

抵抗器の直並列接続の際の高周波特性、ニッコーム株式会社営業部

1. 抵抗器の直並列接続

抵抗器、とくに電力用抵抗器では、抵抗器を直列、並列に接続し、実装することが多い。ここでは、同一抵抗器の直並列接続の際の高周波特性が、n 並列 n 直列の場合に、単体抵抗器の特性と一致することを述べている。

2. 抵抗器の集中定数等価回路

抵抗器の集中定数等価回路を図 1 に示す。

3. 抵抗器の複素インピーダンス Z

図 1 の回路の複素インピーダンス Z は、

$$Z = j\omega L + \frac{R}{1 + j\omega CR}$$

$$Z = j\omega L + \frac{R(1 - j\omega CR)}{(1 + j\omega CR)(1 - j\omega CR)}$$

$$Z = j\omega L + \frac{R - j\omega CR^2}{1 + (\omega CR)^2}$$

$$Z = \frac{R}{1 + (\omega CR)^2} - \frac{j\omega CR^2}{1 + (\omega CR)^2} + j\omega L$$

$$Z = Z_{re} + jZ_{img}$$

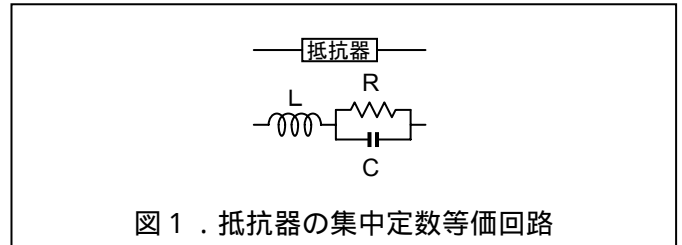


図 1 . 抵抗器の集中定数等価回路

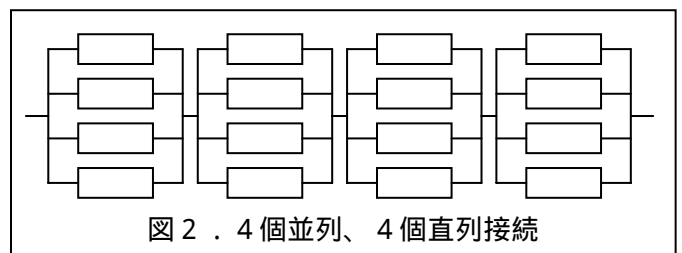


図 2 . 4 個並列、4 個直列接続

4. 直列接続

同一の抵抗器、Z1、Z2を直列接続するときの複素インピーダンスは、次のとおりである。

$$Z = Z1 + Z2 = 2Z_{re} + 2Z_{img}$$

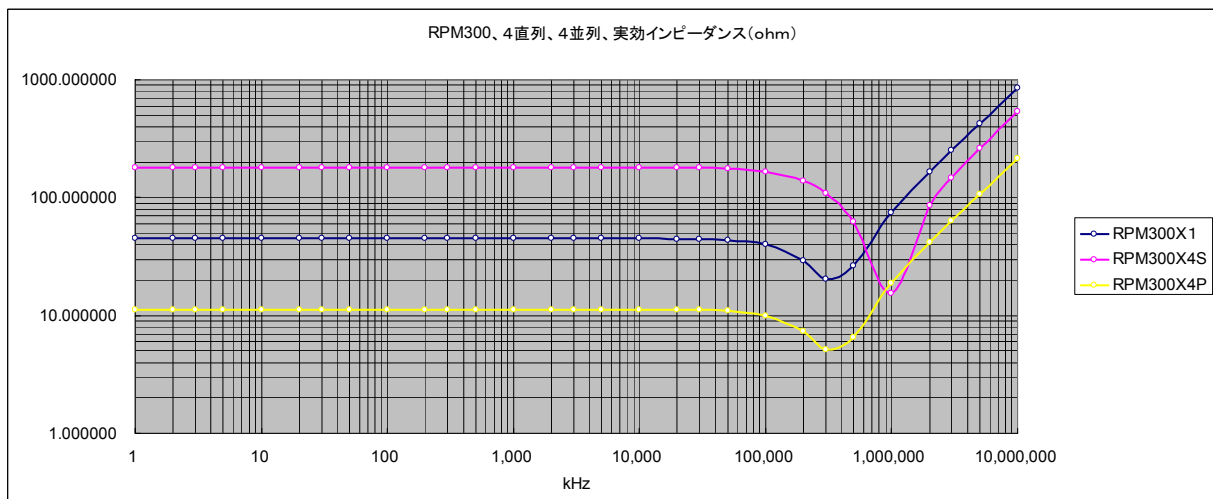
5. 並列接続

同一の抵抗器、Z1、Z2を並列接続するときの複素インピーダンスは、次のとおりである。

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{Z1} + \frac{1}{Z2}} = \frac{Z1Z2}{Z1 + Z2} = \frac{(Z_{re} + jZ_{img})^2}{2(Z_{re} + jZ_{img})} = \frac{Z_{re} + jZ_{img}}{2} = \frac{Z_{re}}{2} + j\frac{Z_{img}}{2}$$

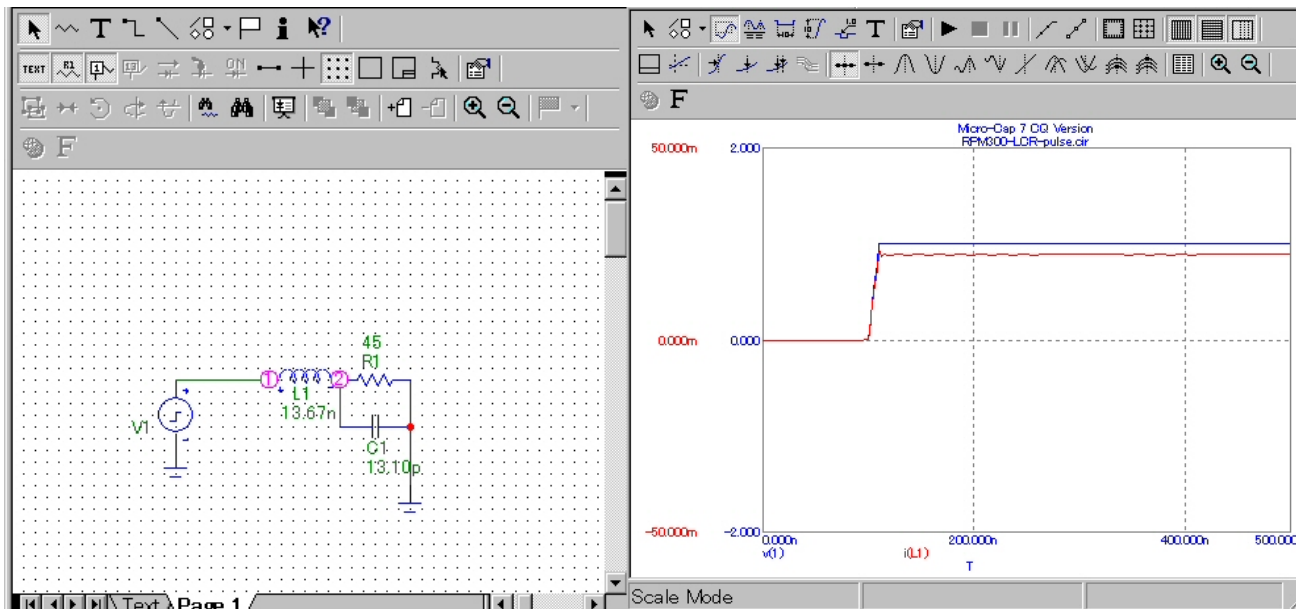
6. 単体抵抗器の |Z| の数値計算結果

インピーダンス実効値の計算結果を図 3 に示す。直列の場合は、共振点周波数は増加するが、2 並列、2 直列、あるいは、4 並列、4 直列、n 並列 n 直列では、1 個の場合のインピーダンス周波数特性を示す。



7. 単体抵抗器のステップ電圧波形に対する電流の波形

単体抵抗器にステップ電圧波形 1 V を加えたときの電流の波形を次に示す。



7. エクセルによる数値計算の例

RPM300Z45RJZの単体の高周波特性

周波数 Hz	角速度 rad/s	抵抗 ohm	並列容量 F	直列インダクタンス H	$1/(1+(wCR)^2)$ ---	RC並列 Z(Re) Ohm	RC並列 Z(IMG) Ohm	L+RC Z(Re) Ohm
1,000	6,283	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999999986	45.000000	(0.000167)	45.000000
2,000	12,566	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999999945	45.000000	(0.000333)	45.000000
3,000	18,850	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999999877	45.000000	(0.000500)	45.000000
5,000	31,416	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999999657	45.000000	(0.000833)	45.000000
10,000	62,832	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999998628	45.000000	(0.001667)	45.000000
20,000	125,664	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999994512	45.000000	(0.003334)	45.000000
30,000	188,496	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999987653	44.999999	(0.005000)	44.999999
50,000	314,159	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999965702	44.999998	(0.008334)	44.999998
100,000	628,319	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999862808	44.999994	(0.016668)	44.999994
200,000	1,256,637	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99999451234	44.999975	(0.033335)	44.999975
300,000	1,884,956	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99998765278	44.999944	(0.050003)	44.999944
500,000	3,141,593	45	0.00000000013	0.00000013670	0.99996570223	44.999846	(0.083338)	44.999846
1,000,000	6,283,185	45	0.00000000013	0.00000013670	0.999986281033	44.999383	(0.166675)	44.999383
2,000,000	12,566,371	45	0.00000000013	0.00000013670	0.999945126392	44.997531	(0.333336)	44.997531
3,000,000	18,849,556	45	0.00000000013	0.00000013670	0.999876542851	44.994444	(0.499970)	44.994444
5,000,000	31,415,927	45	0.00000000013	0.00000013670	0.999657138725	44.984571	(0.833100)	44.984571
10,000,000	62,831,853	45	0.00000000013	0.00000013670	0.998629964096	44.938348	(1.664488)	44.938348
20,000,000	125,663,706	45	0.00000000013	0.00000013670	0.994542288169	44.754403	(3.315350)	44.754403
30,000,000	188,495,559	45	0.00000000013	0.00000013670	0.987803355593	44.451151	(4.939329)	44.451151
50,000,000	314,159,265	45	0.00000000013	0.00000013670	0.966839449871	43.507775	(8.057505)	43.507775
100,000,000	628,318,531	45	0.00000000013	0.00000013670	0.879359332217	39.571170	(14.656915)	39.571170
200,000,000	1,256,637,061	45	0.00000000013	0.00000013670	0.645675251634	29.055386	(21.523868)	29.055386
300,000,000	1,884,955,592	45	0.00000000013	0.00000013670	0.447482566789	20.136716	(22.375542)	20.136716
500,000,000	3,141,592,654	45	0.00000000013	0.00000013670	0.225744402125	10.158498	(18.813222)	10.158498
1,000,000,000	6,283,185,307	45	0.00000000013	0.00000013670	0.067938683677	3.057241	(11.323829)	3.057241
2,000,000,000	12,566,370,614	45	0.00000000013	0.00000013670	0.017896573135	0.805346	(5.965901)	0.805346
3,000,000,000	18,849,555,922	45	0.00000000013	0.00000013670	0.008033909981	0.361526	(4.017209)	0.361526
5,000,000,000	31,415,926,536	45	0.00000000013	0.00000013670	0.002907155321	0.130822	(2.422783)	0.130822
10,000,000,000	62,831,853,072	45	0.00000000013	0.00000013670	0.000728376959	0.032777	(1.214038)	0.032777

以上