

–کابل تغذیه الکتروموتورهای فشار ضعیف ۳۰ کیلووات

مرحله اول :تعیین سطح مقطع براساس جریان بار

برای محاسبه سائز کابل تغذیه کننده الکتروموتورها با فرض انتخاب موتورهای ۳۰ کیلوواتی با سطح ولتاژ ۰.۴ کیلوولت و راندمان ۹۴,۸٪ و ضریب قدرت ۰.۸۷ ابتدا جریان بار کامل موتور را محاسبه میکنیم:

$$IFLC = \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi \times \eta} = \frac{30}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 0.87 \times 0.948} = 52.5[A]$$

محاسبه ضرایب تصحیح:

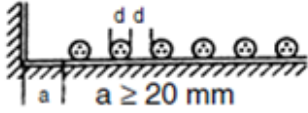
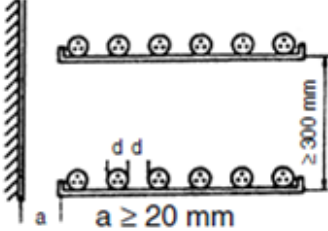
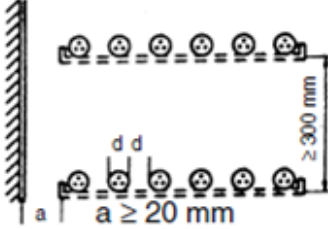
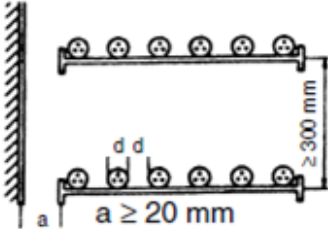
با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه (ایستگاه پمپاژ) حداکثر دمای مطلق محیط بیرونی ۵۰ درجه مشخص شده است و حداکثر دمای بهره برداری داخل سوله ایستگاه پمپاژ ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است. ضریب f1 از جدول زیر(تأثیر شرایط آب و هوایی بر ظرفیت کابل) معادل ۰.۷۹ در نظر گرفته می شود.

جدول ۱- ضریب تصحیح آب و هوا

Conversion factors for different air temperatures (as per DIN VDE 0276-1000)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type	Permissible operating temperature	Permissible temperature rise	Conversion factors for the air temperature in °C								
—	°C	K	10	15	20	25	30	35	40	45	50
XLPE cables 90	—	—	1.15	1.12	1.08	1.04	1.0	0.96	0.91	0.87	0.82
PVC cables 70	—	—	1.22	1.17	1.12	1.06	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71

برای محاسبه ضریب همجواری فرض بر نصب کابلها در زیر ساختمان اتاق تابلو در داخل کانالی به عمق با درپوش مشبک فلزی و بر روی سینی (Tray) با حداکثر دو طبقه کابل فشار ضعیف. لذا با مفروضات فوق و همچنین با توجه به شکل ۱ مقدار f2 برابر ۰.۹۳ به دست می آید.

جدول ۲ - ضریب تصحیح- همجواری کابل ها

Conversion factors for grouping in air ¹⁾ , multicore cables and single-core (as per DIN VDE 0276-1000)							
	1	2	3	4	5	6	7
Installation		Number of troughs/ racks vertical		Number of cables horizontal ⁴⁾			
Spacing = cable diameter d			1	2	3	4	6
Laid on the floor		1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90
Unperforated cable troughs ²⁾		1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90
		2	0.97	0.95	0.92	0.90	0.86
		3	0.97	0.94	0.91	0.89	0.84
		6	0.97	0.93	0.90	0.88	0.83
Perforated cable troughs ²⁾		1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91
		2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87
		3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85
		6	1.00	0.97	0.94	0.90	0.84
Cable racks ³⁾ (cable gratings)		1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
		3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93
		6	1.00	0.97	0.96	0.94	0.91

با توجه به این نکته که کابل ها در خاک دفن نمی شوند ضریب کاهش ظرفیت کابل f_3 با توجه به مشخصات دفن کابل برابر ۱ خواهد بود.

$$I_z = \frac{I_{FLC}}{f_1 \times f_2 \times f_3} = \frac{52.5}{0.79 \times 0.93 \times 1} = 71.46[A]$$









در پایان این مرحله با توجه به جدول استاندارد ظرفیت جریانی کابل های ۰.۶/۱ کیلوولت کابل مناسب (۳*۱۶) و از نوع NYY انتخاب می گردد.

جدول ۳- جریان مجاز کابل های ۰.۶/۱ کیلوولت

Rated current (three-phase operation) as per DIN VDE 0276-603

cables with $U_0/U = 0.6/1$ kV

laid in air

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Insulation material	PVC					VPE		
Permissible operating temperature	70°C					90°C		
Type designation	N(A)YY			N(A)YCWY ³⁾		N(A)2XY; N(A)2X2Y		
Configuration	¹⁾ 					¹⁾ 		
Number of loaded conductors	1	3	3	3	3	1	3	3
Cross-section in mm ²	Copper conductor: rated current in A							
1.5	27	19.5	21	19.5	22	33	24	26
2.5	35	25	28	26	29	43	32	34
4	47	34	37	34	39	57	42	44
6	59	43	47	44	49	72	53	56
10	81	59	64	60	67	99	74	77
16	107	79	84	80	89	131	98	102
25	144	106	114	108	119	177	133	138
35	176	129	139	132	146	217	162	170
50	214	157	169	160	177	265	197	207
70	270	199	213	202	221	336	250	263
95	334	246	264	249	270	415	308	325
120	389	285	307	289	310	485	359	380
150	446	326	352	329	350	557	412	437
185	516	374	406	377	399	646	475	507
240	618	445	483	443	462	774	564	604
300	717	511	557	504	519	901	649	697
400	843	597	646	577	583	1060	761	811
500	994	669	747	626	657	1252	866	940

مرحله دوم: تحمل جریان اتصال کوتاه

جریان اتصال کوتاه یک فاکتور بسیار مهم در تعیین سطح مقطع کابل است. با توجه به محاسبات انجام شده محاسبات اتصال کوتاه ، سطح اتصال کوتاه با توجه به وجود VFD ، ۲ کیلوآمپر می باشد بنابراین، تعیین سطح مقطع با توجه به سطح اتصال کوتاه صورت می گیرد:

$$I_{th} = \frac{I_{thr}}{\sqrt{T_k}}$$

در این محاسبات T_k مدت زمان عملکرد حفاظت است که ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- ضریب اتصال کوتاه کابل XLPE

Permissible short-circuit conductor temperatures and rated short-time current densities for plastic-insulated cables					
Insulation material	Nominal voltage U_0/U kV	Conductor temperature at beginning of the short circuit	Permissible end temperature	Conductor material	Rated short-time current density (1 s) A /mm ²
PVC	0.6/1...6/10	70 °C	160 °C ¹⁾	Cu	115
			140 °C ²⁾	Al	76
				Cu	103
				Al	68
XLPE	all ranges LV and HV	90 °C	250 °C ³⁾	Cu	143
				Al	94

¹⁾ for cross sections $\leq 300 \text{ mm}^2$
²⁾ for cross sections $> 300 \text{ mm}^2$
³⁾ not permitted for soldered connections

$$S_{min} = I_{th} = \frac{I_{th} * \sqrt{T_k}}{115} = \frac{2 * \sqrt{1}}{115} = 17[\text{mm}^2]$$

با توجه به این سطح اتصال کوتاه حداقل سطح مقطع قابل قبول برای کابل های موتورها ۲۵ میلی متر مربع است بنابراین سطح مقطع (۳*۲۵) قابل قبول می باشد.

مرحله سوم - چک کردن افت ولتاژ

در این مرحله با توجه به مقاومت اهمی و سلفی کابل (۳*۲۵) میزان افت ولتاژ مجاز بین تابلو حفاظت موتورها تا سربندی موتورها مطابق با استاندارد (حداکثر ۳٪) بررسی می گردد:

جدول ۵- مقاومت اهمی و راکتانس کابل مسی

Cable Section Area (C.S.A) Mm ²	DC resistance at 20 ° C Ω /km	PVC Cables		XLPE Cables		Reactance Ω /km
		DC resistance at 70 ° C Ω /km	AC resistance at 70 ° C Ω /km	DC resistance at 90 ° C Ω /km	AC resistance at 90 ° C Ω /km	
2.5	7.28	8.71	8.71	9.282	9.282	0.110
4	4.55	5.45	5.45	5.808	5.808	0.107
6	3.03	3.62	3.62	3.858	3.858	0.100
10	1.81	2.16	2.16	2.302	2.302	0.094
16	1.14	1.36	1.36	1.449	1.449	0.090
25	0.72	0.863	0.863	0.920	0.920	0.086
35	0.52	0.627	0.627	0.668	0.668	0.083
50	0.39	0.463	0.463	0.493	0.493	0.083
70	0.27	0.321	0.321	0.342	0.342	0.082
95	0.19	0.231	0.232	0.246	0.247	0.082
120	0.15	0.183	0.184	0.195	0.196	0.080
150	0.12	0.149	0.150	0.159	0.160	0.080
185	0.10	0.118	0.1202	0.126	0.128	0.080
240	0.08	0.0901	0.0922	0.096	0.098	0.079
300	0.06	0.0718	0.0745	0.077		0.079

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * I_{\text{Running}} * L * (R. \cos\varphi + X. \sin\varphi)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * 71.46 * 0.04 * (0.863 * 0.87 + 0.086 * 0.49)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = 3.93$$

$$\Delta V_{\% \text{Running}} = \frac{\Delta V_{\text{Running}}}{V} * 100 = \frac{3.93}{400} * 100 = 0.98\% < 3\%$$

با توجه به مجاز بودن افت ولتاژ، سطح مقطع کابل های فشار ضعیف از تابلوهای موتور ۳۰ کیلووات تا موتور (۳*۲۵) و از نوع NYY تعیین گردید.

– کابل تغذیه الکتروموتورهای فشار ضعیف ۳۷ کیلووات

مرحله اول :تعیین سطح مقطع براساس جریان بار

برای محاسبه سائز کابل تغذیه کننده الکتروموتورها با فرض انتخاب موتورهای ۳۷ کیلوواتی با سطح ولتاژ ۰.۴ کیلوولت و راندمان ۹۴.۸٪ و ضریب قدرت ۰.۸۷ ابتدا جریان بار کامل موتور را محاسبه میکنیم:

$$IFLC = \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi \times \eta} = \frac{37}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 0.87 \times 0.948} = 64.75[A]$$

محاسبه ضرایب تصحیح:

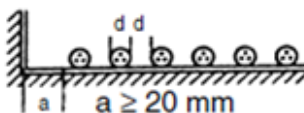
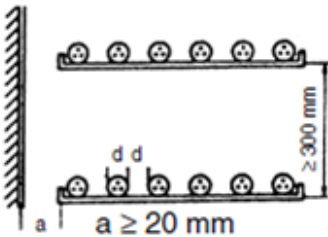
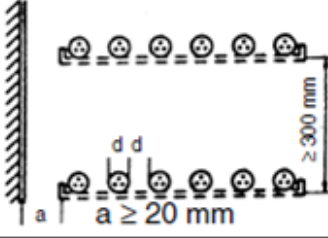
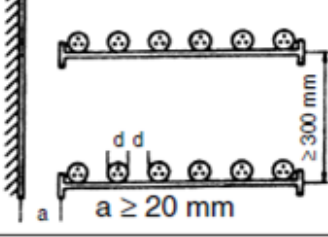
با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه (ایستگاه پمپاژ) حداکثر دمای مطلق محیط بیرونی ۵۰ درجه مشخص شده است و حداکثر دمای بهره برداری داخل سوله ایستگاه پمپاژ ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است. ضریب f1 از جدول زیر(تأثیر شرایط آب و هوایی بر ظرفیت کابل) معادل ۰.۷۹ در نظر گرفته می شود.

جدول ۱- ضریب تصحیح آب و هوا

Conversion factors for different air temperatures (as per DIN VDE 0276-1000)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type	Permissible operating temperature	Permissible temperature rise	Conversion factors for the air temperature in °C								
			10	15	20	25	30	35	40	45	50
—	°C	K	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XLPE cables 90	—	—	1.15	1.12	1.08	1.04	1.0	0.96	0.91	0.87	0.82
PVC cables 70	—	—	1.22	1.17	1.12	1.06	1.0	0.94	0.87	0.79	0.71

برای محاسبه ضریب همجواری فرض بر نصب کابلها در زیر ساختمان اتاق تابلو در داخل کانالی به عمق با درپوش مشبک فلزی و بر روی سینی (Tray) با حداکثر دو طبقه کابل فشار ضعیف. لذا با مفروضات فوق و همچنین با توجه به شکل ۱ مقدار f2 برابر ۰.۹۳ به دست می آید.

جدول ۲ - ضریب تصحیح- همجواری کابل ها









Conversion factors for grouping in air ¹⁾ , multicore cables and single-core (as per DIN VDE 0276-1000)							
1	2	3	4	5	6	7	
Installation	Number of troughs/ racks vertical		Number of cables horizontal ⁴⁾				
Spacing = cable diameter d			1	2	3	4	6
Laid on the floor		1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90
Unperforated cable troughs ²⁾		1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.90
		2	0.97	0.95	0.92	0.90	0.86
		3	0.97	0.94	0.91	0.89	0.84
		6	0.97	0.93	0.90	0.88	0.83
Perforated cable troughs ²⁾		1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91
		2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87
		3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85
		6	1.00	0.97	0.94	0.90	0.84
Cable racks ³⁾ (cable gratings)		1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96
		3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93
		6	1.00	0.97	0.96	0.94	0.91

با توجه به این نکته که کابل ها در خاک دفن نمی شوند ضریب کاهش ظرفیت کابل f_3 با توجه به مشخصات دفن کابل برابر ۱ خواهد بود.

$$I_z = \frac{I_{FLC}}{f_1 \times f_2 \times f_3} = \frac{64.75}{0.79 \times 0.93 \times 1} = 88.1[A]$$

در پایان این مرحله با توجه به جدول استاندارد ظرفیت جریانی کابل های ۰.۶/۱ کیلوولت کابل مناسب (۳*۲۵) و از نوع NYY انتخاب می گردد.

جدول ۳- جریان مجاز کابل های ۰.۶/۱ کیلوولت

Rated current (three-phase operation) as per DIN VDE 0276-603 cables with $U_0/U = 0.6/1$ kV laid in air								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Insulation material	PVC				VPE			
Permissible operating temperature	70°C				90°C			
Type designation	N(A)YY			N(A)YCWY ³⁾		N(A)2XY; N(A)2X2Y		
Configuration	¹⁾ 					¹⁾ 		
Number of loaded conductors	1	3	3	3	3	1	3	3
Cross-section in mm ²	Copper conductor: rated current in A							
1.5	27	19.5	21	19.5	22	33	24	26
2.5	35	25	28	26	29	43	32	34
4	47	34	37	34	39	57	42	44
6	59	43	47	44	49	72	53	56
10	81	59	64	60	67	99	74	77
16	107	79	84	80	89	131	98	102
25	144	106	114	108	119	177	133	138
35	176	129	139	132	146	217	162	170
50	214	157	169	160	177	265	197	207
70	270	199	213	202	221	336	250	263
95	334	246	264	249	270	415	308	325
120	389	285	307	289	310	485	359	380
150	446	326	352	329	350	557	412	437
185	516	374	406	377	399	646	475	507
240	618	445	483	443	462	774	564	604
300	717	511	557	504	519	901	649	697
400	843	597	646	577	583	1060	761	811
500	994	669	747	626	657	1252	866	940

مرحله دوم: تحمل جریان اتصال کوتاه

جریان اتصال کوتاه یک فاکتور بسیار مهم در تعیین سطح مقطع کابل است. با توجه به محاسبات انجام شده محاسبات اتصال کوتاه ، سطح اتصال کوتاه با توجه به وجود VFD ، ۲ کیلوآمپر می باشد بنابراین، تعیین سطح مقطع با توجه به سطح اتصال کوتاه صورت می گیرد:

$$I_{th} = \frac{I_{thr}}{\sqrt{T_k}}$$

در این محاسبات T_k مدت زمان عملکرد حفاظت است که ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- ضریب اتصال کوتاه کابل XLPE

Permissible short-circuit conductor temperatures and rated short-time current densities for plastic-insulated cables					
Insulation material	Nominal voltage U_0/U kV	Conductor temperature at beginning of the short circuit	Permissible end temperature	Conductor material	Rated short-time current density (1 s) A /mm ²
PVC	0.6/1...6/10	70 °C	160 °C ¹⁾	Cu	115
			140 °C ²⁾	Al	76
				Cu	103
				Al	68
XLPE	all ranges LV and HV	90 °C	250 °C ³⁾	Cu	143
				Al	94

¹⁾ for cross sections $\leq 300 \text{ mm}^2$
²⁾ for cross sections $> 300 \text{ mm}^2$
³⁾ not permitted for soldered connections

$$S_{min} = I_{th} = \frac{I_{th} * \sqrt{T_k}}{115} = \frac{2 * \sqrt{1}}{115} = 17[\text{mm}^2]$$

با توجه به این سطح اتصال کوتاه حداقل سطح مقطع قابل قبول برای کابل های موتورها ۲۵ میلی متر مربع است بنابراین سطح مقطع (۳*۲۵) قابل قبول می باشد.

مرحله سوم - چک کردن افت ولتاژ

در این مرحله با توجه به مقاومت اهمی و سلفی کابل (۳*۲۵) میزان افت ولتاژ مجاز بین تابلو حفاظت موتورها تا سربندی موتورها مطابق با استاندارد (حداکثر ۳٪) بررسی می گردد:

جدول ۵- مقاومت اهمی و راکتانس کابل مسی

Cable Section Area (C.S.A) Mm ²	DC resistance at 20 ° C Ω /km	PVC Cables		XLPE Cables		Reactance Ω /km
		DC resistance at 70 ° C Ω /km	AC resistance at 70 ° C Ω /km	DC resistance at 90 ° C Ω /km	AC resistance at 90 ° C Ω /km	
2.5	7.28	8.71	8.71	9.282	9.282	0.110
4	4.55	5.45	5.45	5.808	5.808	0.107
6	3.03	3.62	3.62	3.858	3.858	0.100
10	1.81	2.16	2.16	2.302	2.302	0.094
16	1.14	1.36	1.36	1.449	1.449	0.090
25	0.72	0.863	0.863	0.920	0.920	0.086
35	0.52	0.627	0.627	0.668	0.668	0.083
50	0.39	0.463	0.463	0.493	0.493	0.083
70	0.27	0.321	0.321	0.342	0.342	0.082
95	0.19	0.231	0.232	0.246	0.247	0.082
120	0.15	0.183	0.184	0.195	0.196	0.080
150	0.12	0.149	0.150	0.159	0.160	0.080
185	0.10	0.118	0.1202	0.126	0.128	0.080
240	0.08	0.0901	0.0922	0.096	0.098	0.079
300	0.06	0.0718	0.0745	0.077		0.079

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * I_{\text{Running}} * L * (R. \cos\varphi + X. \sin\varphi)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * 88.13 * 0.04 * (0.863 * 0.87 + 0.086 * 0.49)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = 4.85$$

$$\Delta V_{\% \text{Running}} = \frac{\Delta V_{\text{Running}}}{V} * 100 = \frac{4.85}{400} * 100 = 1.2\% < 3\%$$

با توجه به مجاز بودن افت ولتاژ، سطح مقطع کابل های فشار ضعیف از تابلوهای موتور ۳۷ کیلووات تا موتور (۳*۲۵) و از نوع NYY تعیین گردید.

–کابل تغذیه از ترانسفورماتور تا MCC

مرحله اول :تعیین سطح مقطع براساس جریان بار

برای محاسبه سائز کابل تغذیه کننده سمت فشار ضعیف ترانسفورماتورها با فرض انتخاب حداکثر ۱۵۰ کیلوولت آمپر با لحاظ نمودن توسعه آینده ایستگاه پمپاژ با سطح ولتاژ ثانویه ۰.۴ کیلوولت ابتدا جریان بار کامل ترانس را محاسبه میکنیم:

$$I_{FLC} = \frac{S_{in}}{\sqrt{3} \times V \times \eta} = \frac{150}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 0.95} = 228[A]$$

محاسبه ضرایب تصحیح:

با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه (ایستگاه پمپاژ) حداکثر دمای مطلق محیط بیرونی ۵۰ درجه مشخص شده است و حداکثر دمای خاک ۳۵ درجه در نظر گرفته شده است. ضریب f1 از جدول زیر(تأثیر شرایط آب و هوایی بر ظرفیت کابل) معادل ۰.۸۴ در نظر گرفته می شود.

جدول ۱- ضریب تصحیح آب و هوا

60364-5-52 © IEC:2001

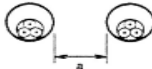

- 89 -

Table A.52-15 (52-D2) – Correction factors for ambient ground temperatures other than 20 °C to be applied to the current-carrying capacities for cables in ducts in the ground

Ground temperature °C	Insulation	
	PVC	XLPE and EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

برای محاسبه ضریب همجواری فرض بر نصب کابلها بصورت دفنی از ترانس تا MCC با توجه f2 به جدول زیر برابر ۰,۸۵ به دست می آید.

جدول ۲ - ضریب تصیح- همجواری کابل ها

Table 52-E3 – Reduction factors for more than one circuit, cables laid in ducts in the ground				
(Installation method D in tables 52-C1 to 52-C4)				
A. Multi-core cables in single-way ducts				
Number of cables	Duct to duct clearance (a)*			
	Nil (ducts touching)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
* Multi-core cables 				
NOTE – Values given apply to an installation depth of 0,7 m and a soil thermal resistivity of 2,5 K·m/W. They are average values for the range of cable sizes and types quoted for tables 52-C1 to 52-C4. The process of averaging, together with rounding off, can result in some cases in errors up to ±10 %. (Where more precise values are required they may be calculated by methods given in IEC 60287.)				
B. Single-core cables in single-way ducts				
Number of single-core circuits of two or three cables	Duct to duct clearance (a)*			
	Nil (ducts touching)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90
* Single-core cables 				
NOTE – Values given apply to an installation depth of 0,7 m and a soil thermal resistivity of 2,5 K·m/W. They are average values for the range of cable sizes and types quoted for tables 52-C1 to 52-C4. The process of averaging, together with rounding off, can result in some cases in errors up to ±10 %. (Where more precise values are required they may be calculated by methods given in IEC 60287.)				









$$I_z = \frac{I_{FLC}}{f_1 \times f_2 \times f_3} = \frac{228}{0,84 \times 0,85 \times 1} = 319,3[A]$$

در پایان این مرحله با توجه به جدول استاندارد ظرفیت جریانی کابل های ۰,۶/۱ کیلوولت کابل مناسب (۱*۵)۲ و از نوع NYN انتخاب می گردد.

جدول ۳- جریان مجاز کابل های ۰,۶/۱ کیلوولت

Table 13-44

Rated current (three-phase operation) as per DIN VDE 0276-603 cables with $U_0/U = 0.6/1$ kV laid underground

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Insulation material	PVC					VPE		
Permissible operating temperature 70 °C						90 °C		
Type designation	N(A)YY			N(A)YCWY ³⁾		N(A)2XY; N(A)2X2Y		
Configuration	¹⁾ 					¹⁾ 		
Number of loaded conductors	1	3	3	3	3	1	3	3
Cross-section in mm ²	Copper conductor: rated current in A							
1.5	41	27	30	27	31	48	31	33
2.5	55	36	39	36	40	63	40	42
4	71	47	50	47	51	82	52	54
6	90	59	62	59	63	102	64	57
10	124	79	83	79	84	136	86	89
16	160	102	107	102	108	176	112	115
25	208	133	138	133	139	229	145	148
35	250	159	164	160	166	275	174	177
50	296	188	195	190	196	326	206	209
70	365	232	238	234	238	400	254	256
95	438	280	286	280	281	480	305	307
120	501	318	325	319	315	548	348	349
150	563	359	365	357	347	616	392	393
185	639	406	413	402	385	698	444	445
240	746	473	479	463	432	815	517	517
300	848	535	541	518	473	927	585	583
400	975	613	614	579	521	1064	671	663
500	1125	687	693	624	574	1227	758	749
Cross-section in mm ²	Aluminium conductor: rated current in A							
25	160	102	106	103	108	177	112	114
35	193	123	127	123	129	212	135	136
50	230	144	151	145	153	252	158	162
70	283	179	185	180	187	310	196	199
95	340	215	222	216	223	372	234	238
120	389	245	253	246	252	425	268	272
150	436	275	284	276	280	476	300	305
185	496	313	322	313	314	541	342	347
240	578	364	375	362	358	631	398	404
300	656	419	425	415	397	716	457	457
400	756	484	487	474	441	825	529	525
500	873	553	558	528	489	952	609	601
Conversion factors								
f_1 ²⁾ from tables	13-54	13-54	13-54	13-54	13-54	13-54	13-54	13-54
f_2 ³⁾ from tables	13-59	13-59	13-56 13-57	13-59	13-56 13-57	13-59	13-59	13-56 13-57

¹⁾ Rated current in DC systems with remote return conductors

²⁾ for ground temperature

³⁾ for grouping

مرحله دوم: تحمل جریان اتصال کوتاه

جریان اتصال کوتاه یک فاکتور بسیار مهم در تعیین سطح مقطع کابل است. با توجه به محاسبات انجام شده محاسبات اتصال کوتاه ، سطح اتصال کوتاه ترانس به شرح ذیل است:

$$I_n = \frac{500}{1.732 * 0.4} = 722 [A]$$

$$I_{sc} = \frac{722}{0.06} = 12 [KA]$$

بنابراین، تعیین سطح مقطع با توجه به سطح اتصال کوتاه صورت می گیرد:

$$I_{th} = \frac{I_{thr}}{\sqrt{T_k}}$$

در این محاسبات T_k مدت زمان عملکرد حفاظت است که ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- ضریب اتصال کوتاه کابل XLPE

Permissible short-circuit conductor temperatures and rated short-time current densities for plastic-insulated cables					
Insulation material	Nominal voltage U_0/U kV	Conductor temperature at beginning of the short circuit	Permissible end temperature	Conductor material	Rated short-time current density (1 s) A /mm ²
PVC	0.6/1...6/10	70 °C	160 °C ¹⁾	Cu	115
				Al	76
			140 °C ²⁾	Cu	103
				Al	68
XLPE	all ranges LV and HV	90 °C	250 °C ³⁾	Cu	143
				Al	94

¹⁾ for cross sections $\leq 300 \text{ mm}^2$
²⁾ for cross sections $> 300 \text{ mm}^2$
³⁾ not permitted for soldered connections

$$S_{min} = I_{th} = \frac{I_{th} * \sqrt{T_k}}{115} = \frac{12000 * \sqrt{1}}{115} = 104 [\text{mm}^2] \sim 120 [\text{mm}^2]$$

با توجه به این سطح اتصال کوتاه حداقل سطح مقطع قابل قبول از ترانس تا MCC معادل $2 * (3 * 120 \text{ mm}^2)$ است

مرحله سوم - چک کردن افت ولتاژ

در این مرحله با توجه به مقاومت اهمی و سلفی کابل $2 \times (3 \times 120 \text{ mm}^2)$ میزان افت ولتاژ مجاز بین ترانس تا MCC مطابق با استاندارد بررسی می گردد:

جدول ۵- مقاومت اهمی و راکتانس کابل مسی

Cable Section Area (C.S.A) Mm ²	DC resistance at 20 ° C Ω / km	PVC Cables		XLPE Cables		Reactance Ω / km
		DC resistance at 70 ° C Ω / km	AC resistance at 70 ° C Ω / km	DC resistance at 90 ° C Ω / km	AC resistance at 90 ° C Ω / km	
2.5	7.28	8.71	8.71	9.282	9.282	0.110
4	4.55	5.45	5.45	5.808	5.808	0.107
6	3.03	3.62	3.62	3.858	3.858	0.100
10	1.81	2.16	2.16	2.302	2.302	0.094
16	1.14	1.36	1.36	1.449	1.449	0.090
25	0.72	0.863	0.863	0.920	0.920	0.086
35	0.52	0.627	0.627	0.668	0.668	0.083
50	0.39	0.463	0.463	0.493	0.493	0.083
70	0.27	0.321	0.321	0.342	0.342	0.082
95	0.19	0.231	0.232	0.246	0.247	0.082
120	0.15	0.183	0.184	0.195	0.196	0.080
150	0.12	0.149	0.150	0.159	0.160	0.080
185	0.10	0.118	0.1202	0.126	0.128	0.080
240	0.08	0.0901	0.0922	0.096	0.098	0.079
300	0.06	0.0718	0.0745	0.077		0.079

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * I_{\text{Running}} * L * (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = \sqrt{3} * 160 * 0.2 * (0.183 * 0.87 + 0.08 * 0.49)$$

$$\Delta V_{\text{Running}} = 11$$

$$\Delta V\%_{\text{Running}} = \frac{\Delta V_{\text{Running}}}{V} * 100 = \frac{18.66}{400} * 100 = 2.75\% < 3\%$$

با توجه به مجاز بودن افت ولتاژ، سطح مقطع کابل های فشار ضعیف از ترانس تا MCC $2 \times (3 \times 120 + 70)$ و از نوع NYY تعیین گردید.