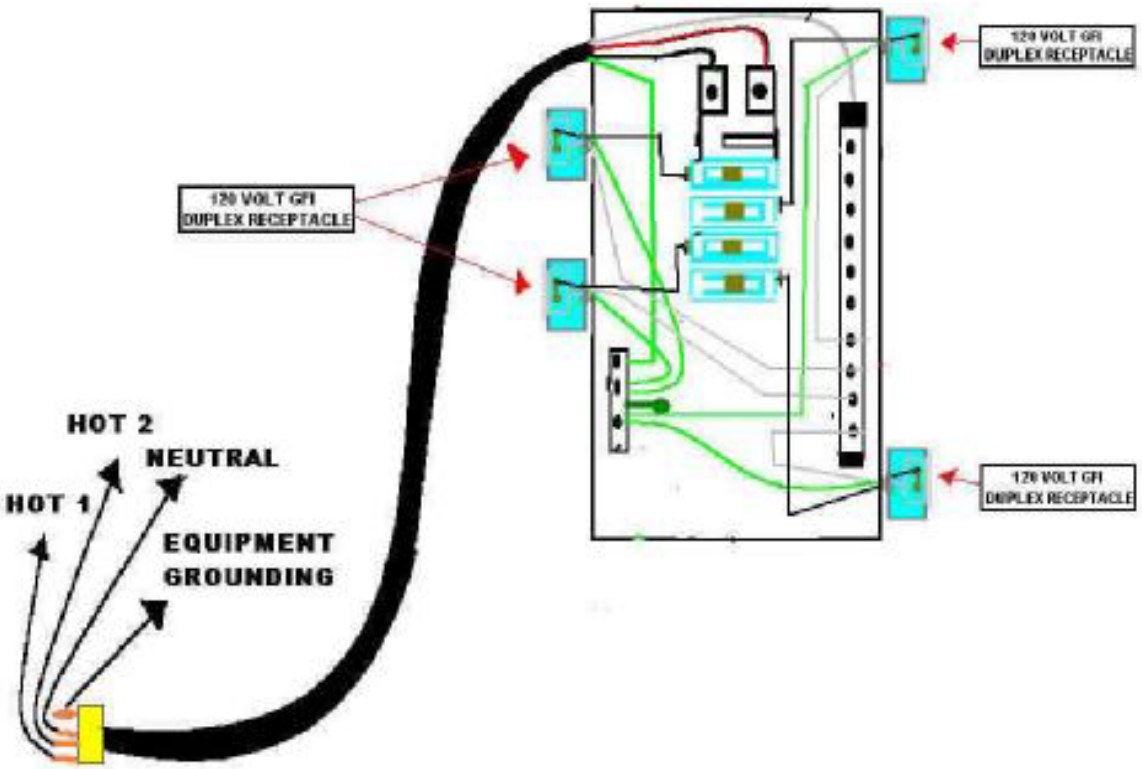

حسابات الأحمال الكهربائية
في الوحدات السكنية

[illegible] / [illegible]

كلثوم عبدالقادر جميل

حسابات الأحمال الكهربائية في الوحدات السكنية

مقدمة .

تعتبر الأحمال الكهربائية المنزلية أو الموجودة في الوحدات السكنية (Dwelling Units) من التطبيقات الكهربائية اليومية اللتي يتعامل معها الإنسان ، وهذه الأحمال المستخدمة لايتم إستخدامها في المنزل إلا بعد حسابات هندسية لتقييم كمية الحمل الكهربائي المتوقع إستخدامه ، وتقوم الشركة المزودة للكهرباء في الغالب على عمل هذا التقييم بناء على الرسم الهندسي للمنزل أو الوحدة السكنية ، وبتحديد كمية الحمل يتم على أساسها تحديد حجم الكابل الموصل للخدمة الذي يجب إستخدامه وأجهزة الحماية الخاصة به .

سنتناول هنا الحسابات الهندسية المتعلقة بتحديد حجم كابل الخدمة الذي يكون موصل من المحول الكهربائي الخارجي إلى لوحة توزيع الكهرباء الرئيسية ، وسنستند على نظام كود الكهرباء العالمي في حساباتنا فأي إشارة لرقم مقالة أو جدول يجب الرجوع إليها في كود الكهرباء العالمي .

كيف تختار حجم الكابل الرئيسي المغذي للوحدة السكنية ؟

الطريقة الهندسية المتبعة عالميا لتحديد حجم الكابل الرئيسي للوحدة السكنية تتطلب 6 خطوات حسابية كالتالي : -

أولا : حساب الحمل الكهربائي العام والذي يتكون من : -

- الإنارة العامة والمخارج الكهربائية: 3 فولت أمبير لكل قدم مربع أو لكل 0.093 متر مربع.. (جدول 3A -220)

- إعتبار لوجود جهازين عاديين على الأقل لكل منهما 1500 فولت أمبير .. ((NEC 220.16(A) – 210.11(C))

- الحمل الخاص بغسالة الملابس 1500 فولت أمبير (جدول 220.11) ، وفي حالة كون المبنى مجمع سكني به مغسلة رئيسية واحدة بدون وجود مغاسل في كل شقة فإننا في هذه الحالة بإمكاننا حذف حسابات المغسلة (NEC 210.52 (F))

بما أن هذه الأحمال لاتتزامن في وقت واحد ، نطبق قيمة معامل الطلب (معامل الإستهلاك) كما هو موضح في جدول 220.11 على مجموع الأحمال المذكورة أعلاه كالتالي : -

في حالة كون المبنى مجمع سكني يتكون من عدة وحدات سكنية

100 % من أول 3000 فولت أمبير من الحمل .

35 % من الـ 117000 فولت أمبير التالية للـ 3000 فولت أمبير

25 % من الحمل المتبقي .

ثم نوجد مجموع النسب المستهلكة (مجموع 1)

في حالة كون المبنى عبارة عن وحدة سكنية واحدة

100 % من أول 3000 فولت أمبير من الحمل .

35 % من الحمل المتبقي .

ثم نوجد مجموع النسب المستهلكة (مجموع 1)

ثانيا : حساب أحمال أجهزة التكييف و التدفئة (220.21- NEC220.15) كالتالي : -

أعتبر أن حمل أجهزة التكييف تستهلك بنسبة 100 %

أعتبر أن حمل أجهزة التسخين تستهلك بنسبة 100 %

بما أن هذه الأجهزة لاتستخدم متزامنة في وقت واحد بإمكانك حذف الحمل ذو القيمة الأقل

أحذف الحمل الذي قيمته أقل وسجل الذي قيمته الأكبر (مجموع 2) .

ثالثا : حساب أحمال الأجهزة المتنوعة : أستخدم معامل إستهلاك بنسبة 75% إذا كان لديك 4 أجهزة أو أكثر متواجدة في مكان واحد مثل غسالة الأواني أو السخان الكهربائي أو جهاز Disposal . (NEC 220.17) . لكن استثني المدفئة الكهربائية . (NEC 220.15) ومنشفة الملابس . (NEC 220.18) ومعدات الطبخ الكهربائية . (NEC 220.19) وأجهزة التكييف (مجموع 3) .

رابعا : حساب حمل منشفة الملابس : حدد 5000 وات لكل منشفة ملابس أو خذ القيمة المزودة من المصنع إذا كانت أكثر من 5000 وات وبعد ذلك أختر معامل الإستهلاك المناسب حسب عدد المناشف المستخدمة من الجدول 222.18 ، والحد الأدنى من الفولت أمبير هنا 5000 فولت أمبير. (مجموع 4)

خامسا : حسابات حمل الفرن الكهربائي (معدات الطبخ الكهربائية) : أتبع الجدول 220.19 والذي يوضح معامل الإستهلاك الذي يجب إستخدامه حسب الكيلو وات وأتبع أيضا الملاحظات المدونة أسفل الجدول .

سادسا : قم بجمع الفولت أمبير الذي حصلت عليه في الخطوات من 1 إلى 5

ثم قم بإيجاد التيار الكهربائي وبالتالي قم بإختيار الكابل الرئيسي المناسب من الجدول 310.16 .

ملاحظة : الـ VA لكل جهاز كهربائي نوجده بمعلومية التيار والجهد الكهربائي أو بمعلومية الـ KW والجهد الكهربائي ، فإذا كان الجهاز مكتوب على صفيحة الإسم الخاص به (Name Plate) قيمة التيار فإننا نستخدمها بغض النظر عن القيمة المكتوبة في الجداول ، وفي حال عدم وجوده مكتوب نأخذ القيمة من الجدول .

مثال مفصل :1 .

أفترض أن لديك وحدة سكنية مساحتها 1500 قدم مربع وتحتوي على الأجهزة الكهربائية التالية:-

جهاز تكييف بمحرك أحادي الطور و يتغذى من مصدر جهد كهربائي 240 فولت.

مدفئة كهربائية بقوة 10 كيلو وات وتتغذى من من مصدر جهد كهربائي 240 فولت.

معدات طبخ كهربائية مدى قوتها 14 كيلو وات ثنائي الجهد 120 / 240 فولت .

سخان كهربائي بقوة 4 كيلو وات

منشفة ملابس بقوة 4 كيلو وات

جهاز غسيل صحون بقوة 2 كيلو وات وتتغذى من من مصدر جهد كهربائي 120 فولت.

جهاز ضاغط كهربائي للفضلات المنزلية (Compactor) بقوة 1/2 حصان عند 120 فولت.

جهاز Disposal للمسالك المائية في المنزل بقوة 1/3 حصان عند 120 فولت

مضخة مياه بقوة حصان واحد عند 240 فولت .

أوجد الكابل الرئيسي المناسب الذي يجب إستخدامه ليزود هذه الوحدة السكنية بالطاقة اللازمة .

الحل :-

أولا: حساب الحمل الكهربائي العام .

- الإنارة العامة والمخارج الكهربائية : 3 فولت أمبير لكل قدم مربع ==> 1500 X 3 = 4500 VA .

- جهازين عاديين على الأقل لكل منهما 1500 فولت أمبير ==> 2 X 1500 = 3000 VA

- الحمل الخاص بغسالة الملابس 1500 فولت أمبير ==> 1500 VA

<==== 4500 + 3000 + 1500 = 9000

100 % من أول 3000 ==> 1 X 3000 = 3000 VA

35 % من الحمل المتبقي 6000 ==> 0.35 X 6000 = 2100 VA

<== **مجموع 1 = 3000 + 2100 = 5100 VA**

ثانيا : حساب أحمال أجهزة التكييف و التدفئة

جهاز التكييف : محرك كهربائي قوته 5 حصان 240 فولت

==> جدول 430.147

==> قيمة تيار المحرك عند أعلى حمل (Full Load Current) = 28 A

<== VA = 240 X 28 = 6270 VA

جهاز التسخين (المدفئة) : 10 كيلو وات عند 240 فولت

<== VA = 10000 VA

بما أن هذه الأجهزة لاتستخدم متزامنة في وقت واحد بإمكانك حذف الحمل ذو القيمة الأقل

==> أحذف حمل جهاز التكييف

<== **مجموع 2 = 10000 VA**

ثالثا : حساب أحمال الأجهزة المتنوعة

سخان كهربائي بقوة 4 كيلو وات ==> 4000 VA

جهاز غسيل صحون بقوة 2 كيلو وات ==> 2000 VA

جهاز ضاغط كهربائي بقوة 1/2 حصان وعند 120 فولت

==> جدول 430.147

<== قيمة التيار عند أعلى حمل = 9.8 A

<== VA = 9.8 X 120 = 1176 VA

جهاز Disposal بقوة 1/3 حصان عند 120 فولت

==> جدول 430.147

==> قيمة التيار عند أعلى حمل = 7.2 A

<== VA = 9.8 X 120 = 864 VA

مضخة مياه بقوة حصان واحد عند 240 فولت

==> جدول 430.147

==> قيمة التيار عند أعلى حمل =8 A

==> VA = 120 X 8 = 960 VA

أستخدم معامل إستهلاك بنسبة 75% إذا كان لديك 4 أجهزة أو أكثر متواجدة في مكان واحد

==> VA 6750 = 0.75 X (960 + 864 + 1176 + 2000 + 4000)

==> **مجموع 3 = VA6750**

رابعا : حساب حمل منشفة الملابس : والحد الأدنى من الفولت أمبير هنا 5000 فولت أمبير

وكما نجد في الجدول 220.18 أن معامل الإستهلاك هو 100 % في حالة عدد منشفة كهربائية واحدة .

==> **مجموع 4 = VA 5000 .**

خامسا : حسابات حمل الفرن الكهربائي (معدات الطبخ الكهربائية) .

لدينا في هذا المثال معدات طبخ تصل قوتها إلى 14 KW .

بالرجوع إلى الجدول 220.19 نجد أسفله ملاحظات ، وملاحظة رقم 1 تقول بأنه يجب علينا رفع الـ KW الموجود في العمود C بنسبة 5 % لكل KW في معدات الطبخ اللتي تزيد قوتها عن 12 KW ولاتتجاوز 27KW .

لدينا 14 KW ==> زيادة 2 KW

2 X 5% = 0.05 X 2 = 0.1

من الجدول نجد أن للوحدة السكنية الواحدة يتطلب 8000 VA لمعدات الطبخ الكهربائية اللتي تصل إلى 12 KW

==> لمعدات الطبخ اللتي تصل قوتها لـ 14 KW يتطلب : 8000 X 1.1 = 8800 VA .

==> مجموع 5 = 8800 VA

سادسا : المجموع الكلي = 5100 + 10000 + 6750 + 5000 + 8800 = 35650 VA

==> I = P/V = 35650/ 240 = **148.542 A**

==> جدول 310.16

==> **الكابل النحاسي المناسب للإستخدام عند درجة حرارة 75 درجة مئوية هو 1/0 AWG والذي يتيح لك حمل تيار كهربائي يصل حتى 150** A .

مثال مفصل :2.

أفترض أن لديك مجمع سكني يتكون من 25 وحدة سكنية ، كل وحدة سكنية مساحتها 1000 قدم مربع وتحتوي على الأجهزة الكهربائية التالية : -

جهاز تكييف (V208 ، A 30.8) - مدفئة(W 0005) – غسالة صحون (VA 12000)

جهاز Disposal (VA 1500) – سخان كهربائي (W 4500) – منشفة ملابس (W 4500)

معدات طبخ كهربائية يصل مداها إلى W 15500 .

نظام الفولتية في المجمع ثلاثي الأطوار 120 / 208 V .

أوجد الحمل المستهلك و الكابل المناسب لهذا الحمل

الحل :-

أولا :حساب الحمل الكهربائي العام لكل وحدة سكنية

- الإنارة العامة والمخارج الكهربائية : 1000 X 3 VA = 3000 VA

- جهازين عاديين على الأقل لكل منهما 1500 فولت أمبير ==> 2 X 1500 = 3000 VA

- الحمل الخاص بغسالة الملابس 1500 فولت أمبير ==> 1500 VA

مجموع الحمل العام لكل وحدة سكنية = 7500 VA

==> الحمل العام للمجمع السكني = 25 X 7500 = 187500 VA

100 % من أول 3000 VA ==> 3000 X 1 = 3000 VA

35 % من الـ 117000 فولت أمبير التالية ==> 0.35 X 117000 = 40950 VA

25 % من الحمل المتبقي 67500 VA ==> 0.25 X 67500 = 16875 VA

==> **مجموع الحمل الكهربائي العام للمجمع = 60825 VA = مجموع 1**

ثانيا : حساب أحمال أجهزة التكييف و التدفئة.

جهاز تكييف (208V ، 30.8 A) ==> 208 X 30.8 = 6406 VA

المدفئة 7500 KW ==> 7500 VA

بما أن هذه الأجهزة لاتستخدم متزامنة في وقت واحد بإمكانك حذف الحمل ذو القيمة الأقل

==> أحذف حمل جهاز التكييف

==> 7500 X 25 = 187500 VA = مجموع 2

ثالثا : حساب أحمال الأجهزة المتنوعة

غسالة الصحون ==> 1200 VA جهاز Disposal ==> 1500 VA

سخان كهربائي (4500 W) ==> 4500 VA

==> 1200 + 1500 +4500 = 7200

==> 7200 X 25 = 180000 VA = مجموع 3

رابعا : حساب حمل منشفة الملابس.

منشفة ملابس (4500 W) ==> بالرغم من أن كل وحدة سكنية تستخدم 4500 W ، يجب أن تستخدم في الحسابات 5000 W كما هو مشار إليه في المادة 220.18 في كود الكهرباء العالمي .

==> 5000 VA X 25 = 125000 VA

كذلك نجد في الجدول 220.18 أن لحساب معامل الإستهلاك لعدد من الناشف كهربائية يزيد عن 23 ويقل عن 43 نطبق المعادلة التالية :معامل الإستهلاك % = 35 – (0.5 X (عدد المناشف – 23))

==> معامل الإستهلاك لـ 25 منشفة % = 35 –(0.5X (25 – 23)) = 34 %

==> مجموع 4 = VA 42500 = 0.34 X 125000

خامسا : حسابات حمل الفرن الكهربائي (معدات الطبخ الكهربائية) .

معدات طبخ كهربائية يصل مداها إلى W 15500

لدينا في هذا المثال معدات طبخ تصل قوتها إلى KW 15.5 .

بالرجوع إلى الجدول 220.19 نجد أسفله ملاحظات ، وملاحظة رقم 1 تقول بأنه يجب علينا رفع الـ KW الموجود في العمود C بنسبة 5 % لكل KW في معدات الطبخ اللتي تزيد قوتها عن KW 12 ولاتتجاوز KW27 .

لدينا KW15.5 ==> زيادة KW 3.5 ==> قرب الكسر إلى 4KW

==> 4 X 5% = 20 % زيادة

من الجدول 220.19 نجد أن لعدد 25 وحدة سكنية يتطلب VA 40000 لمعدات الطبخ الكهربائية اللتي تصل إلى KW 12

==> لمعدات الطبخ اللتي تصل قوتها لـ KW 15.5 يتطلب : 40000 X 1.2= VA 48000 .

==> مجموع 5 = VA 48000

سادسا : المجموع الكلي للحمل الكهربائي للمجمع

= 48000 + 42500 + 180000 + 187500 + 60825 = **VA 518825**

لحساب قيمة التيار ==> I = VA ÷ (208 X 1.732) = 518825 ÷ (208 X 1.732) = **A 1440**

==> بالرجوع إلى جدول 310.16 لانجد هناك كابل مناسب لحمل هذ التيار

لذلك نستخدم كابلات متوازية لتوزيع التيار عليها

==> لو أستخدمنا **3 كابلات متوازية** من حجم **AWG 800** كل كابل سيحمل A 490

==> 3 كابلات متوازية ستحمل 490 X 3 = **A 1470**

قيمة الحمل للمجمع السكني بالأمبير A 1440

وبإمكاننا إستخدام 3 كابلات نحاسية متوازية من حجم AWG 800

ملحق ببعض جداول كود الكهرباء العالمي المستخدمة في الحسابات

جدول 310.16 الخاص بتحديد حجم الكابل

Size AWG or kcmil	60°C (140°F) Types TW, UF	75°C (167°F) Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	90°C (194°F) Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	60°C (140°F) Types TW, UF	75°C (167°F) Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	90°C (194°F) Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Size AWG or kcmil
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
18	–	–	14	–	–	–	–
16	–	–	18	–	–	–	–
14*	20	20	25	–	–	–	–
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	5	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

جدول 220.18 الخاص بتحديد معامل الأستهلاك للمنشفة الكهربائية حسب العدد

Table 220.18 Demand Factors for Household Electric Clothes Dryers

Number of Dryers	Demand Factor (Percent)
1–4	100%
5	85%
6	75%
7	65%
8	60%
9	55%
10	50%
11	47%
12–22	% = 47 – (number of dryers – 11)
23	35%
24–42	% = 35 – [0.5 × (number of dryers – 23)]
43 and over	25%

جدول 431.147 المستخدم لإيجاد فيمة التيار عند أعلى حمل للمحرك (ماطور)

Horsepower	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8.0
1 1/2	20	11.5	11.0	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
7 1/2	80	46.0	44.0	40
10	100	57.5	55.0	50

جدول 220.19 الخاص بتحديد معامل الإستهلاك للمعدات الطبخ الكهربائية

Number of Appliances	Demand Factor (Percent) (See Notes)		Column C Maximum Demand (kW) (See Notes) (Not over 12 kW Rating)
	Column A (Less than 3½ kW Rating)	Column B (3½ kW to 8¾ kW Rating)	
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20
6	59	43	21
7	56	40	23
8	53	36	23
9	51	35	24
10	49	34	25
11	47	32	26
12	45	32	27
13	43	32	28
14	41	32	29
15	40	32	30
16	39	28	31
17	38	28	32
18	37	28	33
19	36	28	34

جدول 220.19 (تتمة)

Number of Appliances	Demand Factor (Percent) (See Notes)		Column C Maximum Demand (kW) (See Notes) (Not over 12 kW Rating)
	Column A (Less than 3½ kW Rating)	Column B (3½ kW to 8¾ kW Rating)	
20	25	28	35
21	34	26	36
22	33	26	37
23	32	26	38
24	31	26	39
25	30	26	40
26–30	30	24	15 kW + 1 kW
31–40	30	22	for each range
41–50	30	20	25 kW + ¾ kW
51–60	30	18	for each range
61 and over	30	16	

1. Over 12 kW through 27 kW ranges all of same rating. For ranges individually rated more than 12 kW but not more than 27 kW, the maximum demand in Column C shall be increased 5 percent for each additional kilowatt of rating or major fraction thereof by which the rating of individual ranges exceeds 12 kW.
2. Over 8¾ kW through 27 kW ranges of unequal ratings. For ranges individually rated more than 8¾ kW and of different ratings, but none exceeding 27 kW, an average value of rating shall be computed by adding together the ratings of all ranges to obtain the total connected load (using 12 kW for any range rated less than 12 kW) and dividing by the total number of ranges. Then the maximum demand in Column C shall be increased 5 percent for each kilowatt or major fraction thereof by which this average value exceeds 12 kW.
3. Over 1¾ kW through 8¾ kW. In lieu of the method provided in Column C, it shall be permissible to add the nameplate ratings of all household cooking appliances rated more than 1¾ kW but not more than 8¾ kW and multiply the sum by the demand factors specified in Column A or B for the given number of appliances. Where the rating of cooking appliances falls under both Column A and Column B, the demand factors for each column shall be applied to the appliances for that column, and the results added together.
4. Branch-Circuit Load. It shall be permissible to compute the branch circuit load for one range in accordance with Table 220.19. The branch-circuit load for one wall-mounted oven or one counter mounted cooking unit shall be the nameplate rating of the appliance. The branch-circuit load for a counter-mounted cooking unit and not more than two wall-mounted ovens, all supplied from a single branch circuit and located in the same room, shall be computed by adding the nameplate rating of the individual appliances and treating this total as equivalent to one range.
5. This table also applies to household cooking appliances rated over 13.4 kW and used in instructional programs.