

VOLTAGE DROP EQUATIONS

Voltage Drop Equations

$$\text{Voltage Drop} = \frac{\sqrt{3} I (R \cos \theta + X \sin \theta) L}{3\phi}$$

$$\text{Voltage Drop} = \frac{2 I (R \cos \theta + X \sin \theta) L}{1\phi}$$

Voltage Drop = in volts (V)

I = Current in amperes

R= Conductive resistance in ohms/ 1000 ft.

X= Conductor inductive reactance in ohms/1000 ft.

L= one way length of circuit (source to load) in thousands of feet (K ft.)

Z = Complex impedance ohms/ 1000 ft. obtain from Tables.

θ = Phase angle of load

$\cos \theta$ = Power Factor: Motors see 6-5, 6-6, .6-.8 is usual see 5-1 to 5-8 for more power factor calculations, also 8-2

Given voltage drop, find wire size

$$\text{Voltage Drop } 3\phi = \sqrt{3} I (Z) L$$

$$Z = \frac{\text{Voltage Drop}}{\sqrt{3} I L} = \frac{Vd}{\sqrt{3} I L}$$

$$\text{Voltage Drop } 1\phi = 2 I (Z) L$$

$$Z = \frac{\text{Voltage Drop}}{2 I L} = \frac{Vd}{2 I L}$$

Procedure (Example)

1. Assume a voltage drop, say 2 %, Base voltage 230V, 1ϕ $v_d = .02(230)$
2. Current and distance must be known $I= 30A$, $L= .56K$ ft. $.56K$ ft. Power factor must be known. P.F. = .85
3. Solve for Z: $Z = \frac{Vd}{2 I L} = \frac{4.8V}{2 (30A) (.5Kft)} = 16\Omega / Kft$
4. Look up Z in tables at $16\Omega / Kft$, 85 P.F. Copper direct burial in nonmagnetic conduit. Always use wire with next smaller impedance Z per 1,000 feet than that calculated.

Three Phase Voltage Drop

Three Phase, Direct Burial cover

1. $V_d = \sqrt{3} (I) (Z) (L)$
2. Given: Voltage 230V, 3 phase, load 5 KW P.F. = 1 heater, L = 480 ft.
3. Assume a voltage drop, say 2%, base voltage, 230V. Voltage drop maximum goes next to J
4. Solve for Z:

$$Z = \frac{\text{Voltage Drop}}{\sqrt{3} IL} = \frac{4.6 \text{ volts}}{\sqrt{3} (21.7\text{A}) (.48\text{Kft.})} = .0254 \text{ ohms/ Kft.}$$

1. Look Z up in Table on voltage drop charts. @ P.F. = 1.0 Copper Direct Burial Table 75 degrees C.
Use next smaller Z for wire size. Nonmagnetic Conduit.
500 MCM = .0270 Ω /Kft. Use 600 MCM because its impedance is less than that calculated.

Power Factor

$$PF = \cos \theta = \frac{KW}{KVA}$$

Given 10 KW, 12 KVA Load, find PF: $PF = \frac{10KW}{12KVA} = .83$

CONDUCTOR IMPEDANCES

POWER FACTOR

1.00 .95 .90 .85 .80 .75 .70 .65 .60 .55 .50 .45 .40 .35

WIRE SIZE	14	3.062	2.932	2.788	2.642	2.494	2.346	2.197	2.047	1.897	1.747	1.596	1.445	1.293	1.142
	12	1.932	1.858	1.771	1.681	1.590	1.498	1.406	1.313	1.219	1.125	1.031	0.936	0.841	0.746
	10	1.214	1.176	1.125	1.071	1.016	0.960	0.903	0.846	0.788	0.730	0.672	0.613	0.554	0.495
	8	0.811	0.793	0.762	0.729	0.694	0.658	0.621	0.584	0.546	0.509	0.470	0.432	0.393	0.354
	6	0.510	0.505	0.488	0.469	0.449	0.427	0.405	0.383	0.360	0.337	0.314	0.290	0.266	0.242
	4	0.321	0.324	0.316	0.306	0.294	0.282	0.269	0.256	0.243	0.229	0.215	0.200	0.186	0.171
	3														
	2	0.202	0.210	0.207	0.202	0.196	0.190	0.183	0.175	0.168	0.159	0.151	0.143	0.134	0.125
	1	0.160	0.169	0.168	0.166	0.162	0.157	0.152	0.147	0.141	0.135	0.129	0.122	0.116	0.109
	1/0	0.128	0.138	0.138	0.137	0.134	0.131	0.128	0.124	0.120	0.115	0.110	0.105	0.100	0.095
	2/0	0.102	0.113	0.115	0.114	0.113	0.111	0.109	0.106	0.103	0.100	0.097	0.093	0.089	0.085
	3/0	0.080	0.092	0.095	0.095	0.095	0.094	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.082	0.079	0.076
	4/0	0.064	0.076	0.079	0.080	0.081	0.080	0.080	0.079	0.078	0.076	0.075	0.073	0.071	0.068
	250	0.055	0.067	0.071	0.072	0.073	0.074	0.073	0.073	0.072	0.071	0.070	0.069	0.067	0.065
	300	0.046	0.059	0.063	0.065	0.066	0.067	0.067	0.067	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062
350	0.037	0.051	0.055	0.057	0.059	0.060	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.060	0.060	0.059	
400	0.035	0.049	0.053	0.056	0.057	0.059	0.059	0.060	0.060	0.060	0.060	0.059	0.059	0.058	
500	0.029	0.042	0.046	0.049	0.051	0.052	0.053	0.054	0.054	0.055	0.055	0.054	0.054	0.053	
600	0.025	0.038	0.043	0.046	0.048	0.049	0.051	0.051	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	
700															
750	0.021	0.034	0.038	0.041	0.043	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	

COPPER IN MAGNETIC CONDUIT 75C

8-3

CONDUCTOR IMPEDANCES

POWER FACTOR

1.00 .95 .90 .85 .80 .75 .70 .65 .60 .55 .50 .45 .40 .35

WIRE SIZE	14	5.054	4.817	4.571	4.323	4.075	3.825	3.575	3.325	3.074	2.823	2.572	2.321	2.070	1.818
	12	3.186	3.043	2.890	2.736	2.580	2.424	2.268	2.111	1.954	1.796	1.638	1.481	1.322	1.164
	10	2.000	1.916	1.823	1.727	1.631	1.535	1.437	1.340	1.242	1.144	1.045	0.947	0.848	0.749
	8	1.258	1.211	1.155	1.097	1.038	0.978	0.918	0.857	0.797	0.736	0.674	0.613	0.551	0.489
	6	0.847	0.821	0.785	0.747	0.709	0.670	0.630	0.590	0.550	0.510	0.469	0.428	0.387	0.346
	4	0.532	0.521	0.500	0.478	0.455	0.432	0.408	0.383	0.359	0.334	0.309	0.284	0.258	0.233
	3														
	2	0.335	0.332	0.321	0.308	0.295	0.281	0.267	0.252	0.237	0.222	0.207	0.191	0.176	0.160
	1	0.265	0.266	0.259	0.250	0.240	0.230	0.219	0.208	0.197	0.185	0.174	0.162	0.149	0.137
	1/0	0.210	0.212	0.207	0.201	0.193	0.185	0.177	0.169	0.160	0.151	0.142	0.132	0.123	0.113
	2/0	0.167	0.171	0.168	0.163	0.158	0.152	0.146	0.139	0.133	0.126	0.119	0.111	0.104	0.096
	3/0	0.133	0.138	0.137	0.134	0.130	0.126	0.121	0.116	0.111	0.106	0.101	0.095	0.089	0.084
	4/0	0.106	0.112	0.112	0.110	0.108	0.105	0.102	0.098	0.094	0.090	0.086	0.082	0.078	0.073
	250	0.089	0.097	0.097	0.096	0.094	0.092	0.090	0.087	0.084	0.081	0.078	0.074	0.071	0.067
300	0.075	0.082	0.083	0.083	0.082	0.081	0.079	0.077	0.075	0.072	0.069	0.067	0.064	0.061	
350	0.064	0.072	0.074	0.074	0.073	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064	0.061	0.059	0.057	
400	0.056	0.065	0.066	0.067	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.061	0.059	0.058	0.056	0.053	
500	0.045	0.054	0.056	0.057	0.058	0.057	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.050	0.049	
600	0.038	0.048	0.050	0.051	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	
700	0.033	0.043	0.045	0.047	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	
750	0.031	0.040	0.043	0.044	0.045	0.046	0.046	0.046	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043	0.043	

ALUMINUM IN MAGNETIC CONDUIT 90C

85

CONDUCTOR IMPEDANCES

POWER FACTOR

1.00 .95 .90 .85 .80 .75 .70 .65 .60 .55 .50 .45 .40 .35

WIRE SIZE	14	5.054	4.814	4.566	4.318	4.068	3.818	3.567	3.317	3.066	2.814	2.563	2.311	2.060	1.808
	12	3.186	3.039	2.885	2.730	2.574	2.417	2.260	2.102	1.945	1.787	1.629	1.471	1.312	1.154
	10	2.000	1.913	1.818	1.722	1.625	1.527	1.429	1.331	1.233	1.135	1.036	0.937	0.838	0.739
	8	1.258	1.208	1.150	1.091	1.031	0.971	0.910	0.849	0.788	0.726	0.665	0.603	0.541	0.479
	6	0.847	0.817	0.780	0.742	0.702	0.663	0.622	0.582	0.541	0.500	0.459	0.418	0.377	0.335
	4	0.532	0.517	0.496	0.473	0.449	0.425	0.400	0.376	0.351	0.326	0.300	0.275	0.249	0.223
	3														
	2	0.335	0.329	0.317	0.304	0.290	0.275	0.260	0.245	0.230	0.215	0.199	0.183	0.167	0.151
	1	0.265	0.262	0.253	0.243	0.233	0.221	0.210	0.198	0.187	0.174	0.162	0.150	0.138	0.125
	1/0	0.210	0.210	0.203	0.196	0.188	0.179	0.171	0.162	0.153	0.143	0.134	0.124	0.115	0.105
	2/0	0.167	0.168	0.164	0.159	0.153	0.147	0.140	0.133	0.126	0.119	0.112	0.104	0.097	0.089
	3/0	0.133	0.137	0.135	0.132	0.128	0.124	0.119	0.114	0.109	0.104	0.098	0.092	0.087	0.081
	4/0	0.105	0.109	0.108	0.105	0.102	0.099	0.095	0.091	0.087	0.083	0.079	0.074	0.070	0.065
	250	0.089	0.094	0.093	0.092	0.089	0.087	0.084	0.081	0.078	0.074	0.071	0.067	0.063	0.060
300	0.074	0.080	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.071	0.068	0.066	0.063	0.060	0.057	0.054	
350	0.064	0.068	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.060	0.058	0.055	0.053	0.050	0.048	0.045	
400	0.056	0.062	0.063	0.063	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.055	0.053	0.051	0.049	0.046	
500	0.045	0.051	0.053	0.053	0.053	0.052	0.051	0.051	0.049	0.048	0.047	0.045	0.044	0.042	
600	0.038	0.045	0.046	0.047	0.047	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	
700	0.033	0.040	0.041	0.042	0.043	0.043	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	
750	0.030	0.037	0.039	0.040	0.041	0.041	0.041	0.040	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036	

ALUMINUM IN NON MAGNETIC CONDUIT 8-6
OR DIRECT BURIAL
90C