوتاه J برای مثال جدول ۴ در حالتیکه سیمها تماس پیدا کنند. در اینجا پارامترها فواصل d و شعاعهای سیمها است. (در منحنی ۱، $r=1\text{ cm}$ ، $d=10\text{ cm}$ ، در منحنی ۲، $r=2\text{ cm}$ ، $d=10\text{ cm}$ ، در منحنی ۳، $r=1\text{ cm}$ ، $d=10\text{ cm}$ و در منحنی ۴، $r=2\text{ cm}$ و $d=10\text{ cm}$ است).



شکل ۸: کشش افقی H بر حسب جریان اتصال کوتاه J برای مثال جدول ۴ شاخه پائین منحنی حالت «الف» شاخه‌های بالائی حالت «ب» را نشان میدهند فاصله دو سیم $r=1\text{ cm}$ (خط پر)، $r=2\text{ cm}$ (خط نقطه چین).



شکل ۹: کشش افقی H برحسب جریان اتصال کوتاه J در مورد مثال
جدول ۱: فاصله $l = 500$ cm (منحنی ۱) و نیز فاصله $l = 1000$ cm
(منحنی ۲). $r = 1$ cm و $d = 20$ cm.

از ملاحظه شکل ۹ نتیجه میشود که با ازدیاد طول l تماس سیمها بازاء جریانهای کوچکتر اتصال کوتاه حاصل میگردد.

۷- اکنون بطور خلاصه بررسی نتایج تئوری حاصل و طرز کاربرد آنها در عمل ذیلاً ذکر می گردد:
الف: وقتی جریان اتصال کوتاه از جریان بحرانی کمتر باشد سیمها بیکدیگر نزدیک شده ولی باهم تماس نمی گیرند و جریان اتصال کوتاه و نیروی کشش افقی مطابق روابط ۱۳ و ۱۴ باهم در ارتباط می باشند (شکل ۵).

ب: با افزایش جریان کشش انحراف سیمها بیشتر میشود تا بازاء یک جریان بحرانی سیمها به آستانه تماس میرسند.

ج : چنانچه جریان اتصال کوتاه از جريان بحرانی بیشتر شود سیمها با یکدیگر تماس میگیرند و شدت جريان و کشش افقی طبق رابطه ۱۷ (شکل ۷) بهم مربوط هستند. مطالب فوق در شکل ۸ نیز بخوبی ملاحظه میشود .

در طرح یک سیستم انتقال باید مشخصات فاصله نگهدارنده ها و فاصله سیمها در نقاط آویزش و سطح مقطع و مدول الاستیسیته و وزن سیمها و کشش افقی را در میدان ثقل طوری در نظر گرفت که همانگونه که در اول مقاله ذکر شد شرایط الکتریکی اپتیمال را که دارا بودن امپدانس مشخصه کم و شدت حوزه الکتریکی می نیمم در اطراف سیم بمنظور کاهش تلفات میباشد تحت شرایط حرکت مکانیکی گفته شده اخذ کند. در این مقاله کلیه روابطی که این پارامترها را با یکدیگر مربوط میساخت بدست آمد و با استفاده از این روابط منحنی های مشخصه برای انجام طراحی گفته شده ترسیم شد بنابراین با ضریب اطمینان معین پارامترهای مطلوب سیستم بدست خواهد آمد .

منابع

- 1—Stromkraefte Buendelseilen Wolfgang Schick Dis. 1968 karlsruhe
- 2—Leitungsbau koenigshoefer 1954 Springer Verlag , Wien
- 3—Computer Methods in Power System Analysis. Glenn W. Stagg, H. El-Abiad. Mc Graw - Hill Co. 1968.