# كتاب

# مختصر حسابات الأسلاك الكهربية وكابلات الجهد المنخفض

Wire and Low voltage cable calculations

تأليف

مهندس / ناجي عبدالهادى جمعة



D e M

# الفصل الأول

## كابلات القدرة

**DEM**

الفصل الأول..... 4
كابلات القدرة..... 4
التعريف بكابلات القوى الكهربية ..... 4
تصنيف كابلات القوى من حيث الجهود المنقولة..... 4
تصنيف الكابلات..... 4
أولا- عدد (الأطراف) Cores ..... 4
ثانيا- مساحة المقطع..... 6
مكونات كابل الجهد المنخفض..... 7
الموصل: CONDUCTOR ..... 8
تعريف الموصل..... 9
مادة الموصلات ..... 9
أنواع الموصلات ..... 9
الموصل المصمت Solid conductor ..... 10
الموصل المجدول Stranded conductor..... 10
الموصل الشعيرات Flexible copper conductor ..... 11
شكل أو تشكيل الموصلات Conductor Form ..... 12
مقارنة بين الموصلات ..... 13
العـــزل INSULATION ..... 15
التعريف ..... 15
أهمية مادة العزل..... 15
مواد العزل Insulation materials ..... 15
أولا-اللدائن الحرارية:Thermoplastics ..... 15
ثانيا-الجوامد الحرارية: Thermosets ..... 16
كابلات بعزل معدنى Mineral Insulated Cable..... 16
تصنيف الكابلات من حيث مادة العزل المستخدمة..... 16
خصائص المادة العازلة..... 17
الحشـــو أو ( الفرشة ) FILLING - BEDDING ..... 18
التسلـــيح ( التدريع ) ARMOUR..... 18
تعريفه..... 19
أنواع التسليح ..... 19
الغلاف الخارجى OUTER SHEATH..... 20
أغلفة الورقية ..... 20
أغلفة بولى فينيل كلوريد P.V.C ..... 20
مواصفات وخصائص مادة البولى فينيل كلورايد P.V.C ..... 20
عبوب مادة PVC كغلاف خارجى..... 21
أنواع الأغلفة من النوع PVC..... 21

اغلفة من المطاط Rubber ..... 22
علامات تحديد الأوجه PHASES COLOUR IDENTIFICATION ..... 23
وحدة مساحة مقطع كابلات الجهد المنخفض ..... 23
العلاقة بين مساحة مقطع النحاس ومساحة مقطع الألومنيوم..... 27
جهد التصنيع لكابلات الجهد المنخفض..... 28
الجهود القياسية العالمية..... 29
كيفية كتابة الكابلات الكهربية وتصنيفها بالاختصار ..... 29
مواصفات كابلات الطاقة الشمسية ..... 30
مواصفات الكابل ..... 31
الموصفات القياسة ..... 31
الموصلConductor ..... 31
العازل حول الموصل Insulation ..... 32
الغلاف الخارجي : Sheath..... 32
جهد التشغيل ..... 32
درجة الحرارة..... 32
التيار المقنن لكابلات الخلايا الشمسية ..... 32
أنواع الكابلات طبقا للمقاييس الألمانية VDE ..... 33
العوازل المستخدمة طبقا للمواصفات الأمريكية ..... 37
طرق تمديد (فرد ) الكابلات ..... 42
العلاقة بين نوع الكابل من حيث التسليح وطرق التمديد..... 42
أقل نصف قطر للكابل..... 43

# الفصل الثاني

## حساب الأسلاك الكهربية

**DEM**

الفصل الثاني ..... 3
حساب الأسلاك والكابلات ..... 3
أولا-حساب الأسلاك فى التمديدات المنزلية ..... 3
خطوات الحساب الأساسية ..... 5
خطوات التحقيق الأساسية ..... 5
أولا - حساب تيار الحمل بالأمبير ..... 6
فى حالة 1 فاز ..... 6
فى حالة 3 فاز ..... 6
ثانيا -عدد الكابلات ..... 7
ثالثا- معامل التصحيح الكلى ..... 7
رابعا- حساب التيار الاعتبارى ..... 7
خامسا -حساب قيمة التيار التصميمى للكابل $I_{CAL}$ ..... 7
سادسا -تحديد مساحة مقطع السلك ..... 8
سابعا - حساب التحميل على الفازات ..... 8
ثامنا-حساب الهبوط فى الجهد ..... 8
معادلة هبوط فى الجهد حالة 1 فاز ..... 8
معادلة هبوط فى الجهد حالة 3 فاز ..... 9
معادلة هبوط فى الجهد المؤوي ..... 9
في حالة جهد ا فاز ..... 9
في حالة جهد 3 فاز ..... 9
العلاقة بين سعة القاطع ونوعه وبين طول الكابل ..... 10
أولا- حساب القاطع ..... 10
شرح المعاملات ..... 11
معامل التصحيح لقواطع الانارة ..... 11
معامل التصحيح لقواطع المقابس (بما فى ذلك التكييف ) ..... 11
حماية المغذى (القاطع ) ..... 11
ثانيا حساب أقصى طول يحميه القاطع ..... 12
ثالثا حساب أقصى طول للكابل (السلك ) ..... 16
معادلة أقصى طول للكابل فى حالة 1 فاز ..... 16
معادلة أقصى طول للكابل فى حالة 3 فاز ..... 16
الخطوات العملية لحساب الأسلاك ..... 18
الخطوات العملية الأساسية ..... 18
خطوات التحقيق ..... 18
الطريقة التقريبية الأولى لحساب مساحة المقطع في حالة 1 فاز ..... 33
الطريقة التقريبية الثانية لحساب مساحة المقطع في حالة 1 فاز ..... 35

# الفصل الثالث

## حساب الكابلات الكهربية

DEM

الفصل الثالث ..... 7
حساب الكابلات ..... 7
تكوين الكابل ..... 7
الموصل ..... 8
العزل ..... 8
رباط أو مجمع فازات ..... 8
الحشـــــو ( أو الفرشة ) ..... 8
تغليف داخلى ..... 8
التسليح ..... 8
الغلاف الخـارجى ..... 8
ثانيا- أنواع تمديد الكابلات ..... 8
ثالثا- حساب الكابلات ..... 9
أولا -حساب التيار 3 فاز ..... 9
أولا-المولدات والمحولات ..... 9
ثانيا-اللوحات ..... 9
ثالثا-المحركات مباشر على الخط أو بادئ حركة تدريجى ناعم أو محول ذاتى أو ستار دلتا ..... 10
رابعا- المحركات ببادئ حركة مغير سرعات ..... 10
حالة قدرة المحرك أقل من أويساوى 5.5 كيلووات ..... 10
حالة قدرة المحرك أكبر من 5.5 كيلووات ..... 10
خامسا-المكيفات ..... 11
أقل من 50 طن ..... 11
أكبر من 50 طن ..... 11
سادسا- المكثفات ..... 12
ثانيا -حساب التيار 1 فاز ..... 12
أولا-اللوحات والمولدات والمحولات ..... 12
ثانيا-المحركات مباشر على الخط ..... 12
ثالثا- المحركات ببادئ حركة مغير سرعات ..... 13
حالة قدرة المحرك أقل من أويساوى 5.5 كيلووات ..... 13
حالة قدرة المحرك أكبر من 5.5 كيلووات ..... 13
رابعا-المكيفات فى حالة جهد 1 فاز ..... 13
خامسا- المكثفات ..... 13
ثانيا- معرفة عدد الكابلات ..... 17
أولا -عدد الكابلات للمحولات والمولدات ..... 18
ثانيا-الكابلات الخاصة بالممغذيات ..... 19
ثالثا-الكابلات الخاصة ببوادئ الحركة ..... 21
رابعا - عدد الكابلات للوحات المكثفات ..... 22
خامسا فى حالة العزل XLPE أو PVC وجهد 1 فاز 220/230 فولت وموصل نحاس ..... 24

معامل التصحيح الكلى للكابلات الممتدة في الهواء ..... 24
معامل التصحيح لدرجة حرارة الهواء ..... 25
معامل التصحيح التجميعى Grouping Factor ..... 25
أولا-معامل التصحيح التجميعية لكابلات متعددة القلوب ..... 26
طرق تمديدات الكابلات متعددة القلوب على حوامل الكابلات ( Cable tray ) ..... 29
المسافة بين حوامل الكابلات ( Cable tray ) ..... 29
متى يساوى معامل التجاور 1 ؟ ..... 29
ثانيا- معامل التصحيح التجميعي لكابلات أحادى القلب ..... 30
معامل التصحيح للطبقات ..... 35
حساب عدد الطبقات في حالة كابل متعدد القلوب ..... 35
حساب عدد الطبقات في حالة كابلات أحادية القلب ..... 35
العلاقة بين معامل التصحيح التجميعى وعدد الدارات الممدودة أثناء التشغيل ..... 36
كابلات فى الخدمة Duty ..... 36
كابلات أحتياطيه Standby ..... 36
كابلات مجاورة Adjacent ..... 36
حالات الكابلات المجاورة ..... 37
استخدام عدد الكابلات الكلي ..... 38
ثالثا-حساب التيار الاعتبارى Considerable Current ..... 41
جميع الحالات ( مغذيات وبوادئ حركة ) ماعدا ستار دلتا ..... 41
حالة الحمل محرك يعمل ستار دلتا ..... 42
خامسا -حساب التيار التصميمى للكابل ..... 42
أولا- جميع الحالات وكابلات متعددة القلوب أو أحادية القلب ماعدا ستار دلتا ..... 42
ثانيا - حالة الحمل محرك يعمل ستار دلتا وكابلات متعددة القلوب ..... 42
ثالثا- حالة الحمل محرك يعمل ستار دلتا وكابلات أحادية القلب ..... 42
سادسا-حساب مساحة مقطع الكابل ..... 43
سابعا-حساب التحميل الفعلى على الفازات ..... 43
أولا- حالة المغذيات والمحركات وكابلات متعددة القلوب أو أحادية القلب ما عدا ستار دلتا ..... 43
ثانيا- حالة المحركات ستار دلتا وكابلات متعددة القلوب ..... 44
ثالثا- حالة الحمل محرك يعمل ستار دلتا وكابلات أحادية القلب ..... 44
علاقة التمديد بالتيار التصميمى ..... 53
أولا كابل متعدد القلوب ..... 53
ثانيا كابل أحادي القلب Single core cable ..... 54
مفهوم الفرق بين عدد الكابلات وعدد الدارات ..... 55
ثامنا-حساب الهبوط فى الجهد ..... 56
أولا- جميع الحالات وكابلات متعددة القلوب أو أحادية القلب ماعدا ستار دلتا ..... 56
ثانيا- حالة الحمل محرك يعمل ستار دلتا ..... 56
أولا- حالة كابل متعدد القلوب ..... 56

ثانيا- حالة كابل أحادي القلب ..... 57
حساب الهبوط في الجهد المؤوي ..... 60
الهبوط في الجهد عند بداية المحركات (تيار الإقلاع ) Starting Current ..... 61
أولا القيمى القصى للهبوط في الجهد عند بدء المحرك ..... 61
ثانيا معادلة نسبة تيار البدء Is إلى تيار المقنن In ..... 61
ثالثا معادلة هبوط الجهد أثناء البدء ..... 62
أولا- الهبوط فى الجهد أثناء البدء فى حالة الجهد 3 فاز ..... 62
ثانيا- الهبوط فى الجهد أثناء البدء فى حالة الجهد 1 فاز ..... 62
تحديد أقصى مسافة لهبوط الجهد ..... 68
معادلة أقصى مسافة لهبوط الجهد 2.5% ..... 68
أولا- حالة المغذيات والمحركات وتيار متردد ..... 68
الطريقة الأولى (عام ) ..... 68
الطريقة الثانية ..... 68
ثانيا- حالة محركات ستار دلتا ..... 69
أولا- حالة كابل رباعي متعدد القلوب ..... 69
ثانيا- حالة كابل أحادي القلب ..... 69
أقصى طول في حالة البدء لمحرك مباشر على الخط ..... 69
أولا- حالة 3 فاز ..... 69
ثانيا- حالة 1 فاز ..... 70
حساب هبوط الجهد التراكمى Cumulative Voltage drop ..... 70
أقصى هبوط جهد تراكمى ..... 71
تلخيص الخطوات العملية لحساب الكابلات الممدودة في الهواء ..... 72
ملاحظات عامة ..... 75
ثالثا-حساب الكابلات المدفونة مباشرة فى الأرض ..... 124
معامل التصحيح الكلى لكابلات متعددة القلوب ..... 124
معامل التصحيح الكلى لكابلات أحادية القلب ..... 124
معامل التصحيح لدرجة حرارة التربة [G1] ..... 124
معامل التصحيح لكابلات متعددة القلوب مدفونة مباشرة فى الأرض[ G2] ..... 125
المسافة بين الكابلات ..... 125
معامل التصحيح لكابلات أحادية القلوب مدفونة مباشرة فى الأرض[ G3] ..... 126
المسافة الفاصلة بين الكابلات أحادية القلب ..... 127
المسافة بين الكابلات العملية ..... 129
معامل التصحيح لعدد الطبقات ( G4 ) ..... 129
تحديد عدد الطبقات ..... 130
معامل التصحيح لعمق الدفن [ G5] ..... 130
معامل التصحيح لمقاومة التربة الحرارية [ G6] ..... 131
الخطوات العملية لحساب الكابلات المدفونة ..... 132

العوامل المؤثرة على تمديد الكابل داخل الحائط ..... 154
حساب الكابلات المدفونة في مواسير ..... 157
معاملات التصحيح فى حالة الكابل مدفون فى مواسير في الأرض ..... 159
معاملات التصحيح الكلى لمواسير مدفونة مباشرة فى الأرض ..... 159
معامل التصحيح الكلى فى حالة كابلات متعددة القلوب ..... 159
معامل التصحيح الكلى فى حالة كابلات أحادية القلب ..... 159
شرح معاملات التصحيح ..... 159
معامل التصحيح في درجة الحرارة للأرض ..... 159
معامل التصحيح التجميعي لكابلات متعددة القلوب داخل ماسور ..... 160
الطرق الاعتيادية لترتيب المواسير المدفونة فى الأرض فى حالة كابلات متعددة القلوب ..... 161
معامل التصحيح التجميعي لكابلات أحادية القلوب داخل ماسور ..... 161
طرق ترتيب المواسير المدفونة فى الأرض فى حالة كابلات أحادي القلب ..... 162
حساب هبوط الجهد بالملى فولت /أمبير/متر ..... 163
أولا فى حالة الكابلات متعددة القلوب ..... 163
ثانيا فى حالة الكابلات أحادية القلب ..... 163
حساب عدد الدوائر الخاصة بالكابلات أحادية القلب ..... 164
المسافة الفاصلة بين المواسير S ..... 164
معامل التصحيح التجميعى ..... 164
أولا فى حالة دارة واحدة داخل الماسورة ..... 165
..... 165
ثانيا فى حالة أكثر من دارة واحدة داخل الماسورة ..... 165
حساب عدد المواسير ..... 165
معادلة حساب عدد المواسير ..... 166
معادلة للمغذيات وبوادئ الحركة وكابل متعدد القلوب أو أحادي القلب ..... 166
المعادلة لبوادئ الحركة ستار دلتا وكابل أحادي القلب ..... 166
المعادلة الخاصة لمغذيات وأحمال قدرة كبيرة ..... 166
معامل الحيز ..... 167
أقصى عدد للكابلات داخل الماسورة الحيز ..... 167
معامل التصحيح لتلامس الكابلات داخل الماسورة ..... 171
معامل التصحيح لعمق الدفن ..... 175
معامل التغير للمقاومة الحرارية للتربة ..... 176
خطوات حساب كابلات المدفونة فى المواسير ..... 179
حساب الكابلات الممدودة في داخل مواسير في الخرسانة ..... 194
أنواع الداكت بنك ..... 195
خطوات تصميم الDuct Bank ..... 195
مقاس الDuct Bank Size ..... 196
تحديد أبعاد ال Duct bank ..... 196

كيفية تحديد عدد الأعمدة والصفوف ..... 197
الاستخدام ..... 199
معامل التصحيح الكلى فى حالة كابلات متعددة القلوب ..... 201
معامل التصحيح الكلى لكابلات أحادية القلب ..... 201
معامل التصحيح لعمق الدفن والتجميعى والمقاومة الحرارية ..... 201
معامل التصحيح لعمق الدفن ..... 202
معامل التصحيح التجميعي فى حالة الDuct Bank ..... 203
الطريقة الأولى ..... 203
الطريقة الثانية ..... 204
معامل التصحيح للمقاومة الحرارية للخرسانة ..... 205
الخطوات العملية لحساب الكابلات المدفونة فى الخرسانة ..... 207
حساب الكابلات الممتدة في مجرى (ترنش ) خرساني ..... 220
تصميم المجرى الخرسانى الخاص بالكابلات ..... 221
أولا من حيث الأبعاد ..... 221
الأبعاد فى حالة حامل الكابلات على مثبت على جانب واحد فقط ..... 221
الأبعاد فى حالة حامل الكابلات على مثبت على على الجانبين ..... 221
ثانيا من حيث المكان ..... 222
ثانيا من حيث الغطاء Covers ..... 223
معاملات التصحيح الكلى لتمديد على حوامل كابلات داحل مجرى( ترنش ) خرسانى في الأرض ..... 225
معامل التصحيح الكلى فى حالة كابلات متعددة القلوب ..... 226
معامل التصحيح الكلى لكابلات أحادية القلب ..... 226

# الفصل الرابع

## مختصر حساب كابلات الجهد المنخفض

**DEM**

الفصل الرابع ..... 3
حساب كابلات الجهد المنخفض ..... 3
المواصفات القياسية لحساب الكابلات طبقا ل DeM..... 3
معامل التصحيح الكلي ..... 3
حساب كابلات الجهد المنخفض ..... 3
متوسط معامل التصحيح الكلى Average Total correction Factor (TCF) ..... 3
أولا- متوسط معامل التصحيح الكلى لكابلات ممدودة فى الهواء ..... 5
ثانيا - معامل التصحيح الكلى لكابلات ممدودة فى الهواء داخل مجرى خرسانى Concrete Trench ..... 9
ثالثا- معامل التصحيح الكلى لكابلات مدفوفة فى الأرض Buried cables ..... 13
جداول معامل التصحيح للكابلات المدفونة في الأرض..... 13
تحديد عرض الترنش..... 20
رابعا - معامل التصحيح الكلى لكابلات مدفونة فى الأرض فى مواسير DUCT..... 21
خامسا - معامل التصحيح الكلى لكابلات مدفونة فى الأرض فى مواسير فى الخرسانة Duct Bank ..... 23
استخراج متوسط معامل التصحيح للكابلات..... 30
مفهوم الفرق بين عدد الكابلات وعدد الدارات ..... 30
الخطوات العملية لحسابات الكابلات..... 31
مقارنة النتائج..... 41
ختام ..... 57