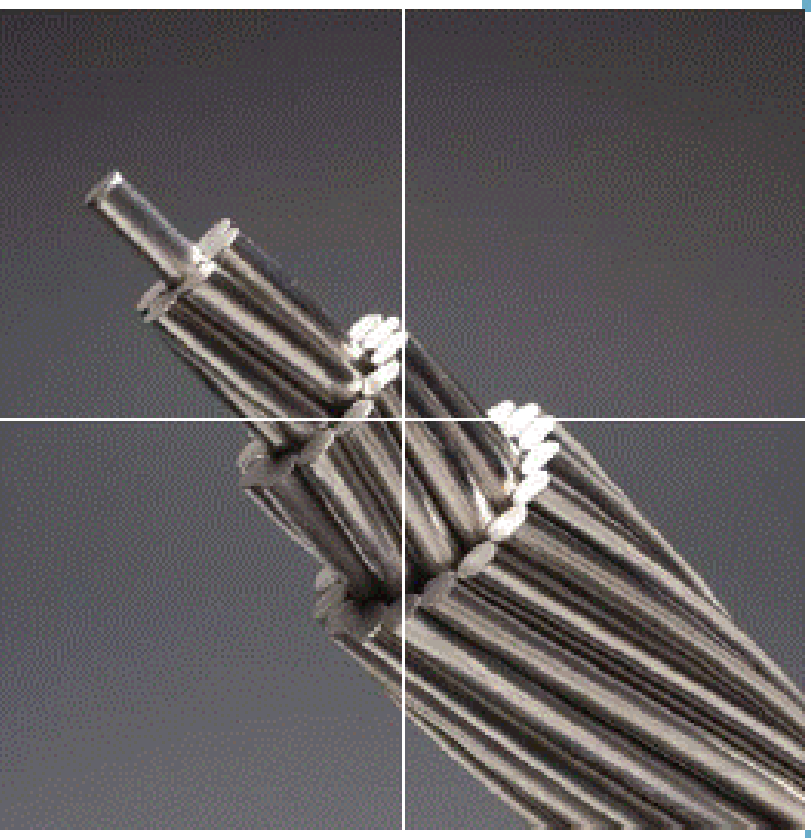


خصائص وإستخدامات

الأسلاك

في شبكات التوزيع

إعداد
م.أقدم مثنى محمد كاظم توفيق

المديرية العامة لتوزيع كهرباء الكرخ

٢٠٠٩

المقدمة
الفصل الأول :- تعريف بالأسلاك وأنواعها
الفصل الثاني :- المقاييس والمواصفات العالمية للأسلاك
الفصل الثالث :- الحسابات الكهربائية والميكانيكية للأسلاك
الفصل الرابع :- حسابات مناقصات الأسلاك
ملحق١: فحوصات الأسلاك وفق IEC Standard
ملحق٢: جداول المواصفات العالمية الأخرى
المصادر

المقدمة

إن إستخدام الكهرباء والذي أثر تأثيراً مباشراً على تقدم البشرية في كافة النواحي الحياتية والإقتصادية منذ إختراعه والذي يمكن تقفي سير تقدمه منذ البدايات والتي تعود إلى عام ١٨٨٠ حيث أنشأت بضعة شركات محطة كهرومائية لتغذية مصابيح إنارة الشوارع وهذا يعتبر أول تطبيق حقيقي للكهرباء في أمريكا. وفي عام ١٨٨٢ وضع ثوماس أديسون المحطة البخارية الأولى والتي كانت تولد تيار مستمر (DC) والتي بواسطتها تمت تغذية المكاتب التجارية لمركز مدينة نيويورك الأمريكية. وبدأت المحطات الكهرومائية ثم البخارية وشركات توزيع الطاقة الكهربائية بالإنتشار. وفي تلك الفترة أنشئ أول خط لنقل الطاقة في ألمانيا طوله ٥٩ كم وينقل تيار مستمر. وفي عام ١٨٨٥ صنعت أول محولة كهربائية للأغراض التجارية وبعدها بعام أي سنة ١٨٨٦ وضعت شركة ويستنغهاوس (Westinghouse) أول منظومة لتوزيع الطاقة بالتيار المتناوب (AC) تستخدم المحولات في ولاية ماساشيوستس (Massachusetts) الأمريكية. وفي عام ١٨٩١ تم إنشاء أول خط ثلاثي الطور في ألمانيا. وحينها كانت أسلاك النحاس هي المستخدمة في النقل والتوزيع. وفي عام ١٨٩٥ إستخدمت أسلاك الألمنيوم (AAC) لأول مرة في أمريكا وفرنسا. وفي عام ١٩٠٨ ظهرت أسلاك (ACSR). وإستمر التقدم والتطور في مجال الكهرباء وحتى يومنا هذا مع إستمرار الزيادة في الطلب.

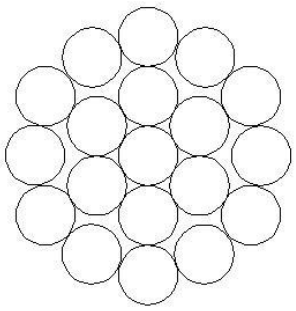
في هذا الكراس المتواضع سنقدم شرحاً عن الأسلاك والخطوط الهوائية المستخدمة في شبكات التوزيع وكيفية إجراء حساباتها والتي يحتاجها مهندسي التوزيع سواءً العاملين في صيانة الشبكات الهوائية أو في الدراسات أو التصاميم وكذلك في تشغيل البرامجيات المتخصصة بتحليل وتخطيط الشبكات.

الفصل الأول :- تعريف بالأسلاك وأنواعها

أنواع الأسلاك المستخدمة في الشبكات الهوائية هي النحاس ، الألمنيوم.

أنواع أسلاك النحاس

Copper Conductor :-

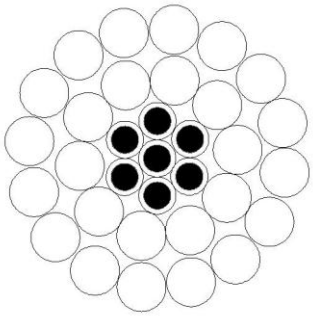


وهي مختلفة الأحجام والإستخدامات فأكثر ملفات المكائن والمحولات وقابلوات الإتصالات الشعيرية (fine wires) وأسلاك التأسيسات الداخلية للأبنية هي من النحاس بالإضافة إلى إستخدام أسلاك النحاس في شبكات النقل والتوزيع ، حجوم هذه الأسلاك تعتمد على المواصفة (Standard) المستخدمة والتي تحدد مساحة المقطع العرضي للسلك وعدد الشعيرات التي تؤلف السلك، يمتاز النحاس بخاصية توصيلية ممتازة ، وقدرته على نقل تيار عالي نسبياً بسبب خصائصه الحرارية الجيدة ودرجة إنصهاره العالية ، ومتانته وقوة شده العالية جداً (ما يقارب ضعف الألمنيوم) مع المرونة العالية ، ومقاومته للتآكل عالية ، ويمتاز بمعامل تمدد قليل ، ولكنه ثقيل الوزن وغالي الثمن فيكون عرضة للسرقة لهذا بدأ الإتجاه عالمياً نحو إستخدام الألمنيوم بدلاً عنه. وهذا النوع كان مستخدماً في شبكات التوزيع في العراق أما الآن فهو غير مستخدم إلا في بعض الشبكات القديمة.ويمكن تقسيمه إلى ٣ أنواع حسب طريقة الصنع والخصائص

- ✓ hard drawn
- ✓ medium-hard drawn
- ✓ soft drawn or annealed

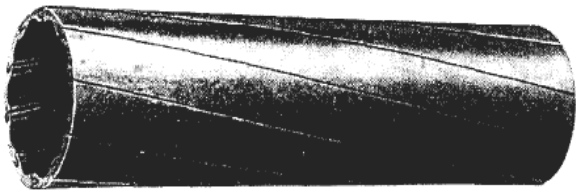
النوعين الأول والثاني يستخدمان في شبكات النقل والتوزيع والثالث يستخدم في التأريض فقط لتوصيليته ومرونته العاليتين وضعف قوة شده.

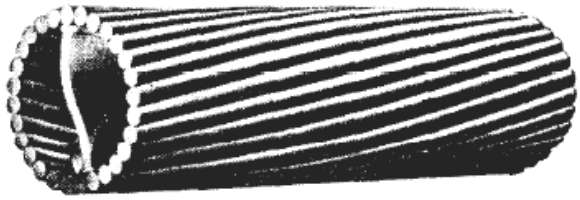
copperweld-copper conductor :-



وتكون الشعيرات الخارجية المؤلفة للسلك من النحاس بينما تكون الشعيرات الداخلية والتي تؤلف اللب من حديد الصلب (Steel) المطلي بمعدن النحاس لتقوية وتدعيم السلك (حيث إن أغلب التيار يمر على السطح الخارجي للسلك كما هو معروف) ونسبة عدد شعيرات النحاس إلى حديد الصلب تحددها المواصفة المصنوع وفقها السلك (يشابه النوع ACSR المصنوع من الألمنيوم). ويمتاز بتوصيليته الجيدة المقاربة لأسلاك النحاس. وهذا النوع قليل الإستخدام عالمياً، وهذا النوع لا يستخدم في شبكات التوزيع في العراق.

وهناك أنواع خاصة أخرى من النحاس تكون مجوفة من الداخل كما في الشكلين أدناه تسمى (Hollow Copper Conductor) وتستخدم في شبكات نقل الطاقة ذات الجهود العالية – بضعة مئات كيلو فولت – وتمتاز بخاصيتها لتقليل ظاهرة (skin effect) وكذلك تقليل خسائر الـ(corona). وحتى قابليتها على نقل التيار هي أعلى من النوع الإعتيادي بالنسبة إلى نفس مساحة المقطع العرضي بسبب إمكانية التسريب الحراري من خلال الفجوة الهوائية، وإقتصادية أكثر بالنسبة للأسلاك من نفس القطر ووزنها أخف. وينحصر إستخدامها عالمياً في خطوط النقل ولا تدخل في شبكات التوزيع.





أنواع أسلاك الألمنيوم

Circular Wires

وتكون الشعيرات المؤلفة للسلك ذات مقطع دائري.

Trapezoidal Wires

وتكون الشعيرات المؤلفة للسلك ذات مقطع شبه منحرف.

Circular Wires

AAC :- All Aluminum Conductor

AAAC :- All Aluminum Alloy Conductor

ACSR :- Aluminum Conductor Steel Reinforced

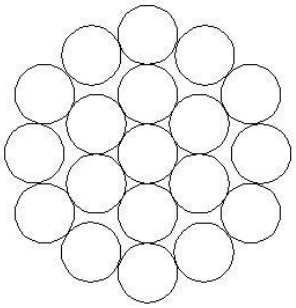
AACSR :- Aluminum Alloy Conductor Steel Reinforced

ACAR :- Aluminum Conductor Al. Alloy Reinforced

ACSR\AS :- Aluminum Conductor Aluminum Clad Steel Reinforced

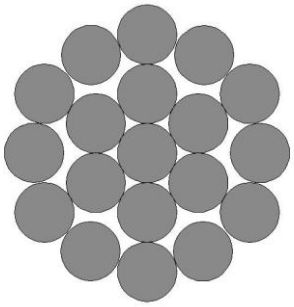
ولكل نوع من هذه الأنواع حجوم مختلفة من الأسلاك تعتمد على المواصفة (Standard) المستخدمة والتي تحدد مساحة المقطع العرضي للسلك وعدد الشعيرات التي تؤلف السلك.

AAC :- All Aluminum Conductor



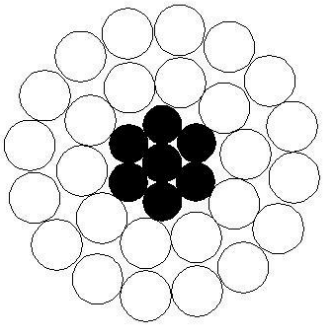
وتكون كل الشعيرات المؤلفة للسلك من ألمنيوم عالي النقاوة (بنقاوة ٩٩,٩٥-٩٩,٩٩% والأخيرة هي المستخدمة في مواصفات وزارة الكهرباء – العراق) وتسمى سبيكة Aluminum 1350-H19 . ويمتاز بخاصية توصيلية جيدة مقارنة بوزنه (٦٢.٥% من توصيلية النحاس تقريباً) ومقاومته للتآكل جيدة وقوته ومتانته متوسطة لذا عند إستخدامه تستخدم أعمدة بمسافات قليلة (Short spans) وهو أرخص أنواع الأسلاك على الإطلاق.

AAAC :- All Aluminum Alloy Conductor

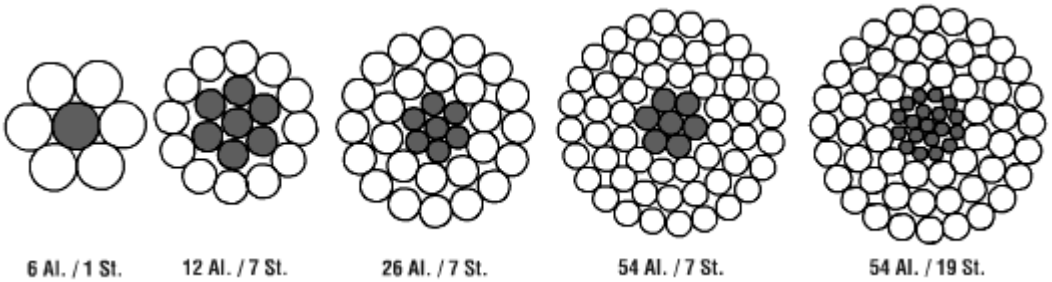


وتكون كل الشعيرات المؤلفة للسلك من سبيكة ألمنيوم متجانسة تسمى 6201-T81 Aluminum Alloy مركبة من الألمنيوم والمغنيسيوم والسليكون ومعالجة حرارياً ، ويمتاز هذا الموصل بخاصية توصيلية لا بأس بها (٥٢.٥% من توصيلية النحاس تقريباً) وهي أقل من توصيلية النوع الأول AAC ، بينما متانته وقوة شده جيدة مقارنة بوزنه وهي أفضل من النوع الأول ، ومقاومته للتآكل ممتازة لذا يستخدم في البيئات التي يكون معدل التآكل فيها عالي ، وهذا النوع لا يستخدم في شبكات التوزيع في العراق.

ACSR :- Aluminum Conductor Steel Reinforced

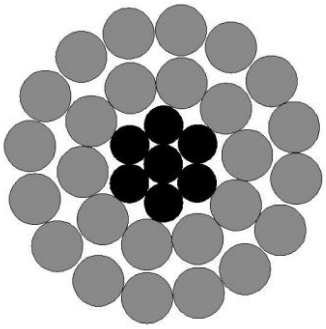


وتكون الشعيرات الخارجية المؤلفة للسلك من ألمنيوم عالي النقاوة أي سبيكة Aluminum 1350-H19 المستخدمة في النوع الأول AAC ، بينما تكون الشعيرات الداخلية والتي تؤلف اللب من حديد الصلب (Steel) لتقوية وتدعيم السلك (حيث إن أغلب التيار يمر على السطح الخارجي للسلك كما هو معروف) ونسبة عدد شعيرات الألمنيوم إلى حديد الصلب تحددها المواصفة المصنوع وفقها السلك بينما يشكل وزن حديد الصلب ١١-١٨% من الوزن الكلي ، ويمتاز بتوصيليته الجيدة المقاربة للنوع الأول AAC ، وقدرته على نقل تيار أعلى من النوع الأول بسبب خصائصه الحرارية الجيدة ، أما متانته وقوة شده فتعتبر عالية مقارنة بوزنه ، ويمتاز بخاصية تدلي (sag) قليلة ، وبسبب هذه الخصائص الجيدة فهو شائع الإستخدام في شبكات النقل والتوزيع .



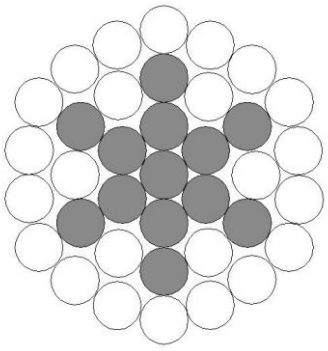
ACSR - Aluminum & Steel strands

AACSR :- Aluminum Alloy Conductor Steel Reinforced



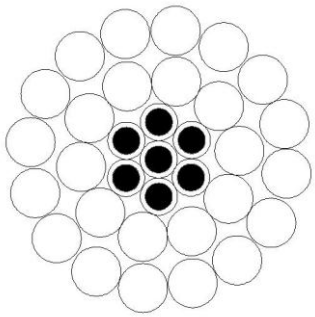
وهو مشابه للنوع السابق ACSR والفارق هو بدل إستخدام ألمنيوم عالي النقاوة في الشعيرات الخارجية تستخدم سبيكة ألمنيوم 6201-T81 Aluminum Alloy المستخدمة في النوع الثاني AAAC ، بينما تكون الشعيرات الداخلية والتي تؤلف اللب من حديد الصلب (Steel) أيضاً ، ويمتاز بخصائص مشابهة للنوع ACSR غير إن توصيليته أقل فهي تعتمد على توصيلية سبيكة الألمنيوم ، بينما مقاومته للتآكل أفضل ومتانته وقوة شده أعلى ، وهذا النوع لا يستخدم في شبكات التوزيع في العراق.

ACAR :- Aluminum Conductor Al. Alloy Reinforced

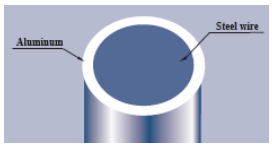


وهو مشابه للنوعين السابقين ACSR وAACSR والفارق هو إستخدام ألمنيوم عالي النقاوة في الشعيرات الخارجية أي نوع -Aluminum 1350 H19 المستخدمة في النوع الأول AAC ، بينما تكون الشعيرات الداخلية والتي تؤلف اللب من سبيكة الألمنيوم 6201-T81 Aluminum Alloy المستخدمة في النوع الثاني AAAC ، ويمتاز بخصائص مشابهة للنوعين ACSR و AACSR، وإن توصيليته وسط بين هذين النوعين ، بينما مقاومته للتآكل أفضل بسبب التوافق بين اللب والخارج ومتانته وقوة شده أقل من كلا النوعين السابقين ، لذا يعتبر متوازن في الخصائص الميكانيكية والكهربائية ، وهذا النوع لا يستخدم في شبكات التوزيع في العراق.

ACSR/AS :- Aluminum Conductor Aluminum Clad Steel Reinforced



ويختصر أيضاً ACSR/AC ACSR/AW وهو أحد الأنواع الفرعية المشتقة من النوع التقليدي ACSR بهدف تحسين بعض الخصائص حيث يشابهه بالتركيب والفارق هو إن الشعيرات الداخلية والتي تؤلف اللب هي من حديد الصلب (Steel) المطلي بمعدن الألمنيوم وهذا يزيد من مقاومته للتآكل ويحسن توصيليته الكهربائية ويقلل من وزنه ، وهذا النوع أيضاً لايستخدم في شبكات التوزيع في العراق.



وهناك أنواع فرعية أخرى مشتقة من النوع التقليدي ACSR بهدف تحسين بعض الخصائص ، وتعتبر من الأنواع الخاصة للأسلاك وهي محدودة الإستخدام عالمياً وغير مستخدمة في شبكات التوزيع في العراق مثل :-

ACSR/GA :- using Class A zinc-coated steel wire,

ACSR/GB :- using Class B zinc-coated steel wire,

ACSR/GC :- using Class C zinc-coated steel wire,

ACSR/MA :- using Class A Zn-5A1-MM coated steel wire,

ACSR/MB :- using Class B Zn-5A1-MM coated steel wire,

ACSR/MC :- using Class C Zn-5A1-MM coated steel wire,

ACSR/HS :- using Class A zinc-coated high-strength steel wire,

ACSR/MS :- using Class A Zn-5A1-MM coated high-strength steel wire,

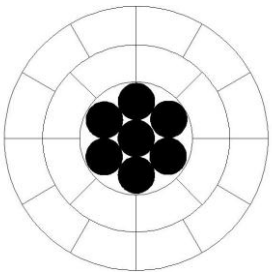
ACSR/AZ :- using Aluminum-coated (aluminized) steel wire,

ACSR/AE :- internal air spaces between the steel and the outer layers of aluminum strands to minimize corona for above 300 kV,

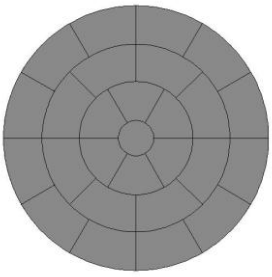
ACSR/AE

Trapezoidal Wires

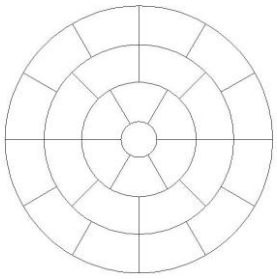
وهي تقريباً نفس أنواع Circular Wires غير إن الشعيرات المؤلفة للسلك ذات مقطع شبه منحرف ، وهذا النوع من الأسلاك يمتاز بقطر أصغر مقارنة بنفس الحجم (أي نفس مساحة المقطع العرضي) من نوع Circular Wires مع خصائص حرارية أفضل وكذلك مقاومته للتآكل أفضل وظاهرة الهالة فيه أفضل وتضرره بالإهتزاز أقل، وكما في الشكل أدناه.



ACSR/TW



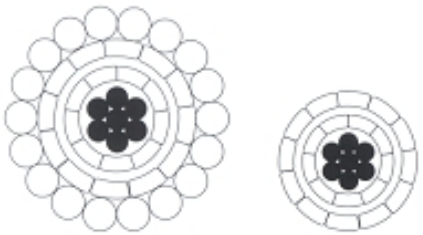
AAAC/TW



AAC/TW

ACSR/TW

ACSR/SD :- Aluminum Conductor Steel Reinforced/Self Damping



وهو نوع فرعي مشتق من النوع ACSR/TW غير أنه يحتوي على فراغات بين الطبقات الداخلية للشعيرات ذات الشكل شبه المنحرف والهدف من وجود هذه الفراغات هو إمتصاص الإهتزازات لذلك هو فعال في المناطق عالية الإهتزاز وإستخدامه مقتصر عليها وهذا النوع غير مستخدم في شبكات التوزيع في العراق.

مقارنة بين النحاس والألمنيوم وسبيكة الألمنيوم

الخصائص	الوحدة	Copper	Aluminium	Al Alloy
الكثافة	kg/dm^3	8.9	2.7	2.7
قوة الشد	N/mm^2	450...240	180...80	310
الإستطالة	%	1...35	2...35	3
معامل المرونة	kN/mm^2	120	70	70
درجة الإنصهار	^0C	1083	658	658
معامل التمدد الحراري	$10^{-6} / ^0C$	16.6	23.8	23.0
المعامل الحراري لزيادة المقاومة $+20\ ^0C$	$1/ ^0C$	0,0039	0.0040	0.0036
التوصيلية عند $20\ ^0C$ IACS	%	97...100	63...62	53
المقاومية للمقطع العرضي Ω $+20\ ^0C$	mm^2/m	0.01786	0.02857	0.03280

من خلال الجدول السابق يمكن أن نستنتج مايلي

أولاً- عند المقارنة بين سلك نحاس وآخر ألمنيوم بنفس الحجم (مساحة المقطع العرضي) وبنفس الطول يكون

الوزن $W_{Al} = 0.3\ W_{Cu}$

التوصيلية $\sigma_{Al} = 0.625\ \sigma_{Cu}$

التيار $I_{Al} = 0.8\ I_{Cu}$

ثانياً- عند المقارنة بين سلك نحاس وآخر ألمنيوم لهما نفس التوصيلية (أي خسائر وإنحدار جهد متساوي) وبنفس الطول يكون

الوزن $W_{Al} = 0.49\ W_{Cu}$

مساحة المقطع العرضي $A_{Al} = 1.61\ A_{Cu}$

قطر السلك $D_{Al} = 1.3\ D_{Cu}$

المعيار الدولي للنحاس المسحوب :- IACS - International Annealed Copper Standard

وهي قيمة قياسية للتوصيلية الكهربائية لغرض المقارنة بين مختلف المواد نسبةً إلى النحاس النقي المسحوب، فالنحاس النقي المسحوب له توصيلية كهربائية ١٠٠% (IACS)، والألمنيوم النقي ٦٢-٦٣% (IACS).

أنواع ومواصفات الأسلاك المستخدمة في شبكات التوزيع في العراق

وهذه أنواع الأسلاك المستخدمة في شبكات التوزيع في العراق وخصائصها الفنية وبعض هذه الأنواع لا يستخدم حالياً في الشبكة ولكنه كان يستخدم سابقاً ومازال موجود في شبكات التوزيع.

Hard-Drawn Copper Stranded Conductor - DIN 48201

Nominal size mm2	Number and diameter of wires /mm	Calculated area mm2	Approx. overall diameter mm	Calculated breaking strength kg	Calculated resistance at 20°C ohm/km	Standard weight kg/km	Current carrying capacity 2 A
16	7/1.7	15.9	5.1	637	1.123	143	125
25	7/2.1	24.2	6.3	973	0.738	218	160
35	7/2.5	34.4	7.5	1.372	0.525	309	200
50	7/3.0	49.5	9.0	1.981	0.264	445	250
70	19/2.1	65.8	10.5	2.641	0.271	594	310

1- Ambient Temp. : 35°C, Conductor Temp. : 70°C, Wind velocity : 0.6 m/s

ALL ALUMINIUM CONDUCTORS (AAC) STANDARD DIN 48201/5

Code Word	Section	Composition		Diameter	Rated Strength	Electrical Resistance	Unit Weight	Current Carrying Capacity
	mm^2	No	Ømm	mm	kN	Ohm/km	kg/km	1 (A)
16	15,89	7	1,70	5,1	2,840	1,8018	43	110
25	24,25	7	2,10	6,3	4,170	1,1808	66	145
35	34,46	7	2,50	7,5	5,78	0,8332	94	180
50	49,48	7	3,00	9,0	7,950	0,5786	135	225
50	48,36	19	1,80	9,0	8,440	0,5950	133	225
70	65,82	19	2,10	10,5	11,25	0,4371	181	270
95	93,27	19	2,50	12,5	15,650	0,3085	256	340

German Sizes DIN 48 204 – APR 1984

ACSR

Area					Stranding and wire diameter		Overall diameter	Weight			Breaking	DC Resistance at 20°C	Current Rating
Nominal													
Alumi-nium	Steel	Alumi-nium	Steel	Total	Alumi-nium	Steel		Alumi-nium	Steel	Total			
mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm	mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	kN	ohm/km	A
120	20	121.6	19.8	141	26/2.44	7/1.90	15.5	336	158	494	44.94	0.2374	410
210	35	209.1	34.1	243	26/3.20	7/2.49	20.3	577	273	850	74.94	0.1380	590
300	50	304.3	49.5	354	26/3.86	7/3.00	24.5	840	396	1236	105.09	0.0949	740

2-Ambient Temp. : 35°C, Conductor Temp. : 80°C, Wind velocity : 0.6 m/s

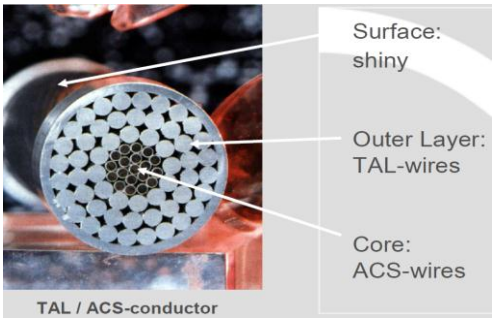
أنواع جديدة من الأسلاك

إبتكرت بعض الشركات في الآونة الأخيرة مجموعة أنواع من الأسلاك الجديدة بهدف تحسين بعض المواصفات والخصائص مقارنة بالأنواع المعروفة تمتاز بتحملها لدرجات حرارة عالية ومعامل تمدد حراري أقل من النوع (ACSR). وبالتالي زيادة القدرة على حمل التيار، بالإضافة إلى وزن أقل ومقاومة تآكل أفضل وتوصيلية كهربائية أعلى من النوع (ACSR)، وينحصر إستخدامها فقط في خطوط النقل وليس في شبكات التوزيع ومازال إستخدامها غير شائع عالمياً ولا تستخدم في العراق. وهذه الأنواع :-

ACCR :- Aluminum Conductor Composite Reinforced

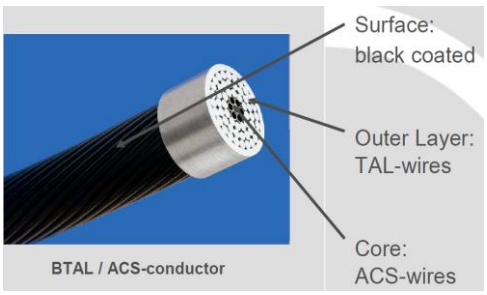
وتكون الشعيرات الخارجية المؤلفة لهذا النوع من سبيكة ألمنيوم - زركونيوم والتي تصنع من ألمنيوم نقي يضاف إليه نسبة ضئيلة من عنصر الزركونيوم (zirconium) لإعطاء خواص حرارية جيدة (لذا يعرف بـ TAL - thermal resistant aluminium) حيث لاتتغير خواصه الميكانيكية بإرتفاع درجات الحرارة وحتى (150°C) مما يمكن هذه الأسلاك من حمل تيار عالي وحتى أكثر من ١.٥ مرة (150%) مقارنةً بالحجم نفسه من النوع (ACSR). وبالنسبة للشعيرات التي تؤلف اللب الداخلي فهي من ألياف أوكسيد الألمنيوم وهي أخف من حديد الصلب وذات توصيلية ومقاومة للتآكل أفضل من حديد الصلب (Steel).

Hot conductors



الشعيرات الخارجية المؤلفة لهذا النوع هي كما في النوع السابق من سبيكة ألمنيوم – زركونيوم بينما الشعيرات التي تؤلف اللب الداخلي فهي من حديد الصلب (Steel) المطلي بمعدن الألمنيوم (Aluminum Clad Steel) لزيادة مقاومته للتآكل وتحسين توصيليته الكهربائية وتقليل وزنه.

Black conductors



وهو مشابه للنوع السابق سواءً الشعيرات الداخلية أو الخارجية غير أنه مطلي بطبقة سوداء ثابتة اللون لتحسين خصائصه الحرارية حيث تقوم هذه الطبقة بزيادة الإشعاع الحراري مما يزيد من مقدار التيار الذي يحمله السلك.

أسلاك التأريض والإسناد

هناك أنواع أخرى من الأسلاك تستخدم في الشبكة الكهربائية ليس لغرض نقل وتوزيع الطاقة بل لأغراض أخرى كالتأريض أوإسناد الأعمدة والأبراج (stay wire وتسمى أيضاً guy wire) لذا لايهم في هذه الأنواع أن تكون لها توصيلية عالية ولكن المهم ان تكون لها خاصية مقاومة التآكل ورخص الثمن وقوة الشد العالية جداً بالنسبة لأسلاك الإسناد (٣-٥ أضعاف قوة شد النحاس)، لذا فهي مصنوعة من شعيرات من الحديد الصلب (steel) والذي يتميز بقوة الشد العالية وتوصيليته الكهربائية الضعيفة ومقاومته للتآكل ضعيفة جداً، لذا يحتاج إلى طلاء لغرض زيادة مقاومته للتآكل وسنذكر هنا ثلاث أنواع هي الأشهر عالمياً لهذه الأغراض

- ✓ Galvanized steel wire

  وتكون كل الشعيرات المؤلفة للسلك من حديد الصلب المغلون (galvanized) أي المطلي بالزنك لغرض زيادة مقاومته للتآكل، وله قوة شد عالية جداً، وتوصيلية كهربائية ضعيفة جداً (١٠% IACS) ويستخدم في إسناد الأعمدة في شبكات التوزيع في العراق.

- ✓ Copperweld conductor

  وتكون الشعيرات المؤلفة للسلك من حديد الصلب المطلي بالنحاس (copper-coated steel) لغرض زيادة مقاومته للتآكل والتي تعتبر أفضل من النوع (Galvanized steel wire)، وله قوة شد عالية جداً، وتوصيلية ضعيفة ولكنها أفضل من النوع (Galvanized steel wire) حيث تساوي (٣٠-٤٠% IACS) لنفس الحجم مع إمكانية زيادتها بزيادة سمك طبقة النحاس.

- ✓ Alumoweld conductor

  وتكون الشعيرات المؤلفة للسلك من حديد الصلب المطلي بالألمنيوم (aluminum-coated steel) لغرض زيادة مقاومته للتآكل والتي تعتبر أفضل من النوع (Galvanized steel wire)، وله قوة شد عالية جداً، وتوصيلية ضعيفة ولكنها أفضل من النوع (Galvanized steel wire) وأقل من النوع (Copperweld conductor) مع إمكانية زيادتها بزيادة سمك طبقة الألمنيوم.

  النوعين الأخيرين يستخدمان في بعض البلدان إضافة إلى التأريض والإسناد – ولكن بنحو قليل - في شبكات التوزيع في المناطق الريفية ذات الأحمال القليلة جداً بسبب كونهما أفضل نسبياً من حيث التوصيلية الكهربائية (رغم كونها توصيلية ضعيفة مقارنة بأسلاك النحاس والألمنيوم) وبسبب الكلفة الواطئة الناتجة من رخص ثمن الحديد ورخص كلفة الإنشاء بسبب قوة شد الحديد حيث تكون المسافات كبيرة بين الاعمدة.

الفصل الثاني :- المقاييس والمواصفات العالمية للأسلاك

النوع	المواصفة
Copper	**DIN 48201 , BS 7884 , BS 125 , ASTM B8**
AAC	**DIN 48201 , BS 215 part 1 , ASTM B231 , UNE 21015 , JIS C3109 , UNE 21018 , CSA C49 , IEC 61089**
AAAC	**DIN 48201 , BS 3242, ASTM B399 , UNE 21043 , UNE 21018 , AS 1531 , NF 34-125 , IEC 61089**
ACAR	**ASTM B524 , CSA C49.1 , IEC 61089**
AACSR	**DIN 48206 , ASTM B711 , UNE 21018 , UNE 21061 , EN 50182 , IEC 61089**
ACSR	**DIN 48204 , BS 215 part 2 , ASTM B232 , ASTM B416 , AS 1220 Part 1 , UNE 21018 , UNE 21058 , UNE 21016 , JIS C3110 , CSA C49 , IEC 61089 , EN 50182**
ACSR\TW	**ASTM B779**
ACSR\AS	**ASTM B549**
أنواع خاصة	**ASTM B230 , ASTM B263 , ASTM B354 , ASTM B498 , ASTM B606 , ASTM B682 , ASTM B701 , ASTM B802 , ASTM B803**

IEC - International Electrotechnical Commission

DIN - German Standard - Deutsches Institut für Normung

ASTM - American Society for Testing and Materials

BS - British Standard

NF - French Standard - Française de Normalisation

UNE - Spanish Standard - Asociación Española de Normalización

JIS - Japanese Industrial Standard

AS - Australian Standard

TS - Turkish Standard - Türk Standardlari

CSA - Canadian Standard Association

ملاحظة مهمة :- المواصفة الألمانية (DIN 48204 وDIN 48201) والتي تندرج ضمن المواصفة العالمية (IEC 61089) هي المستخدمة في مواصفات أسلاك شبكات التوزيع لوزارة الكهرباء – العراق.

الفصل الثالث :- الحسابات الكهربائية والميكانيكية للأسلاك

أولاً :- الحسابات الكهربائية

حساب قيمة المقاومة

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad \Omega$$

ρ = *resistivity (or specific resistance) depends on conductor material and its temperature. (Ω. m)*
l = *length of conductor (m)*
A = *Actual conductor area (m^2)*

$\rho = 1.724 \times 10^{-8}$ *Ω. m* *for Copper*
$\rho = 2.826 \times 10^{-8}$ *Ω. m* *for Aluminum*
$\rho = 3.200 \times 10^{-8}$ *Ω. m* *for Aluminum Alloy*

هذه صيغة عامة لإيجاد المقاومة بإستخدام المقاومة النوعية للمادة الموصلة ولكن هناك حالات أخرى يكون فيها الموصل عبارة عن سلك مكون من مجموعة شعيرات مضفورة حول بعضها (strands) وهناك القابلوات التي تكون مغلفة بمواد عازلة و شبه موصلة وهي أما منفردة الطور (single core) أو متعددة الأطوار (multi core) وهذه العوامل تسبب زيادة طفيفة بالمقاومة لذا وجدت معاملات تصحيحية تضرب بالمعادلة أعلاه وكل منها يصحح عامل معين.

ولإيجاد قيمة المقاومة لكل كيلومتر من السلك نعوض الطول $l = 1\ km$

$$R = \rho \frac{1}{A} k_1 k_2 k_3 \qquad \Omega / km$$

ويمكن تعويض قانون مساحة الدائرة

$$R = \frac{4\rho}{n\pi d^2} k_1 k_2 k_3 \qquad \Omega / km$$

n = *number of strands in conductor*
d = *diameter of each strand (mm)*
k_1 = *Factor dependant on strand diameter with compaction*
k_2 = *Factor dependent on strand length per unit length of cable*
k_3 = *Factor dependent on the core arrangement*

وفيما يلي شرح أكثر عن هذه المعاملات

K1 = A factor dependent on number of wires in the conductor, kind of metal, and whether the wires are tinned.

Diameter of wires in conductor (mm)	K1			
	Solid Conductors		Stranded Conductors	
	PAC	TAC, AL	PAC	TAC, AL
<=0.10	-	-	1.07	1.12
>0.10 <=0.31	-	-	1.04	1.07
>0.31 <=0.91	1.03	1.05	1.02	1.04
>0.91 <=3.60	1.03	1.04	1.02	1.03
>3.60 <=4.50	1.03	1.04	-	-
>4.50	1.03	1.03	-	-

K2 = A factor dependent on the conductor construction.
1.00 Solid conductors
1.02 for stranded or uniaxial conductors in fixed cables, where the diameter of wires exceeds 0.6mm
1.03 for stranded or bunched conductors in all cables where the diameter of wires<= 0.6mm
1.04 for stranded or bunched conductors in all cables where the diameter of wires<= 0.6mm

K3 = A factor dependent on whether or not the conductor is, typically, used also in multicore cables.
1.00 for conductors in fixed cables of ³ 500mm² (typically single core cables)
1.02 for conductors in fixed cables of < 500mm² (typically multicore cables)
1.05 for conductors in all flexible cords and cables

ومن المعلوم عند زيادة درجة الحرارة تزداد قيمة المقاومة وبشكل طردي ووفق المعادلة أدناه حيث يمكن حساب قيمة المقاومة لأي درجة حرارة بإستخدام قيمة المقاومة في درجة ($20C^o$) كمرجع والمتوفرة في جداول الأسلاك، والمعامل الحراري للمقاومة عند نفس درجة الحرارة (α_{20}) والمذكور أدناه ولكل نوع من الموصلات.

$$R_{tc} = R_{20}[1+\alpha_{20}(t_c - 20)] \qquad \Omega$$

R_{tc} = *conductor resistance at temperature* t_c *°C (Ω)*
R_{20} = *conductor resistance at temperature 20°C (Ω)*
α_{20} = *temperature coefficient of resistance of conductor material at 20°C*
t_c = *conductor temperature (in °C)*

α_{20} = *0.00393* *for Copper*

α_{20} = *0.00404* *for Aluminum*

α_{20} = *0.00347* *for Aluminum Alloy*

حساب قيمة المحاثة (L) والرادة الحثية (X_L)

لحساب قيمة المحاثة يجب حساب قيمة (GMR) وقيمة (GMD).

وتعرف قيمة (GMR)

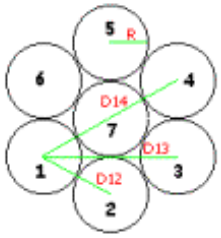
GMR (Geometric Mean Radius) :- It is defined as the N^2 root of the product of the N^2 distances between the N sub-conductors (strands) of the conductor *if the strands are identical*. (Not applicable to ACSR.)

وتحسب قيمة (GMR)

$$GMR = D_{mm} = r\, e^{-1/4} = 0.7788\ r$$ for one cylindrical strand (also solid conductor)

$$GMR = \sqrt[N^2]{\prod_{k=1}^{N}\prod_{m=1}^{N} D_{mm}}$$ for stranded conductor

ونطبق هذه المعادلة على سلك مكون من ٧ شعيرات متشابهة وكما مبين أدناه (مثل : AAC 35 Copper, AAC 50, Copper 35) :-



$D11 = 0.7788\,R = R'$ $\quad D11 = D22 = D33$, etc.

$D17 = 2R$ $\quad D17 = D27 = D37$, etc.

$D12 = D16 = 2R$

$D14 = 4R$

$D13 = \sqrt{D14^2 - D34^2} = \sqrt{(4R)^2 - (2R)^2} = 2\sqrt{3}\,R$

$D15 = D13$

$$GMR = \sqrt[49]{(R')^7\,[(D12)(D16)(D13)(D15)(D14)(D17)]^6\,(2R)^6}$$

$$= \sqrt[7]{(R')} \times \sqrt[49]{(2^8 \cdot 3 \cdot R^7)^6}$$

$$= \sqrt[7]{(0.7788\,R)} \times \sqrt[49]{R^{42}} \times \sqrt[49]{2^{49} \cdot 3^7} \,/\, \sqrt[49]{6}$$

$$= 2 \cdot R \cdot \sqrt[7]{3\,(0.7788)} \,/\, \sqrt[49]{6}$$

$$= 2.177\,R$$

ويمكن إختصار وتقريب هذه المعادلة بالنسبة للقابلوات (3-core)، ويمكن تطبيقها أيضاً على أسلاك ACSR

$$GMR = 0.5\ \sqrt[2]{A}$$ for 3 - core Cable

والجدول أدناه يمكن تطبيقه على كافة أنواع الأسلاك المكون من أي عدد من الشعيرات ولأي نوع من الأنواع

Number of Strands	GMR
7	0.726r
19	0.758r
37	0.768r
61	0.772r
91	0.774r
127	0.776r
169	0.776r
Solid	0.779r

Table 5.11: GMR for stranded copper, aluminium and aluminium alloy conductors (r – conductor radius)

Number of Layers	Number of Al Strands	GMR
1	6	0.5r*
1	12	0.75r*
2	18	0.776r
2	24	0.803r
2	26	0.812r
2	30	0.826r
2	32	0.833r
3	36	0.778r
3	45	0.794r
3	48	0.799r
3	54	0.81r
3	66	0.827r
4	72	0.789r
4	76	0.793r
4	84	0.801r

* – Indicative values only, since GMR for single layer conductors is affected by cyclic magnetic flux, which depends on various factors.

Table 5.12: GMR for aluminium conductor steel reinforced (ACSR) (r – conductor radius)

وفيما يلي جدول يبين قيم (GMR) المحسوبة بالطرق أعلاه للأسلاك المستخدمة في شبكات التوزيع في العراق

.

GMR/mm	نوع السلك
2.721	AAC 35
3.622	AAC 50
3.9795	AAC 70
4.7375	AAC 95
6.293	ACSR 120/20
8.2418	ACSR 210/35
9.947	ACSR 300/50
2.721	Copper 35
3.266	Copper 50

وتعرف قيمة (GMD)

بأنها المعدل الهندسي للمسافة (Geometric Mean Distance) بين أسلاك الأطوار والمحايد.

وتحسب قيمة (GMD)

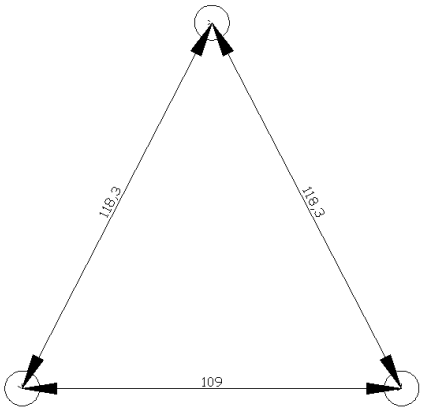
$$GMD = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} \qquad m$$

المسافات بين الأطوار -: D_1 , D_2 , D_3

وتعتمد على تشكيلة الأطوار على العمود، وفيما يلي نماذج من تشكيلات الأطوار على الأعمدة (للضغط المتوسط والواطئ) لشبكات التوزيع في العراق مع حسابات قيم (GMD).

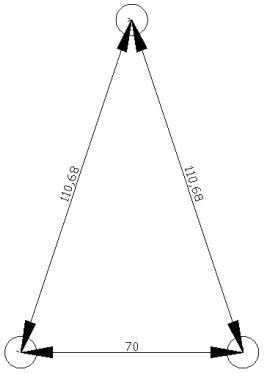
أولاً- تشكيلات الضغط المتوسط ١١ كي.في

ويكون فيها تشكيل الأطوار كما موضح في الرسوم التالية :-



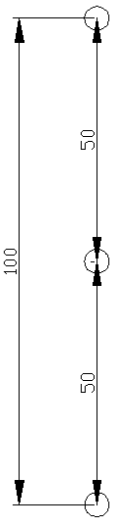
تشكيل دلتا طول براكيت جنل ١.٢٥م

GMD = 1.15 m



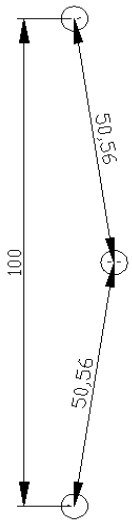
تشكيل دلتا طول براكيت جنل ٠.٨م

GMD = 0.95 m



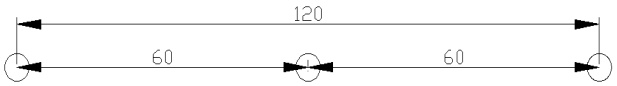
تشكيل عمودي منتظم

GMD = 0.63 m



تشكيل عمودي غير منتظم

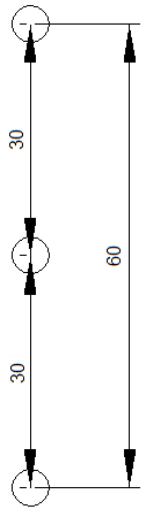
GMD = 0.635 m



تشكيل أفقي

GMD = 0.756

ثانياً- تشكيل الضغط الواطئ ٠.٤ كي.في



تشكيل الضغط الواطئ (عمودي)

GMD = 0.378 m

وبالنسبة لخطوط ٣٣ كي.في فيمكن أخذ قياسات المسافات بين الأطوار لمختلف أشكال الأعمدة والأبراج.

وبعد حساب قيمة (GMR) وقيمة (GMD) نطبق المعادلة التالية للحصول على قيمة المحاثة (L).

$$L = 2x10^{-4}\ ln\frac{GMD}{GMR} \qquad H/km$$

ويمكن كتابة المعادلة بصيغة أخرى

$$L = 0.461x10^{-3}\ log\frac{GMD}{GMR} \qquad H/km$$

ومنها يتم حساب قيمة الرادة الحثية

$$X_L = 2\pi fL \qquad \Omega/km$$

حساب قيمة السعة (C) والرادة السعوية (X_C)

$$C = \frac{0.0556}{ln\frac{GMD}{r}} \qquad \mu F/km$$

أو

$$C = \frac{0.02415}{log\frac{GMD}{r}} \qquad \mu F/km$$

ومنها يتم حساب قيمة الرادة السعوية

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \qquad \Omega/km$$

مثال :- حساب قيم المقاومة (R) بدرجة حرارة ٢٥ مئوية و٥٠ مئوية ، والرادة الحثية (X_L) والرادة السعوية (X_C) لخط هوائي ١١ كي.في، نوع السلك ACSR120/20 و تشكيل الأسلاك على العمود هو تشكيل دلتا وطول البراكيت جنل هو ١.٢٥م

من الجداول نجد $R_{20C^o} = 0.2375 \quad \Omega/km$

$$R_{tc} = R_{20}[1+\alpha_{20}(t_c-20)] \qquad \Omega$$

$\alpha_{20} = 0.00404$ *for Aluminum*

$$R_{25C^o} = 0.2375*[1+0.00404*(25-20)] \quad \Omega/km$$

$$R_{25C^o} = 0.2423 \quad \Omega/km$$

$$R_{50C^o} = 0.2375*[1+0.00404*(50-20)] \quad \Omega/km$$

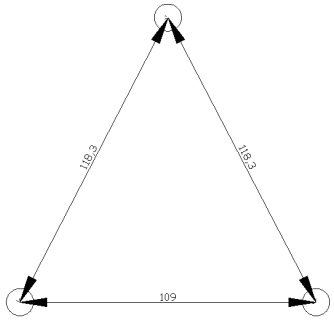
$$R_{50C^o} = 0.2662 \quad \Omega/km$$

لحساب قيم الرادة الحثية (X_L) والرادة السعوية (X_C)

من الجداول نجد إن قطر الموصل $D = 15.5\ mm$

ونصف القطر $r = 15.5 / 2 = 7.75\ mm$

$$GMR = 0.812*r = 6.293\ mm$$



$$GMD = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

$$GMD = \sqrt[3]{109 * 118.3 * 118.3}$$

$$GMD = 1.15\ m$$

$$L = 2x10^{-4}\ ln\frac{GMD}{GMR} \qquad H/km$$

$$L = 2x10^{-4}\ ln\frac{1.15}{6.293x10^{-3}}$$

$$L = 1.042 \quad mH/km$$

$$X_L = 2\pi fL \qquad \Omega/km$$

$$X_L = 2\pi * 50 * 1.042$$

$$X_L = 0.3273 \quad \Omega/km$$

$$C = \frac{0.0556}{ln\frac{GMD}{r}} \qquad \mu F/km$$

$$C = \frac{0.0556}{ln\frac{1.15}{7.75x10^{-3}}} \qquad \mu F/km$$

$$C = 11.12 \quad nF/km$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \qquad \Omega/km$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi * 50 * 11.12x10^{-9}} \qquad \Omega/km$$

$$X_c = 286250 \qquad \Omega/km$$

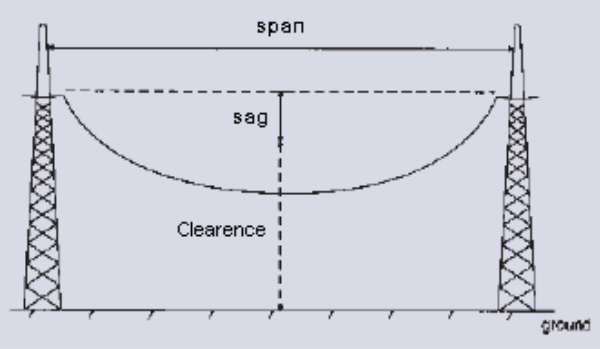
لاحظ قيمة الرادة السعوية (X_C) كبيرة جداً لذا تهمل في خطوط التوزيع وتحسب فقط في خطوط النقل وفي المسافات الكبيرة فقط يكون لها تأثير مهم.

وفيما يلي جدول يوضح القيم المحسوبة بالطرق أعلاه

Overhead Line	Configuration	R (ohms/km)	X (ohms/km)	B (uS/km)	GMD (m)	GMR (mm)
AAC35	Delta 1.25 m	0.8332	0.38	3.05	1.15	2.721
AAC50	Delta 1.25 m	0.595	0.362	3.15	1.15	3.622
AAC70	Delta 1.25 m	0.4371	0.3561	3.24	1.15	3.9795
AAC95	Delta 1.25 m	0.3085	0.3451	3.35	1.15	4.7375
ACSR120/20	Delta 1.25 m	0.2375	0.3273	3.49	1.15	6.293
CU35	Delta 1.25 m	0.525	0.38	3.05	1.15	2.721
CU50	Delta 1.25 m	0.264	0.3685	3.15	1.15	3.266
CU70	Delta 1.25 m	0.271	0.3561	3.24	1.15	3.9795
AAC35	Delta 0.8 m	0.8332	0.3679	3.15	0.95	2.721
AAC50	Delta 0.8 m	0.595	0.3499	3.26	0.95	3.622
AAC70	Delta 0.8 m	0.4371	0.344	3.36	0.95	3.9795
AAC95	Delta 0.8 m	0.3085	0.3331	3.47	0.95	4.7375
ACSR120/20	Delta 0.8 m	0.2375	0.3152	3.63	0.95	6.293
CU35	Delta 0.8 m	0.525	0.3679	3.15	0.95	2.721
CU50	Delta 0.8 m	0.264	0.3565	3.26	0.95	3.266
CU70	Delta 0.8 m	0.271	0.344	3.36	0.95	3.9795
AAC35	Horizontal	0.8332	0.3535	3.29	0.756	2.721
AAC50	Horizontal	0.595	0.3356	3.41	0.756	3.622
AAC70	Horizontal	0.4371	0.3297	3.51	0.756	3.9795
AAC95	Horizontal	0.3085	0.3187	3.64	0.756	4.7375
ACSR120/20	Horizontal	0.2375	0.3009	3.81	0.756	6.293
CU35	Horizontal	0.525	0.3535	3.29	0.756	2.721
CU50	Horizontal	0.264	0.3421	3.41	0.756	3.266
CU70	Horizontal	0.271	0.3297	3.51	0.756	3.9795
AAC35	Uniform Vertical	0.8332	0.3426	3.4	0.63	2.721
AAC50	Uniform Vertical	0.595	0.3247	3.53	0.63	3.622
AAC70	Uniform Vertical	0.4371	0.3187	3.64	0.63	3.9795
AAC95	Uniform Vertical	0.3085	0.3078	3.78	0.63	4.7375
ACSR120/20	Uniform Vertical	0.2375	0.2899	3.96	0.63	6.293
CU35	Uniform Vertical	0.525	0.3426	3.4	0.63	2.721
CU50	Uniform Vertical	0.264	0.3312	3.53	0.63	3.266
CU70	Uniform Vertical	0.271	0.3187	3.64	0.63	3.9795
AAC35	Non Uniform Vertical	0.8332	0.3426	3.4	0.635	2.721
AAC50	Non Uniform Vertical	0.595	0.3247	3.53	0.635	3.622
AAC70	Non Uniform Vertical	0.4371	0.3187	3.64	0.635	3.9795
AAC95	Non Uniform Vertical	0.3085	0.3078	3.78	0.635	4.7375
ACSR120/20	Non Uniform Vertical	0.2375	0.2899	3.96	0.635	6.293
CU35	Non Uniform Vertical	0.525	0.3426	3.4	0.635	2.721
CU50	Non Uniform Vertical	0.264	0.3312	3.53	0.635	3.266
CU70	Non Uniform Vertical	0.271	0.3187	3.64	0.635	3.9795
Line AAC70_N AAC35	L.V. Configaration	0.4371	0.2861	4.08	0.378	3.9795
Line AAC95_N AAC70	L.V. Configaration	0.3085	0.2752	4.25	0.378	4.7375

ملاحظة :- تم التأكد من هذه القيم من خلال إستخدام برنامج (CYME) لتحليل شبكات التوزيع والمستخدم لدينا في مديرية التخطيط والتطوير/قسم برامجيات تخطيط الشبكات.

ثانياً :- الحسابات الميكانيكية



المعادلة العامة لحساب قيمة الشد في الخط الهوائي (T)

$$EA\alpha\left(t_2 - t_1\right) + \left(W_1^2 \cdot g^2 \cdot L^2 \cdot \frac{EA}{24T_1^2}\right) - T_1 = \left(W_2^2 \cdot g^2 \cdot L^2 \cdot \frac{EA}{24T_2^2}\right) - T_2$$

where E = modulus of elasticity MN/m^2
A = conductor cross-sectional area mm^2
α = coefficient of linear expansion per °C
t_1 = initial temperature °C
t_2 = final temperature °C
W = weight of conductor and may include wind and/or ice loadings
W_1 = initial conductor unit effective weight kg/m
W_2 = final conductor unit effective weight kg/m
g = gravitational constant (1 kgf = 9.81 N) 9.81 m/sec^2
L = span length m
T = conductor tension N
T_1 = initial conductor tension N
T_2 = final conductor tension N
S = sag m
B = ice weight constant (refer BSEN 50341 or national standard)
x = conductor diameter mm
y = radial thickness of ice mm
p = wind pressure N/m^2

Ice weight per unit length = $By(y + x)$ kg/m

$$\text{Wind load} = \frac{p(2y + x)}{1000} \quad \text{N/m}$$

$$\text{Effective conductor weight} = \sqrt{\left[(\text{weight of conductor} + \text{ice})^2 + \frac{(\text{wind load})^2}{g^2}\right]} \quad \text{kg/m}$$

لحساب قيم المسافات بين الأعمدة (span) والتدلي (sag)

$$S = \frac{W \cdot g \cdot L^2}{8T} \quad \text{m}$$

الفصل الرابع :- حسابات مناقصات الأسلاك

نظراً للحاجة المستمرة لقطاع الكهرباء للأسلاك تقوم دوائرنا بإعلان مناقصات لتجهيزها بكميات من الأسلاك والإعتماد على معادلة سعرية لتحديد سعر الإحالة في المناقصة رغم التغير في أسعار المعادن في البورصات العالمية مع الأيام ، حيث تتم الإحالة على الشركة المجهزة وفق السعر النهائي الناتج من المعادلة وليس وفق سعر العرض المقدم من قبل الشركة ، والمعادلة كما يلي

المعادلة السعرية

السعر النهائي= سعر (١كم) في العرض+[(LME1-LME2)×وزن المعدن (ألمنيوم أو نحاس)]/كم×سعر صرف الدولار

LME2 = سعر المعدن (ألمنيوم أو نحاس) يوم الإحالة حسب بورصة لندن بالدولار/للطن المتري

LME1 = سعر المعدن (ألمنيوم أو نحاس) الأساس والمثبت في المواصفات يوم العرض بالدولار/للطن المتري

المبلغ الكلي= السعر النهائي×الكمية المطلوبة

مثال

الكمية المطلوبة في المناقصة = ١٥٠ كم طول أسلاك ٢٠/١٢٠ ACSR

وزن الألمنيوم = ٠.٣٤ طن/كم (هذا الرقم مأخوذ من الجداول الخاصة - لاحظ الجدول في الفصل الأول)

سعر صرف الدولار = ١٤٨٥ دينار

LME2 = ٣٢٥٠ دولار/للطن المتري سعر الألمنيوم يوم الإحالة ٢٠٠٦/٥/١١ حسب بورصة لندن

LME1 = ٢٤٠٠ دولار/للطن المتري سعر الألمنيوم الأساس والمثبت في المواصفات يوم العرض

السعر النهائي= ٢٥٩٥٠٠٠+(٣٢٥٠-٢٤٠٠)× ٠.٣٤×١٤٨٥= ٣٠٢٤١٦٥ دينار/كم يوم٢٠٠٦/٥/١١

المبلغ الكلي= ٣٠٢٤١٦٥ دينار/كم×١٥٠كم =٤٥٣٦٢٤٧٥٠ دينار مبلغ الإحالة

وإذا كانت الإحالة يوم ٢٠٠٦/٥/٢٨ فتكون الحسابات

LME2 = ٢٨٥٠ دولار/للطن المتري سعر الألمنيوم يوم الإحالة ٢٠٠٦/٥/٢٨ حسب بورصة لندن

السعر النهائي= ٢٥٩٥٠٠٠+(٢٨٥٠-٢٤٠٠)× ٠.٣٤×١٤٨٥ = ٢٨٢٢٢٠٥ دينار/كم يوم٢٠٠٦/٥/١١

المبلغ الكلي= ٢٨٢٢٢٠٥ دينار/كم×١٥٠كم =٤٢٣٣٣٧٥٠ دينار مبلغ الإحالة

وإذا كانت الأسلاك نوع ACSR فيؤخذ وزن الألمنيوم فقط ويهمل وزن حديد الصلب

ملحق١: فحوصات الأسلاك وفق IEC Standard

وهذه فحوصات الأسلاك وفق IEC 207 الصفحات ١١-١٣

10. Selection of test samples

10.1 Samples for the tests specified in Clauses 12 and 13 shall be taken by the manufacturer, before stranding, from not less than 10% of the individual lengths of aluminium wire which will be included in any one consignment of stranded conductor. For the tests specified in Clauses 12 and 13 one sample, sufficient to provide one test specimen for each of the appropriate tests, shall be taken from each of the selected lengths of wire.

10.2 Alternatively, when the purchaser states at the time of ordering that he desires tests to be made in the presence of his representative, samples of wire shall be taken from lengths of stranded conductor selected from approximately 10% of the lengths included in any one consignment. For the tests specified in Clauses 12 and 13, one sample, sufficient to provide one specimen for each of the appropriate tests, shall be taken from each of an agreed number of wires of the conductor in each of the selected lengths.

11. Place of testing

Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer at the time of ordering, all tests shall be made at the manufacturer's works.

12. Mechanical tests

12.1 *Tensile test*

The breaking load of one specimen cut from each of the samples taken" under Sub-clause 10.1 or 10.2 shall be determined by means of a suitable tensile testing machine.

The load shall be applied gradually and the rate of separation of the jaws of the testing machine shall be not less than 25 mm (1 in) per minute and not greater than 100 mm (4 in) per minute.

When tested before stranding, the ultimate tensile stress .of the specimen shall be not less than the appropriate value given in Column 3 or 4 of Table II.

When tested after stranding, the ultimate tensile stress of the specimen shall be not less than the appropriate value given in Column 5 or 6 of Table II.

12.2 *Wrapping test*

One specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 10.1 or 10.2 shall be wrapped round a mandrel of diameter equal to the wire diameter to form a close helix of eight turns. Six turns shall then be unwrapped and again closely wrapped. The wire shall not break or show any cracks.

13. Resistivity test

The electrical resistance of one specimen cut from each of the samples taken under Sub-clause 10.1 or 10.2 shall be measured at a temperature which shall be not less than 10 °C and not more than 30 °C. The measured resistance shall be corrected to the value at 20 °C by means of the formula:

$$R_{20} = R_T \left(\frac{1}{1 + \alpha (T - 20)} \right)$$

The resistivity at 20 °C shall then be calculated from the resistance at 20 °C. The resistivity at 20 °C shall not exceed 0.028 264 ohm.mmVm.

ملحق٢ : جداول المواصفات العالمية الأخرى

وهنا بعض جداول أسلاك (ACSR) لمختلف المواصفات العالمية لغرض المقارنة وكما يلي

المواصفة الأمريكية ASTM B232-81

ACSR code word	Conductor size CM or AWG	Stranding Nos/mm		Calculated sectional area mm2		Overall diameter mm		Weight kg/mm			Ultimate stength kg	Calculated D.C. resistance at 20°C ohm/km
		Alumi-nium	Steel	Aluminium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Alumi-nium	Steel		
Thrasher	2,312,000	76/4.430	19/2.068	1,172	1,235	45.78	10.34	3,760	3,261	499.4	25,700	0.02477
Kiwi	2,167,000	72/4.407	7/2.939	1,098	1,145	44.07	8.817	3,429	3,058	370.6	22,600	0.02642
Bluebird	2,156,000	84/4.069	19/2.441	1,092	1,181	44.76	12.21	3,737	3,041	695.9	27,300	0.02656
Chukar	1,780,000	84/3.698	19/2.220	901.9	975.8	40.68	11.10	3,088	2,512	575.5	23,200	0.03216
Falcon	1,590,000	54/4.359	19/2.616	805.7	907.8	39.23	13.08	3,043	2,244	799.3	24,700	0.03601
Lapwing	1,590,000	45/4.775	7/3.183	805.7	861.7	38.19	9.549	2,667	2,232	435.1	19,200	0.03583
Parrot	1,510,500	54/4.247	19/2.548	765.4	862.1	38.22	12.74	2,888	2,130	758.3	22,500	0.03794
Nuthatch	1,510,500	45/4.653	7/3.101	765.4	817.9	37.22	9.303	2,533	2,120	413.0	18,200	0.03774
Plover	1,431,000	54/4.135	19/2.482	725.1	817.1	37.22	12.41	2,739	2,019	719.5	22,300	0.04002
Bobolink	1,431,000	45/4.529	7/3.020	725.1	775.1	36.23	9.060	2,401	2,009	391.7	17,400	0.03984
Martin	1,351,500	54/4.018	19/2.410	684.8	771.4	36.16	12.05	2,584	1,906	678.4	21,000	0.04238
Dipper	1,351,500	45/4.402	7/2.934	684.8	732.2	35.21	8.802	2,268	1,898	369.7	16,600	0.04216
Pheasant	1,272,000	54/3.899	19/2.339	644.5	726.4	35.09	11.70	2,434	1,795	639.0	19,800	0.04501
Bittern	1,272,000	45/4.270	7/2.847	644.5	689	34.16	8.541	2,133	1,785	348.1	15,500	0.04480
Skylark	1,272,000	36/4.775	1/4.775	644.5	662.7	33.43	4.775	1,916	1,777	139.3	12,000	0.04457
Grackle	1,192,500	54/3.774	19/2.266	604.2	681.1	33.97	11.33	2,282	1,682	599.8	19,000	0.04803
Bunting	1,192,500	45/4.135	7/2.756	604.2	646.2	33.07	8.268	2,000	1,674	326.2	14,500	0.04779
Finch	1,113,000	54/3.647	19/2.189	564.0	636.9	32.83	10.95	2,131	1,571	559.7	17,800	0.05144
Bluejay	1,113,000	45/3.995	7/2.664	564.0	603.3	31.96	7.992	1,868	1,563	304.7	13,600	0.05118
Curlew	1,033,500	54/3.513	7/3.513	523.7	591.3	31.62	10.54	1,980	1,450	529.5	16,600	0.05518
Ortolan	1,033,500	45/3.848	7/2.565	523.7	559.6	30.78	7.695	1,733	1,450	282.5	12,600	0.05517
Tanager	1,033,500	36/4.303	1/4.303	523.7	537.9	30.12	4.303	1,556	1,443	113.1	9,710	0.05488
Cardinal	954,000	54/3.376	7/3.376	483.4	546.1	30.39	10.13	1,828	1,339	488.9	15,400	0.05973
Rail	954,000	45/3.698	7/2.466	483.4	516.7	29.59	7.398	1,600	1,339	261.2	11,700	0.05975
Catbird	954,000	36/4.135	1/4.135	483.4	496.9	28.95	4.135	1,438	1,333	104.5	8,980	0.05944
Canary	900,000	54/3.279	7/3.279	456.0	515.1	29.51	9.837	1,725	1,264	461.3	14,500	0.06332
Ruddy	900,000	45/3.592	7/2.395	456.0	487.4	28.74	7.185	1,509	1,263	246.3	11,100	0.06332
Mallard	795,000	30/4.135	19/2.482	402.8	494.8	28.95	12.41	1,839	1,119	719.5	17,400	0.07186
Condor	795,000	54/3.081	7/3.081	402.8	454.8	27.73	9.243	1,522	1,115	407.2	12,800	0.07173
Tern	795,000	45/3.376	7/2.250	402.8	430.6	27.01	6.750	1,333	1,116	217.4	10,000	0.07168
Coot	795,000	36/3.774	1/3.774	402.8	414	26.42	3.774	1,197	1,110	87.03	7,610	0.07134
Drake	795,000	26/4.442	7/3.454	402.8	468.6	28.13	10.36	1,628	1,116	512.3	14,300	0.07167
Cuckoo	795,000	24/4.623	7/3.081	402.8	455.2	27.73	9.243	1,524	1,116	407.6	12,700	0.07166
Redwing	715,500	30/3.922	19/2.352	362.5	445	27.45	11.76	1,653	1,007	646.1	15,700	0.07987
Starling	715,500	26/4.214	7/3.277	362.5	421.7	26.69	9.831	1,466	1,005	461.2	12,900	0.07963
Stilt	715,500	24/4.387	7/2.924	362.5	409.9	26.32	8.772	1,372	1,005	367.1	11,600	0.07961
Gannet	666,600	26/4.067	7/3.162	337.8	392.7	25.75	9.486	1,365	935.7	429.3	12,000	0.08551
Flamingo	666,600	24/4.234	7/2.822	337.8	381.7	25.40	8.466	1,278	936.3	342	10,800	0.08546
Swift	636,000	36/3.376	1/3.376	322.3	331.2	23.63	3.376	958.2	888.6	69.64	6,240	0.08916
Egret	636,000	30/3.698	19/2.220	322.3	395.8	25.89	11.10	1,470	894.8	575.5	14,300	0.08984
Scoter	636,000	30/3.698	7/3.698	322.3	397.4	25.89	11.09	1,483	894.8	587.8	13,800	0.08984
Grosbeak	636,000	26/3.973	7/3.089	322.3	374.9	25.15	9.267	1,303	893	409.8	11,500	0.08957
Rook	636,000	24/4.135	7/2.756	322.3	364.1	24.80	8.268	1,219	893	326.2	10,300	0.08960
Kingbird	636,000	18/4.775	1/4.775	322.3	340.3	23.88	4.775	1,028	888.6	139.3	7,120	0.08914
Teal	605,000	30/3.607	19/2.164	306.6	376.5	25.25	10.82	1,398	851.4	546.9	13,600	0.09443
Wood Duck	605,000	30/3.607	7/3.607	306.6	378.1	25.25	10.82	1,411	851.4	559.3	13,200	0.09443
Squab	605,000	26/3.874	7/3.012	306.6	356.4	24.53	9.036	1,239	849.1	389.6	11,000	0.09422
Peacock	605,000	24/4.034	7/2.690	306.6	346.5	24.21	8.070	1,161	849.9	310.8	9,790	0.09413
Eagle	566,500	30/3.459	7/3.459	282.0	347.7	24.21	10.38	1,297	783	514.3	12,600	0.1027
Dove	556,500	26/3.716	7/2.891	282.0	328.1	23.53	8.673	1,140	781.1	358.9	103,000	0.1024
Parakeet	556,500	24/3.868	7/2.578	282.0	318.5	23.20	7.734	1,067	781.3	285.4	8,980	0.1024
Osprey	556,500	18/4.465	1/4.465	282.0	297.6	22.33	4.465	898.8	777.0	121.8	6,220	0.1019
Hen	477,000	30/3.203	7/3.203	241.7	298.1	22.42	9.609	1,112	671.4	441.0	10,800	0.1197
Hawk	477,000	26/3.439	7/2.675	241.7	280.8	21.78	8.025	976.5	669.2	307.3	8,850	0.1196

ACSR code word	Conductor size CM or AWG	Stranding Nos./mm		Calculated sectional area mm²		Overall diameter mm		Weight kg/mm			Ultimate strength kg	Calculated D.C. resistance at 20°C ohm/km
		Alumi-nium	Steel	Aluminium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Alumi-nium	Steel		
Flicker	477,000	24/3.581	7/2.388	241.7	273.1	21.48	7.164	914.5	669.6	244.9	7,770	0.1195
Pelican	477,000	18/4.135	1/4.135	241.7	255.1	20.68	4.135	771.0	666.5	104.5	5,350	0.1189
Lark	397,500	30/2.924	7/2.924	201.4	248.5	20.47	8.772	927.0	559.5	367.5	9,220	0.1437
Ibis	397,500	26/3.139	7/2.441	201.4	234.0	19.88	7.323	813.4	557.5	255.9	7,370	0.1435
Brant	397,500	24/3.269	7/2.179	201.4	227.5	19.61	6.537	762.1	558.2	203.9	6,660	0.1434
Chickadee	397,500	18/3.774	1/3.774	201.4	212.6	18.87	3.774	642.2	555.2	87.03	4,520	0.1427
Oriole	336,400	30/2.690	7/2.690	170.5	210.3	18.83	8.070	784.6	473.5	311.1	7,870	0.1698
Linnet	336,400	26/2.888	7/2.245	170.5	198.0	18.28	6.735	688.5	472	216.5	6,390	0.1696
Merlin	336,400	18/3.472	1/3.472	170.5	179.9	17.36	3.472	543.5	469.8	73.66	3,930	0.1686
Ostrich	300,000	26/2.728	7/2.121	152.0	176.7	17.27	6.363	614.3	421.1	193.2	5,770	0.1900
Partridge	266,800	26/2.573	7/2.002	135.2	157.2	16.29	6.006	546.5	374.4	172.1	5,130	0.2136
Waxwing	266,800	18/3.091	1/3.091	135.2	142.6	15.46	3.091	430.7	372.3	58.38	3,120	0.2127
Penguin	(4/0)	6/4.770	1/4.770	107.2	125.1	14.31	4.770	433.1	294.1	139.0	3,790	0.2666
Pigeon	(3/0)	6/4.247	1/4.247	85.03	99.19	12.74	4.247	343.4	233.2	110.2	3,010	0.3365
Quail	(2/0)	6/3.782	1/3.782	67.44	78.61	11.35	3.782	272.4	185.0	87.40	2,410	0.4243
Raven	(1/0)	6/3.371	1/3.371	53.51	62.48	10.11	3.371	216.3	146.9	69.44	1,990	0.5341
Robin	(1)	6/3.000	1/3.000	42.41	49.48	9.000	3.000	171.4	116.4	54.99	1,610	0.6743
Sparate	(2)	7/2.474	1/3.299	33.63	42.20	8.247	3.299	158.8	92.29	66.50	1,660	0.8497
Sparrow	(2)	6/2.672	1/2.672	33.63	39.25	8.016	2.672	136.0	92.32	43.63	1,290	0.8499
Swanate	(4)	7/1.961	1/2.614	21.15	26.51	6.536	2.614	99.76	58.01	41.75	1,070	1.353
Swan	(4)	6/2.118	1/2.118	21.15	24.67	6.354	2.118	85.41	58.00	27.41	845	1.353
Turkey	(6)	6/1.679	1/1.679	13.28	15.50	5.037	1.679	53.67	36.44	17.23	541	2.152
Cochin	211,300	12/3.371	7/3.371	107.1	169.6	16.86	10.11	785.2	296.7	488.5	9,410	0.2697
Brahma	203,200	16/2.863	19/2.482	103.0	194.9	18.14	12.41	1,008	285.4	722.3	12,900	0.2803
Dorking	190,800	12/3.203	7/3.203	96.68	153.1	16.02	9.609	708.9	267.9	441.0	8,490	0.2986
Dotterel	176,900	12/3.084	7/3.084	89.64	141.9	15.42	9.252	657.2	248.3	408.9	7,890	0.3221
Guinea	159,000	12/2.924	7/2.924	80.57	127.6	14.62	8.772	590.7	223.2	367.5	7,250	0.3583
Leghorn	134,600	12/2.690	7/2.690	68.20	108.0	13.45	8.070	500.0	188.9	311.1	6,160	0.4234
Minorca	110,800	12/2.441	7/2.441	56.14	88.92	12.21	7.323	411.7	155.6	256.1	5,110	0.5142
Petrel	101,800	12/2.339	7/2.339	51.58	81.64	11.70	7.017	378.0	142.8	235.2	4,700	0.5600
Grouse	80,000	8/2.540	1/4.242	40.54	54.67	9.322	4.242	221.6	111.8	110.0	2,370	0.7089

المواصفة البريطانية BS 215-Part 2-1970

ACSR code word	Conductor size mm2	Stranding Nos./mm		Calculated sectional area mm²		Overall diameter mm		Weight kg/km			Ultimate strength		Calculated electrical resistance at 20°C ohm/km
		Alumi-nium	Steel	Alumi-nium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Alumi-nium	Steel	kN	kg	
Gopher	25	6/2.36	1/2.36	26.24	30.62	7.08	2.36	106	72.0	34.1	9.61	980	1.093
Weasel	30	6/2.59	1/2.59	31.61	36.88	7.77	2.59	128	86.7	41.1	11.45	1,170	0.9077
Ferret	40	6/3.00	1/3.00	42.41	49.48	9.00	3.00	172	116.4	55.1	15.20	1,550	0.6766
Rabbit	50	6/3.35	1/3.35	52.88	61.70	10.05	3.35	214	145.1	68.8	18.35	1,870	0.5426
Horse	70	12/2.79	7/2.79	73.37	116.2	13.95	8.37	538	202.7	335.4	61.20	6,240	0.3936
Dog	100	6/4.72	7/1.57	105.0	118.5	14.15	4.71	394	288.1	106.2	32.70	3,330	0.2733
Wolf	150	30/2.59	7/2.59	158.1	194.9	18.13	7.77	726	436.7	288.9	69.2	7,060	0.1828
Dingo	150	18/3.35	1/3.35	158.7	167.5	16.75	3.35	506	436.7	68.75	35.7	3,640	0.1815
Lynx	175	30/2.79	7/2.79	183.4	226.2	19.53	8.37	842	507.0	335.4	79.8	8,140	0.1576
Caracal	175	18/3.61	1/3.61	184.3	194.5	18.05	3.61	587	507.5	79.84	41.10	4,190	0.1563
Panthar	200	30/3.00	7/3.00	212.1	261.5	21.00	9.00	974	586.1	387.7	92.25	9,410	0.1363
Jaguar	200	18/3.86	1/3.86	210.6	222.3	19.30	3.86	671	580.1	91.28	46.55	4.750	0.1367
Zebra	400	54/3.18	7/3.18	428.9	484.5	28.62	9.54	1,621	1,185.8	435.6	131.9	13,450	0.0674

المواصفة الكندية CSA C49-1965

ACSR code word	Conductor size CM or AWG	Stranding Nos./mm		Calculated sectional area mm2		Overall diameter mm		Weight kg/km			Ultimate strength	Calculated DC resistance at 20°C ohm/km
		Alumi-nium	Steel	Alumi-nium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Alumi-nium	Steel	kg	
Bantam	13,100	3/1.68	4/1.68	6.651	15.52	5.04	-	88.01	18.25	69.76	1,190	4.314
Magpie	20,870	3/2.12	4/2.12	10.59	24.71	6.36	-	140.1	29.06	110.0	1,890	2.709
Shrike	33,200	3/2.67	4/2.67	16.80	39.20	8.01	-	222.3	46.07	176.2	2,900	1.708
Snipe	52,825	3/3.37	4/3.37	26.76	62.44	10.11	-	354.1	73.41	280.7	4,470	1.072
Loon	66,500	3/3.78	4/3.78	33.66	78.54	11.34	-	445.4	92.35	353.0	5,320	0.8523
Petrel	101,800	12/2.34	7/2.34	51.61	81.72	11.70	7.02	377.5	'142.5	235.0	4,470	0.5597
Minorca	110,800	12/2.44	7/2.44	56.11	88.84	12.20	7.32	410.6	155.0	255.6	4,860	0.5148
Leghorn	134,600	12/2.69	7/2.69	68.20	108.0	13.45	8.07	499.0	188.4	310.6	5,860	0.4236
Guinea	159,000	12/2.92	7/2.92	80.36	127.2	14.60	8.76	568.0	222.0	366.0	6,880	0.3595
Dotterel	176,600	12/3.08	7/3.08	89.41	141.6	15.40	9.24	654.2	247.0	407.2	7,440	0.3230
Dorking	190,800	12/3.20	7/3.20	96.50	152.8	16.00	9.60	706.1	266.6	439.5	8,030	0.2994
Brahma	203,200	16/2.86	19/2.48	102.8	194.6	18.12	12.40	100.3	284.4	718.0	12,480	0.2816
Cochin	211,300	12/3.37	7/3.37	107.0	169.4	16.85	10.11	783.2	295.7	487.5	8,880	0.2699
Wren	(8)	6/1.33	1/1.33	8.334	9.723	3.99	1.33	33.67	22.86	10.81	336	3.443
Warbler	(7)	6/1.50	1/1.50	10.60	12.37	4.50	1.50	42.84	29.09	13.75	427	2.707
Turkey	(6)	6/1.68	1/1.68	13.30	15.52	5.04	1.68	53.75	36.50	17.25	531	2.157
Thrush	(5)	6/1.89	1/1.89	16.84	19.65	5.67	1.89	68.02	46.19	21.83	667	1.704
Swan	(4)	6/2.12	1/2.12	21.18	24.71	6.36	2.12	85.57	58.11	27.46	831	1.355
Swallow	(3)	6/2.38	1/2.38	26.69	31.14	7.14	2.38	107.9	73.26	34.61	1,020	1.075
Sparrow	(2)	6/2.67	1/2.67	33.59	39.19	8.01	2.67	135.7	92.14	43.56	1,260	0.8540
Robin	(1)	6/3.00	1/3.00	42.41	49.48	9.00	3.00	171.4	116.4	55.00	1,580	0.6763
Raven	(1/0)	6/3.37	1/3.37	53.52	60.44	10.11	3.37	216.2	146.8	69.40	1,940	0.5361
Quail	(2/0)	6/3.78	1/3.78	67.32	78.54	11.34	3.78	273.0	184.7	87.29	2,420	0.4261
Pigeon	(3/0)	6/4.25	1/4.25	85.14	99.33	12.75	4.25	344.0	233.6	110.4	3,030	0.3370
Penguin	(4/0)	6/4.77	1/4.77	107.2	125.1	14.31	4.77	433.1	294.1	139.0	3,820	0.2676
Owl	266,800	6/5.36	7/1.79	135.4	153.0	16.09	5.37	508.9	371.4	137.5	4,345	0.2120
Waxwing	266,800	18/3.09	1/3.09	135.0	142.5	15.45	3.09	430.1	371.8	58.84	3,220	0.2134
Patridge	266,800	26/2.57	7/2.00	134.9	156.9	16.28	6.00	543.9	372.2	171.7	5,090	0.2140
Phoebe	300,000	18/3.28	1/3.28	152.1	160.6	16.40	3.28	484.6	418.9	65.74	3,630	0.1894
Ostrich	300,000	26/2.73	7/2.12	152.2	177.0	17.28	6.36	612.9	420.0	192.9	5,740	0.1896
Piper	300,000	30/2.54	7/2.54	152.0	187.5	17.78	7.62	696.9	420.0	276.9	7,000	0.1900
Merilin	336,400	18/3.47	1/3.47	170.2	179.7	17.35	3.47	542.4	468.8	73.58	4,050	0.1692
Linnet	336,400	26/2.89	7/2.25	170.6	198.4	18.31	6.75	688.0	470.7	217.3	6,390	0.1692
Oriole	336,400	30/2.69	7/2.69	170.5	210.3	18.83	8.07	781.5	470.9	310.6	7,730	0.1694
Chickadee	397,500	18/3.77	1/3.77	200.9	212.1	18.85	3.77	640.2	553.4	86.82	4,720	0.1434
Ibis	397,500	26/3.14	7/2.44	201.3	234	19.88	7.32	811.2	555.6	255.6	7,330	0.1433
Lark	397,500	30/2.92	7/2.92	200.9	247.8	20.44	8.76	920.9	554.9	366.0	9,040	0.1438
Pelican	477,000	18/4.14	1/4.14	242.3	255.8	20.70	4.14	772.0	667.3	104.7	5,600	0.1189
–	477,000	22/3.74	7/2.08	241.8	265.6	21.20	6.24	852.4	666.7	185.7	7,000	0.1192
Hawk	477,000	26/3.44	7/2.67	241.6	280.8	21.77	8.01	972.8	666.8	306.0	8,780	0.1194
Hen	477,000	30/3.20	7/3.20	241.3	297.6	22.40	9.60	1,106	666.5	439.5	10,570	0.1197
Heron	500,000	30/3.28	7/3.28	253.5	312.7	22.96	9.84	1,162	700.3	461.8	11,130	0.1140

المواصفة الأسترالية AS 1220 Part 1-1973

code word	Conductor size mm2	Stranding Nos./mm		Calculated sectional area mm2		Overall diameter mm		Weight kg/km			Ultimate strength kN	Calculated D.C resistance at 20°C ohm/km
		Aluminium	Steel	Aluminium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Aluminium	Steel		
Quince	7	3/1.75	4/1.75	7.215	16.84	5.25	–	95.9	19.60	76.30	12.7	3.24
Raisin	15	3/2.50	4/2.50	14.73	34.36	7.50	–	193	40.11	152.6	24.4	1.58
Sultana	28	4/3.00	3/3.00	28.28	49.48	9.00	–	242	76.80	165.6	28.3	0.893
Walnut	44	4/3.75	3/3.75	44.16	77.31	11.25	–	379	120.2	258.9	43.9	0.570
Almond	29	6/2.50	1/2.50	29.45	34.36	7.50	2.50	119	81.0	38	10.5	0.975
Apple	42	6/3.00	1/3.00	42.41	49.48	9.00	3.00	171	116.3	55	14.9	0.677
Banana	66	6/3.75	1/3.75	66.24	77.31	11.25	3.75	268	182.1	86	22.8	0.433
Cherry	106	6/4.75	7/1.60	106.32	120.40	14.3	4.80	404	291.8	112.5	33	0.271
Grape	147	30/2.50	7/2.50	147.27	181.60	17.5	7.5	675	407.9	267.2	63.7	0.196
Lemon	212	30/3.00	7/3.00	212.07	261.50	21.0	9	973	585.8	386.8	90.1	0.136
Lime	289	30/3.50	7/3.50	288.63	356.0	24.5	10.5	1,325	797.4	527.4	121	0.100
Mango	382	54/3.00	7/3.00	381.73	431.2	27.0	9.0	1,442	1,055	386.8	118	0.0758
Orange	448	54/3.25	7/3.25	447.98	506.0	29.3	9.75	1,694	1,237	457.1	137	0.0646
Olive	520	54/3.50	7/3.50	519.53	586.9	31.5	10.5	1,963	1,436	527.4	159	0.0557
Pawpaw	596	54/3.75	19/2.25	596.16	671.7	33.8	11.25	2,245	1,651	593.7	179	0.0485
Peach	957	54/4.75	19/2.85	956.88	1,085	42.8	14.25	3,661	2,646	1,015	292	0.0303

المواصفة اليابانية JIS C 3110 - 1978

Conductor size mm^2	Stranding Nos./mm		Calculated Sectional area mm^2		Overall diameter mm		Weight kg/mm			Ultimate strength kg	Calculated D.C. resistance at 20°C ohm/km
	Alumi-nium	Steel	Alumi-nium	ACSR	ACSR	Steel	ACSR	Alumi-nium	Steel		
25	6/2.3	1/2.3	24.93	29.09	6.9	2.3	100.7	68.29	32.41	907	1.15
32	6/2.6	1/2.6	31.85	37.16	7.8	2.6	128.6	87.18	41.41	1,140	0.899
58	6/3.5	1/3.5	57.73	67.35	10.5	3.5	233.1	158.1	75.04	1,980	0.497
80	6/4.2	1/4.2	83.10	96.95	12.6	4.2	335.5	227.5	108.0	2,770	0.345
95	6/4.5	1/4.5	95.40	111.3	13.5	4.5	385.2	261.2	124	3,180	0.301
120	30/2.3	7/2.3	124.7	153.8	16.1	6.9	573.7	345.7	228	5,540	0.233
160	30/2.6	7/2.6	159.3	196.5	18.2	7.8	732.8	441.5	291.3	6,980	0.182
*200	30/2.9	7/2.9	198.2	244.4	20.3	8.7	911.7	549.3	362.4	8,640	0.147
240	30/3.2	7/3.2	241.3	297.6	22.4	9.6	1,110	668.9	441.3	10,210	0.120
330	26/4.0	7/3.1	326.8	379.6	25.3	9.3	1,320	905.4	414.2	10,950	0.0888
410	26/4.5	7/3.5	413.4	480.8	28.5	10.5	1,673	1,145	527.9	13,910	0.0702
520	54/3.5	7/3.5	519.5	586.9	31.5	10.5	1,969	1,441	527.9	15,600	0.0559
610	54/3.8	7/3.8	612.4	691.8	34.2	11.4	2,320	1,698	627.3	18,350	0.0474
* 810	45/4.8	7/3.2	814.5	870.8	38.4	9.6	2,700	2,259	441.3	18,480	0.0356
* 950	84/3.8	7/3.8	952.6	1,032	41.8	11.4	3,271	2,649	622.2	23,100	0.0305
*1,160	84/4.2	7/4.2	1,163	1,260	46.2	12.6	3,996	3,236	759.8	27,830	0.025
*1,520	84/4.8	7/4.8	1,520	1,647	52.8	14.4	5,222	4,228	993.3	36,390	0.019

لاحظ المواصفات الأمريكية والكندية تسمي أسلاك (ACSR) بأسماء الطيور كأسماء رمزية، والمواصفات البريطانية تسمي الأسلاك بأسماء الحيوانات البرية، والمواصفات الأسترالية تسمي الأسلاك بأسماء الفواكه، أما المواصفات الألمانية واليابانية والفرنسية فتسمي الأسلاك بمساحة المقطع العرضي للسلك.

وبالنسبة لأسلاك (AAC) فالمواصفات الأمريكية والكندية تسميها بأسماء الأزهار كأسماء رمزية، والمواصفات البريطانية تسمي الأسلاك بأسماء الحشرات، أما المواصفات الألمانية واليابانية والفرنسية فتسمي الأسلاك بمساحة المقطع العرضي للسلك.

المصادر

الكتب العلمية

1. Electrical Transmission and Distribution Reference Book, 6th edition, Westinghouse Electric Corporation, 1964, East Pittsburgh, Pennsylvania, USA

2. Nagrath & Kothari, Modern Power system Analysis, TATA McGraw Hill Publishing company, 1984, India.

3. Grigsby, Ed. L.L., The Electric Power Engineering Handbook, CRC Handbook Published in Cooperation with IEEE Press LLC, 2001, USA.

4. Fink, Donald G., and H. Wayne Beaty, Standard Handbook for Electrical Engineers, 15th edition, McGraw-Hill Professional, 2006, New York, USA

5. Network protection & Automation guide, 1st edition, AREVA group, 2002, Spain

6. Pabla, A.S., Electric Power Distribution, Publisher, McGraw-Hill, 2005, USA

7. Pansini, Anthony J., Guide to Electrical Power Distribution Systems, 6th edition, The Fairmont Press, Inc., 2005, USA

8. Short, T.A, Electric power distribution equipment and systems, Taylor & Francis Group, 2006, USA

9. Electrical Power Systems, Chapter 3, Transmission Line Parameters, Rahmatul Hidayah Salimin

المقالات

1. EEPS 05 Power Systems Plant - Dr. Jeff Robertson, The University of Manchester 2006, Cable Technology, Ammendments and Comments from Tutorial

2. Southwire corporation, Bare Overhead Transmission Conductors, Selection and Application, 2006

3. Aluminum vs. Copper: Conductors in Low Voltage Dry Type Transformers, Square D Company, 1996

4. WHY ALUMINIUM?, TURK KABLO A.O. Company

5. SURAL Company, Aluminum Conductor Steel Reinforced /Air Expanded, Aluminum Conductor Steel Reinforced/Self Damping

6. Standard, ASTM B232 - B232M -01e1 Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum Conductors

7. Worldwide Standard, ISO/Worldwide Standards, EN/European Standards

8. General Cable,Conductor Maximum DC Resistance

الكاتالوگات

1. Oman Cables Industry (SAOG), Aluminuim overhead line conductors, 2003

2. ERI-TECH Company, conductorcatalog.

3. Sahra kablo, Aluminium Conductors, catalog

4. TELE FONIKA Kable S.A. Company, BARE AND INSULATED OVERHEAD ONDUCTORS

5. TRANS TECH HANDELS-GMBH, Aluminium Conductors

6. Conductors, Standard Conductors, Wiretec, handels- und beratungsgesellschaft mbh, GmbH, 2004

7. Alcan Company, Aluminum Conductor Steel Reinforced Trapezoidal Wire, catalog

8. 3M Aluminum Conductor Composite ReinfUSA.ed (ACCR),Technical Summary, Proven Solutions to Increase Capacity, USA., 2008

9. Hot Conductors and Black Conductors, Wiretec, handels- und beratungsgesellschaft mbh, GmbH 2004.

10. High Temperature Conductors, Wiretec, handels- und beratungsgesellschaft mbh, GmbH 2004.