

Prólogo

La realización de este libro tiene por objetivo entregar a los estudiantes y jóvenes profesionales de ingeniería eléctrica los conceptos teóricos y prácticos para realizar un proyecto eléctrico industrial, tomando como base las normativas emanadas de la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (RAEA).

Hasta el año 2002 no teníamos en Argentina una reglamentación completa y apropiada que nos sirva de base o referencia para la realización de un proyecto eléctrico, nos valíamos de estándares de empresas europeas radicadas en nuestro país o en libros y cuadernos técnicos de empresas de materiales eléctricos que nos proporcionaban los fundamentos de cada criterio de proyecto, basados en normas y reglamentos de países europeos.

A partir de la publicación de la reglamentación AEA 90364 del año 2002, la situación cambió, a su vez con lo indicado por la Ley nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo N° 19587 con sus decretos reglamentarios hace que la reglamentación de AEA tenga cobertura nacional, pero lamentablemente cada provincia y cada ciudad debe acogerse a dicha normativa. Por ejemplo en la Ciudad de Córdoba si bien está la Ordenanza N° 11378 (modificada por la ordenanza N°11843) aprobada en el año 2007 y reglamentada en el año 2011 según decreto reglamentario N°3536 , aún no tiene vigencia práctica porque no se implementa o exige cuando un profesional lleva un proyecto de una vivienda o propiedad horizontal.

Para cada tema desarrollado he intentado además de los fundamentos teóricos explicar las aplicaciones prácticas y formas de ejecución, cuyos conocimientos fueron obtenidos en mi experiencia laboral.

Marcelo Fioravanti

Índice

Agradecimiento.....	5
Prólogo.....	7
Índice.....	9
1. Conductores.....	15
1.1. Definiciones y conceptos.....	15
1.2. Conductor cable.....	16
1.3. Relación cobre-aluminio.....	17
1.4. Otros materiales conductores.....	18
1.5. Tipo de cables y conductores.....	18
1.6. Denominaciones populares.....	25
1.7. Denominación del conductor.....	25
1.8. Cálculo de la sección del cable.....	26
1.8.1. Corriente admisible del cable.....	26
1.8.1.1. Diferencia en la forma de instalación del cable.....	26
1.8.1.2. Diferencia en la formación del cable.....	27
1.8.1.3. Diferencia en la aislación del cable.....	27
1.8.1.4. Diferencia en la disposición del cable.....	28
1.8.1.5. Cables dispuesto en paralelo.....	28
1.8.1.6. Temperatura ambiente.....	29
1.8.1.7. Conductor neutro y PE.....	30
1.8.1.7.1. Conductor neutro.....	30
1.8.1.7.2. Conductor PE.....	30
1.8.1.8. Resumiendo.....	31
1.8.1.9. Ejemplos prácticos.....	31
1.8.2. Caída de tensión.....	33
1.8.2.1. Cálculo.....	33
1.8.2.2. Ejemplos prácticos.....	34
1.8.3. Verificación por cto cto.....	38
1.8.3.1. Verificación.....	38
1.8.3.2. Ejemplos prácticos.....	39
1.8.4. Verificación de acuerdo a la protección elegida.....	40
1.9. Conductores desnudos y barras.....	41

1.9.1.	Barras.....	41
1.9.1.1.	Selección.....	42
1.9.1.1.1.	Corriente admisible en régimen perm.	42
1.9.1.1.2.	Corriente admisible en cto cto.....	45
1.9.1.1.2.1.	Corriente térmica equivalente.....	45
1.9.1.1.2.2.	Tipo de material.....	46
1.9.1.1.2.3.	Tiempo de falla.....	47
1.9.1.1.2.4.	Cálculo ante sollicitación térmica cto cto.....	47
1.9.1.1.2.5.	Ejemplo práctico.....	48
1.9.1.1.3.	Efecto electromag. sobre conductores.....	49
1.9.2.	Conductores desnudos.....	50
1.10.	Normas, certificaciones y reglamentaciones.....	52
1.11.	Bibliografía.....	53
2.	Corriente de cortocircuito.....	55
2.1.	Determinación de las impedancias.....	58
2.1.1.	Líneas.....	58
2.1.2.	Líneas aéreas.....	59
2.1.3.	Líneas subterráneas.....	60
2.1.4.	Transformadores.....	61
2.1.5.	Impedancia del sistema.....	62
2.2.	Cálculo práctico de cto cto máximo en MT y BT.....	63
2.2.1.	Ejemplo práctico.....	63
2.3.	Cálculo de la corriente de cto cto mínima.....	67
2.4.	Bibliografía.....	70
3.	Selección de las protecciones en BT.....	71
3.1.	Introducción.....	71
3.1.1.	Naturalezas de las cargas.....	71
3.1.1.1.	Iluminación.....	71
3.1.1.2.	Resistencias calefactoras.....	72
3.1.1.3.	Motores.....	72
3.1.1.4.	Transformadores de potencia MT-BT.....	72
3.1.1.5.	Equipos de medición.....	72
3.1.1.6.	Equipos controlados con electrónica de potencia.....	72
3.1.1.7.	Bancos de capacitores.....	73
3.1.1.8.	Cables.....	73
3.2.	Tipos de elementos de protección y maniobra.....	73

3.2.1.	Seccionador.....	73
3.2.2.	Interruptor.....	74
3.2.3.	Interruptor- Seccionador.....	74
3.2.4.	Interruptor automático BT.....	77
3.2.4.1.	PIAs.....	77
3.2.4.2.	Interruptores en caja moldeada (MCCB)	82
3.2.4.2.1.	Descripción.....	82
3.2.4.2.2.	Protecciones y curvas de disparo.....	83
3.2.4.2.3.	Consideraciones mínimas para selección.....	85
3.2.4.3.	Interruptor abierto.....	94
3.2.4.4.	Guardamotores.....	95
3.2.5.	Fusibles NH.....	96
3.2.5.1.	Forma constructiva.....	97
3.2.5.2.	Características de funcionamiento.....	98
3.2.5.3.	Selección.....	98
3.2.5.4.	Selectividad.....	102
3.2.6.	Fusible-interruptor-seccionador.....	103
3.2.7.	Interruptor-seccionador con fusible.....	104
3.3.	Protección contra sobrecargas.....	105
3.3.1.	Iluminación.....	106
3.3.2.	Motores.....	106
3.4.	Protección contra contocircuitos.....	110
3.4.1.	Iluminación.....	110
3.4.2.	Motores.....	110
3.5.	Bibliografía.....	110
4.	Diseño TGBT.....	111
4.1.	Definiciones y conceptos.....	111
4.2.	Circuito unifilar típico.....	112
4.3.	Selección de interruptor de cabecera o gral	112
4.3.1.	Corriente permanente asignada lu.....	112
4.3.2.	Corriente nominal In.....	113
4.3.3.	Poder de corte.....	113
4.4.	Selección de un interruptor de salida.....	114
4.4.1.	Corriente permanente asignada lu.....	114
4.4.2.	Corriente nominal In.....	114
4.4.3.	Poder de corte.....	115

4.4.4.	Selectividad.....	115
4.5.	Selección de conductores.....	116
4.5.1.	Conductor trafo-TGBT.....	116
4.5.2.	Conductor Tramo L2.....	118
4.5.2.1.	Corriente permanente.....	118
4.5.2.2.	Esfuerzo térmico en barras.....	121
4.5.3.	Conductor barras ómnibus B de TGBT.....	123
4.5.4.	Conductor Tramo L3 conexión barras B.....	124
4.5.5.	Conductor Tramo L9 salida Interruptor Ic1.....	125
4.6.	Medición.....	127
4.7.	Documentación.....	128
4.8.	Gabinetes.....	131
4.9.	Enclavamientos y acoplamientos.....	134
4.10.	Protección diferencial.....	135
4.11.	Puesta a tierra.....	135
4.12.	Bibliografía.....	136
5.	Arranque motor.....	137
5.1.	Protecciones.....	137
5.1.1.	Guardamotor termomagnético.....	140
5.1.2.	Fusible NH + relé.....	141
5.1.3.	Guardamotor magnético + relé.....	143
5.1.4.	Termistores.....	144
5.2.	Comando.....	145
5.2.1.	Comando manual.....	145
5.2.2.	Comando a través de contactor.....	145
5.3.	Tipos de arranque para motores asíncronos.....	148
5.3.1.	Arranque directo.....	148
5.3.1.1.	Circuito de potencia.....	149
5.3.1.2.	Circuito de comando.....	151
5.3.1.3.	Selección de componentes.....	153
5.3.2.	Inversor de marcha.....	157
5.3.2.1.	Circuito de potencia y comando.....	157
5.3.2.2.	Selección de componentes.....	158
5.3.3.	Arranque estrella-triángulo.....	161
5.3.3.1.	Conceptos.....	161
5.3.3.2.	Circuito de potencia y comando.....	165

5.3.3.3.	Selección de componentes.....	168
5.3.4.	Arranque suave.....	173
5.3.4.1.	Conceptos.....	173
5.3.4.2.	Circuito de potencia y comando.....	176
5.3.4.3.	Selección de componentes.....	178
5.3.5.	Variador de velocidad.....	181
5.3.5.1.	Conceptos.....	181
5.3.5.2.	Circuito de potencia y comando.....	184
5.3.5.3.	Selección de componentes.....	188
5.3.5.4.	Armónicos y EMC.....	192
5.3.5.5.	Temperatura de funcionamiento	197
5.4.	Bibliografía.....	199
6.	Protección de las personas contra choques eléctricos.....	201
6.1.	Conceptos y definiciones.....	201
6.2.	Protección contra los contactos.....	202
6.2.1.	Protección contra los contactos directos.....	202
6.2.2.	Protección contra los contactos indirectos.....	202
6.3.	Esquema de conexión a tierra.....	203
6.4.	Lazo de falla.....	204
6.4.1.	Esquema TT.....	204
6.4.2.	Esquema TN-S.....	206
6.5.	Interruptores diferenciales.....	211
6.5.1.	Selección.....	212
6.5.2.	Característica de actuación.....	214
6.5.3.	Selectividad.....	215
6.6.	Sensibilidad.....	217
6.7.	El uso en cargas polucionadas.....	218
6.7.1.	Disparos intempestivos.....	218
6.7.2.	Cegado.....	218
6.8.	Uso de diferencial clase A.....	219
6.9.	Aislación clase II.....	220
6.9.1.	Aislación clase II en equipos.....	221
6.9.1.1.	Cables.....	221
6.9.1.2.	Gabinetes.....	221
6.9.1.3.	Equipos.....	221
6.9.2.	Aplicación practica.....	222

6.10.	Bibliografía.....	222
7.	Canalizaciones.....	223
7.1.	Definición.....	223
7.2.	Materiales.....	223
7.3.	Ubicación, ambientes.....	223
7.3.1.	Ambientes mojados.....	223
7.3.2.	Intemperie.....	224
7.3.3.	Locales con riesgo de corrosión.....	224
7.4.	Canalizaciones permitidas.....	224
7.4.1.	Cañerías metálicas.....	224
7.4.1.1.	Cañería de chapa de acero uso eléctrico.....	224
7.4.1.2.	Cañería de acero galvanizado uso eléctrico.....	226
7.4.1.3.	Cañería de acero galvanizado.....	229
7.4.1.4.	Caño metálico flexible uso eléctrico.....	229
7.4.2.	Cañerías de material sintético.....	230
7.4.3.	Sistema de cable-canal.....	232
7.4.4.	Perfiles registrables (perfil C)	234
7.4.5.	Bandeja portacables.....	235
7.4.6.	Canalizaciones enterradas.....	237
7.4.7.	Canalizaciones APE.....	240
7.5.	Soportes.....	242
7.5.1.	Soportes para caños metálicos.....	242
7.5.2.	Soportes para caños material sintético.....	243
7.5.3.	Soportes para bandejas portacables.....	243
7.6.	Bibliografía.....	245