V1.0

دفتر الشروط الفنية للوحات الكهربائية ذات التوتر المنخفض حسب المواصفة IEC-61439

1. المحتوى

- إن دفتر الشروط الفنية التالي الخاص باللوحات الكهربائية ذات التوتر المنخفض هي شروط ومواصفات تحدد الحد الأدنى من المعايير اللازمة التي يجب العمل بها عند تنفيذ اللوحات الكهربائية ذات التوتر المنخفض، وهو مأخوذ من المواصفة الكهربائية العالمية IEC 61439 بأحدث إصداراتها.
- ويتكلم دفتر الشروط الفنية هذا عن البنود التالية:
  1- اللوحات الرئيسية.
  2- اللوحات الفرعية.
  3- لوحات التحكم.
  4- العناصر الكهربائية المستخدمة في لوحات التوتر المنخفض.
  5- لوحات تحسين عامل الاستطاعة وعناصرها.
- في حال عدم وجود أحد البنود السابقة ضمن المشروع يتم تجاوزه تلقائياً ويعتبر لاغياً من دفتر الشروط هذا.

2. وصف عام

- لوحات التوتر المنخفض Low Voltage Switchgear هي عبارة عن لوحات كهربائية لتوزيع القدرة الكهربائية والتحكم بها والحماية من مخاطرها.
- وتتكون من مجموعة من أجهزة الفصل والوصل، التحكم، القياس، الإشارة، وكل ما يلزم لإتمام عمل المهمة المطلوبة من اللوحة الكهربائية، مع الأخذ بعين الاعتبار الترابط الميكانيكي والكهربائي اللازم بين كافة مكونات اللوحة بحالة التشغيل والإيقاف.
- تعتبر اللوحة ذات جهد منخفض في حال كان توتر عملها ما دون 1000 VAC أو ما دون 1500 VDC.
- يعتبر العمل وفق المواصفة 61439 من الكود العالمي IEC ضرورة إلزامية لما تؤمنه من:

1- ضمان وثوقية واستمرارية عمل النظام الكهربائي المرتبط بنظام اللوحات الكهربائية المُصمَّم.
2- تحقيق الانسجام بين عمل عناصر اللوحة الكهربائية والميكانيكية المختلفة.
3- حماية الأشخاص والممتلكات من المخاطر الكهربائية، الميكانيكية، والإنشائية الناتجة خلال تنفيذ وتشغيل اللوحات الكهربائية.
4- سهولة القيام بأعمال الصيانة والتوسعات المستقبلية.

3. الوثائق المطلوب تقديمها من قبل المتعهد

- المواصفات الفنية لكل مكون في اللوحة، وتشمل مواصفاتها الكهربائية والميكانيكية، النظم العالمية المتبعة من قبل المُصنِّع، والمتطلبات المناخية للتشغيل والاستثمار.
- عند التنفيذ يجب تقديم مخططات كهربائية تفصيلية (As-Built Drawings) وفق النظم العالمية IEC لكل لوحة من اللوحات الكهربائية وتشمل التصميم الميكانيكي للوحة وشكلها الخارجي، بالإضافة لدارات القدرة والتحكم، ويقدم المخطط كنسخة ورقية توضع ضمن حافظة بلاستيكية مُثبَّتة داخل اللوحة، ويجب أن يتم أخذ موافقة الإشراف على هذه المخططات قبل التصنيع.

- جدول بمكونات كل لوحة يتضمن وصف مُختصر لهذه المكونات واسم الشركة المصنعة وبلد المنشأ إضافةً لأبعاد كل لوحة.
- يجب تقديم مُذكرة حسابية -لمجموعة من اللوحات يتم تحديدها من قبل المهندس المشرف- تُبين درجة الحرارة المتوقعة داخل اللوحة وذلك استناداً إلى النظام العالمي IEC 60890 ويجب توضيح الأثر الحراري على كل مكون من مكونات اللوحة بحسب بيانات واختبارات الشركات المصنعة لها، ويُعتبر بند النشر الحراري وتبعاته من الشروط اللازمة لقبول اللوحات.
- يجب أن تُزوَّد كل لوحة عند الاستلام بتقرير الاختبارات الروتينية Routine Test Report (Routine Verification) بحسب النظام العالمي IEC 61439 حيث أن الغاية من هذه الاختبارات هو الكشف عن أي عيوب محتملة في مكونات اللوحة والـتأكد من فعالية عملها بشكل كامل وتحقيقها لكافة متطلبات السلامة والأمان.

- وتتضمن هذه الاختبارات مايلي:

1- فحص الهيكل الخارجي للوحة والتأكد من مطابقته للمواصفات المطلوبة، وتحقيقه لمتطلبات الحماية وعزل العناصر الكهربائية داخل اللوحة.

2- فحص وقياس المسارات الزاحفة (Creepage Distances) بين أقطاب البارات النحاسية للتأكد من مطابقتها لمتطلبات النظم العالمية تبعاً لنوع اللوحة وتوتر العزل الاسمي ودرجة التلوث.

3- فحص تركيب العناصر الكهربائية ضمن اللوحات، للتأكد من تركيبها بطريقة فنية صحيحة وبحسب توصيات الشركة المصنِّعة.

4- فحص وقياس المسافات الفاصلة (Clearances) بين أقطاب البارات النحاسية و المسافات بين البارات النحاسية والهيكل المعدني للوحة للتأكد من مطابقتها لمتطلبات النظم العالمية تبعاً لنوع اللوحة والتوتر النبضي الاسمي.

5- التأكد من تأريض جميع الأجسام المعدنية بشكل جيد وموثوق حيث يتم التأكد من العزوم المطبقة على براغي توصيل نواقل التأريض ضمن اللوحة.

6- فحص استمرارية بار التأريض.

7- فحص نقاط الوصل الكهربائية داخل اللوحة حيث يتم التأكد من العزوم المطبقة على براغي التوصيل، والتأكد من أن عملية الربط مع البارات النحاسية قد تمت بطريقة فنية صحيحة وبحسب توصيات النظم العالمية والشركات المصنعة للقواطع الكهربائية.

8- فحص آلية عمل العناصر الكهربائية (قواطع وكونتاكتورات) من خلال إجراء 5 عمليات فصل ووصل بشكل متتالي.

9- المطابقة مع المخططات التنفيذية والتي تم الموافقة عليها من قبل المهندس المشرف قبل مباشرة التصنيع.

10- فحص نوعية وجودة ومطابقة بطاقات التسمية المستخدمة في اللوحة لترميز العناصر الكهربائية ولتحديد أسماء الأحمال.

11- فحص توضع الأسلاك الكهربائية ضمن اللوحة حيث يجب أن تمدد بطريقة فنية صحيحة ضمن مجاري بلاستيكية من النوع الجيد الذاتي الإخماد للحريق وذلك لزيادة عازلية هذه الأسلاك.

12- اختبارات العازلية الكهربائية (Dielectric Tests) وذلك من خلال التحقق من مقاومة العازلية بين جميع أقطاب البارات النحاسية.

4. النظم القياسية المعتمدة

IEC 61439-1:	Low voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules.
IEC 61439-2:	Low voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies.
IEC 61439-3:	Low voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 3: Distribution boards intended to be operated by ordinary persons (DBO).
IEC 62208:	Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies - General requirements.
IEC 60529:	Degree of protection provided by enclosures (IP-code).
IEC 60890:	A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear.
IEC 60947-1:	Low-voltage switchgear and controlgear - Part 1: General rules.
IEC 60947-2:	Low-voltage switchgear and controlgear - Part 2: Circuit breakers.
IEC 60947-3:	Low-voltage switchgear and controlgear - Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units.
IEC 60898-1:	Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations.
IEC 61009-1:	Residual current operated circuit-breakers for over current protection for household and similar installations.
IEC 60831-1:	Shunt power capacitors of the self-healing type for A.C. systems having a rated voltage up to and including 1000 V - Part 1: General.

5. شروط عامة

- المطلوب من المتعهد تقديم وتركيب وتشغيل اللوحات الكهربائية الرئيسية واللوحات الفرعية وفقاً للمخططات الكهربائية لهذه اللوحات وبحيث تكون متوافقة مع المواصفات الفنية.
- تكون هذه اللوحات من الصناعة المحلية بحيث تكون مُطابقة لنماذج اللوحات المُصنَّعة من قبل شركات عالمية مُختصة، لتكون هذه اللوحات مُحقِّقة لمتطلبات النظام الكهربائي IEC 61439، ويجب أن تكون من تصنيع وتجميع شركة مختصة ولديها خبرة لاتقل عن 15 عاماً في هذا المجال، ويُفضَّل أن تكون اللوحات من تصنيع وتجميع الوكيل الرسمي للمكونات الكهربائية الأساسية للوحات وذلك لقدرته على تركيب هذه المواد ضمن اللوحات بطريقة فنية صحيحة ومثالية وبحسب توصيات الشركة المصنعة، بالإضافة لقدرته على تقديم الدعم الفني وخدمات الصيانة بعد تركيب هذه اللوحات واستثمارها.
- جميع العناصر الكهربائية والإكسسوارات المستخدمة في اللوحات يجب أن تكون من صناعة شركات أوروبية ومن مصادر معروفة.
- خدمة مابعد البيع: يجب أن يمتلك مُصنِّع اللوحات القدرة على تقديم خدمات مابعد البيع وأن يمتلك الكوادر الفنية المؤهلة لإجراء عمليات الصيانة وكافة الخدمات المتعلقة بهذه اللوحات مُستقبلاً، ويتم تقييم الشركات من قبل المهندس المشرف بناءً على سمعتها والمشاريع المنفذة من قبلها سابقاً.

6. اللوحات الرئيسية

تُستخدم هذه اللوحات لتوزيع الطاقة الكهربائية للوحات التوزيع الفرعية و للأحمال الرئيسية، لذلك فإنها تُعتبر من أهم عناصر المنظومة الكهربائية وبالتالي يجب أن تكون من النوع ذو الجودة العالية والدرجة الأولى فنياً والعمر الفني الأطول وذلك للمحافظة على استمرارية التغذية الكهربائية للمنشأة. ويجب أن تكون هذه اللوحات مجهزة بجميع العناصر الكهربائية المطلوبة في المخططات إضافةً للبارات النحاسية وجميع الإكسسورات اللازمة بحيث تكون اللوحة جاهزة للتركيب والتشغيل.

1.6. المواصفات التصميمية للهيكل المعدني

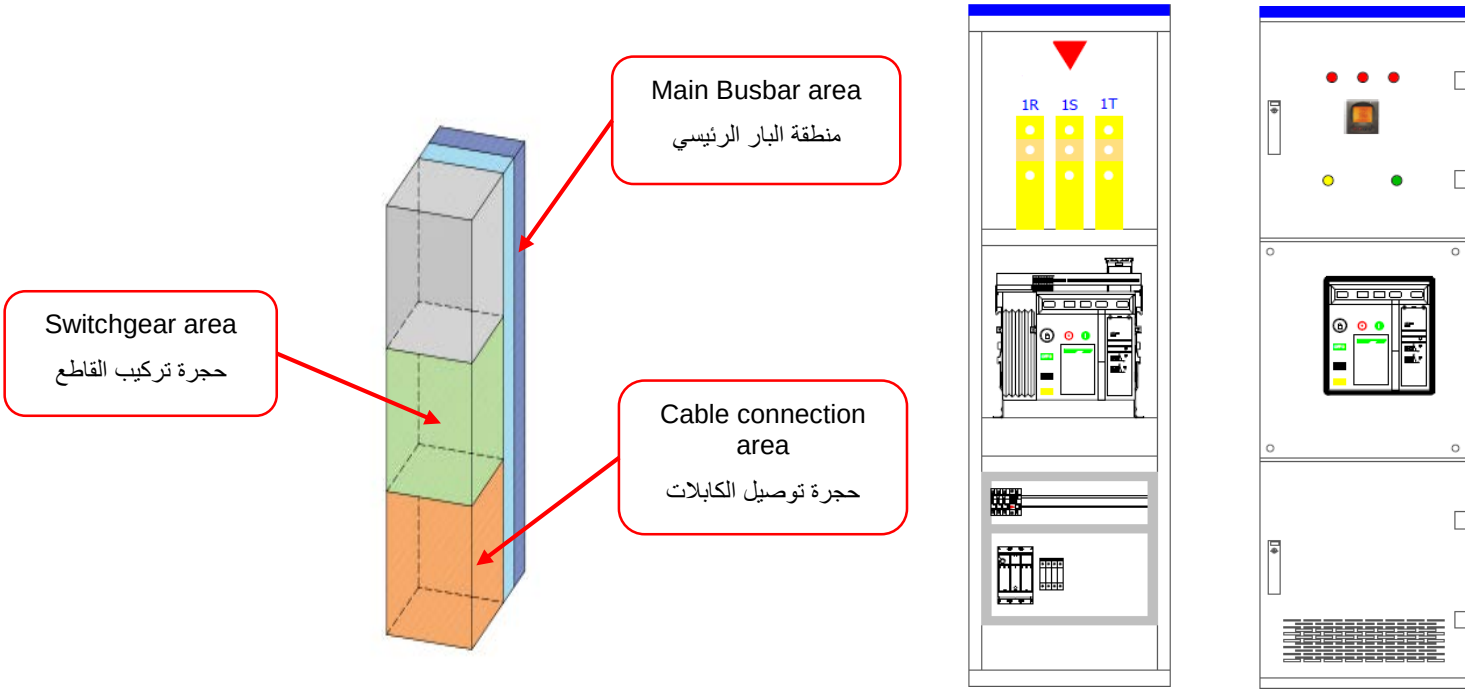
- يجب أن تكون اللوحة المعدنية من الصناعة المحلية المتميزة وذات الجودة العالية، ومن النوع المستخدم لتوزيع الطاقة الكهربائية Power Distribution Board أي مُصنَّعة وفقاً للنظم العالمية IEC439-1.
- يجب أن تكون هذه اللوحات من الأنواع الموديولية على شكل خلية مستقلة أو عدة خلايا كهربائية قابلة للتجميع مع بعضها البعض ويكون عدد الخلايا حسب القواطع التي ستركب ضمنها مع مراعاة عملية التوسيع وإضافة خلايا جديدة مستقبلاً.
- يجب أن تُركَّب القواطع باستطاعة 800 أمبير وما فوق ضمن خلية مستقلة. أما إذا كان القاطع الرئيسي للوحة 630 أمبير وما دون يمكن أن يُركَّب مع القواطع الفرعية ضمن خلية واحدة.
- يجب أن تُصنع الخلايا من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 2 ملم وهي عبارة عن هيكل من الصاج بسماكة 2 ملم وملحومة مع بعضها بشكل متين بحيث تشكل هيكل اللوحة، ويكون الغطاء الخلفي قطعة واحدة قابل للفك وذلك لتسهيل عمليات الصيانة مستقبلاً، وتزود اللوحة بأغطية جانبية على طرفي نهاية اللوحة بحيث يمكن فكها حسب الحاجة.
- تُركب الأبواب الأمامية على الهيكل بمفصّلات خاصة وتفتح الأبواب بزاوية 120 درجة لسهولة العمل ضمنها. وتكون هذه الأبواب مزودة بجوانات مطاطية على إطارات الأبواب من أجل تحقيق كتامة عالية.
- يجب أن يكون ارتفاع كل خلية من الخلايا (ستاندر) 2 متر ولا يقل عمقها عن 60 سم. أما العرض فيكون حسب القواطع التي ستركب ضمنها بحيث لا يقل عن 50 سم (2000×500×600 ملم).
- يجب أن تُزوَّد كافة اللوحات بقفل أجنبي موحد.
- لون اللوحة رمادي وتكون مدهونة بالدهان الإلكتروستاتيكي بطريقة البخ والشوي والمعالج حرارياً بفرن خاص، حيث يصبح الدهان متماسكاً مع معدن اللوحة وغير قابل للتقشير فتكون اللوحة مقاومة للعوامل الجوية.
- تكون اللوحة مغلقة وكتيمة من جميع الجهات ما عدا الأسفل حيث تكون مفتوحة لدخول وخروج الكابلات وبحيث تحقق اللوحة درجة حماية IP40. كما تزود اللوحة بقاعدة معدنية على طولها بسماكة 2 ملم وبارتفاع 10 سم من أجل تثبيتها على القاعدة الاسمنتية ثم توضع وتثبت اللوحة على هذه القاعدة المعدنية.
- جميع القطع المعدنية داخل اللوحة يجب أن تعالج بطريقة مناسبة لمنع التآكل.

2.6. التقسيم الداخلي في اللوحات

- يجب أن يكون التقسيم الداخلي للوحات لايقل عن Form 2 بحسب النظام العالمي IEC 61439 بحيث يكون النظام ذو وثوقية عالية لتأمين أداء المعدات المركبة في هذه اللوحات وتأمين الحماية للتجهيزات المراد حمايتها من جهة وحماية الأشخاص من المخاطر المتوقعة عند تشغيل واستثمار هذه المعدات واللوحات من جهة ثانية.
- بحسب هذا النظام يجب أن تكون البارات النحاسية محجوبة عن القواطع الكهربائية عن طريق فواصل معدنية فعند فتح باب اللوحة يمكن مشاهدة القواطع المركبة ضمنها فقط أما البارات النحاسية تكون محجوبة تماماً ولا يمكن مشاهدتها ولا الوصول لها، ويمكن الوصول لها عن طريق فتح الغطاء الخلفي للوحة والمخصص لأغراض الصيانة.
- تُشكَّل اللوحة والخلايا بحيث تمنع انتشار اللهب وغازات التأين من مكان حصوله إلى الخلايا المجاورة أو الحجرات المجاورة في الخلية نفسها.
- ويكون التقسيم الداخلي للوحات الرئيسية حسب النظام IEC 439 كالآتي:

1.2.6. خلايا توزيع الطاقة التي تحوي قواطع باستطاعة 800A وما فوق:

- تكون الخلية مقسمة داخلياً إلى ثلاث حجرات وكل حجرة مفصولة داخلياً عن الآخر ولها بابها المستقل:
  في الحجرة العلوية: تُركب عناصر التحكم (إن وجدت).
  في المنتصف: يُركب القاطع الكهربائي.
  في الحجرة السفلية: تُستخدم لدخول الكبلات لتغذية القاطع.

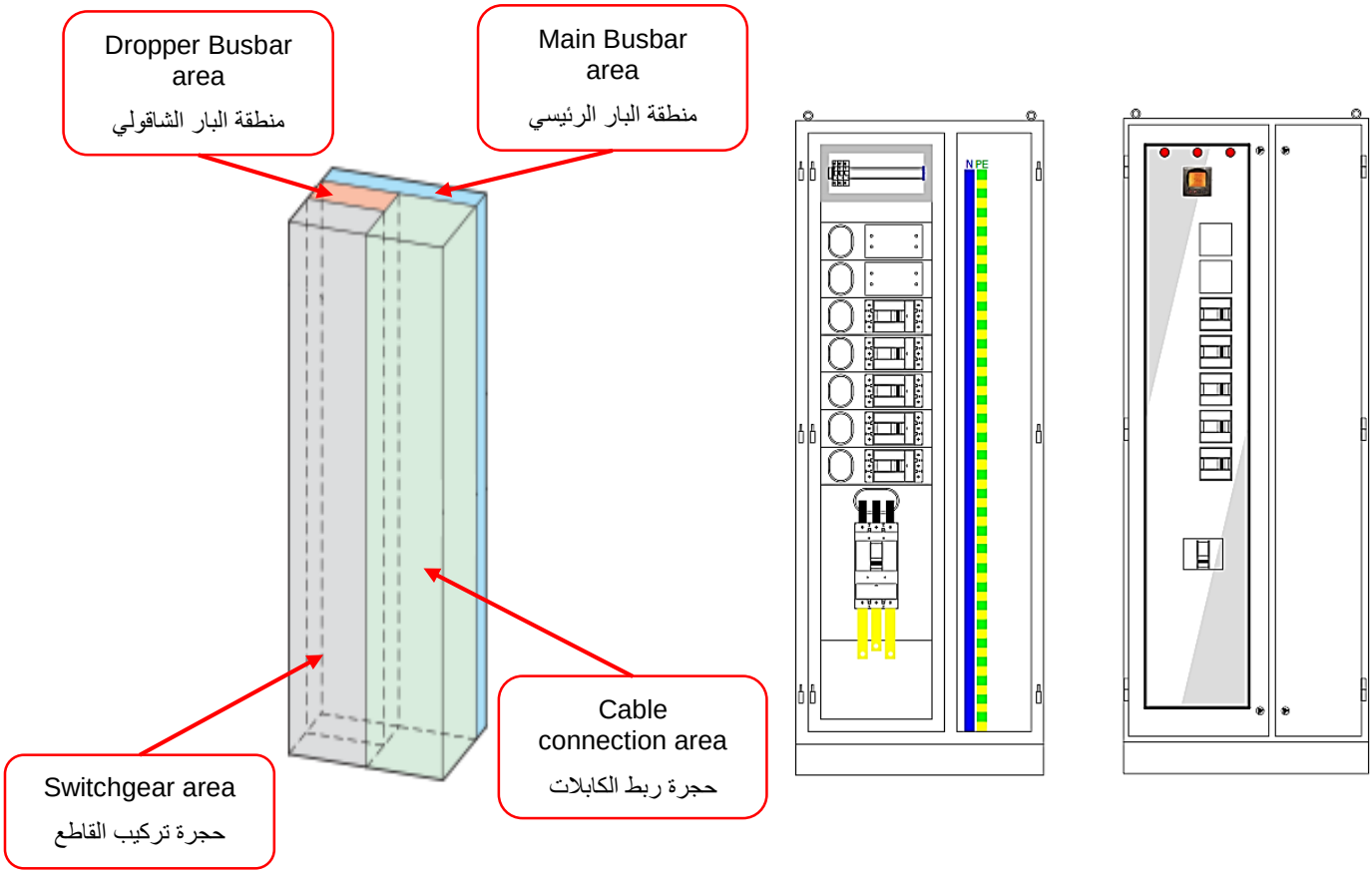


2.2.6. خلايا توزيع الطاقة التي تحوي قواطع باستطاعة 630 أمبير وما دون

- تُركب القواطع بشكل أفقي على صفائح معدنية مزيبقة بسماكة 2 ملم في القسم الأمامي من اللوحة بحيث في حال فتح باب اللوحة يمكن مشاهدة القواطع المركبة ضمنها. وفي حال رغبة المشرف يمكن إظهار قبضات القواطع في الخارج على باب اللوحة ليتم تشغيلها خارجياً.
- أما القسم الخلفي من كل لوحة أي خلف الصفائح المعدنية للقواطع تركب البارات L1-L2-L3 بشكل شاقولي لتغذية القواطع. وتكون البارات محجوبة تماماً بينها وبين القواطع لا يمكن مشاهدتها ولا الوصول إلى البارات الرئيسية في حال فتح باب اللوحة بحيث يكون التقسيم الداخلي (Form2) وتحقق الأمان في التشغيل والصيانة.
- تكون الخلية مقسمة داخلياً إلى حجرتين وكل حجرة مفصولة داخلياً عن الأخرى ولها بابها المستقل:

في الحجرة الأولى: حجرة شاقولية على ارتفاع اللوحة في القسم الأيسر منها وتركب فيها القواطع الكهربائية.

في الحجرة الثانية: حجرة شاقولية على ارتفاع اللوحة في القسم الأيمن منها مُخصصة لدخول الكابلات وإجراء التوصيل.



3.6. المواصفات الكهربائية للّوحات

- يجب أن تُصنَّع وتجمع اللوحات وفق الشروط الكهربائية العالمية IEC/EN 439.
- يجب أن تتحمل اللوحة شدة قطع عالية.
- درجة الكتامة للوحات: IP 40.
- توتر العمل: (380 – 400) فولت.
- التردد 50 هرتز.
- توتر العازلية: لا يقل عن 690 فولت.
- التيار الاسمي بحسب المطلوب في المخططات ويكون مساوي للتيار الاسمي للقاطع الرئيسي.
- خطوط الشبكة (البارات): خمس خطوط L1-L2-L3-N+PE .
- مادة الباسبارات: نحاس إلكتروليتي مطلي بمادة القصدير Tin Plated Copper Busbars.
- التقسيم الداخلي لايقل عن Form 2b بحسب النظام IEC 439.
- يجب حماية جميع دارات التحكم بواسطة فيوز /1/ أمبير بشدة قطع عالية.
- تركب جميع التجهيزات الكهربائية (القواطع ...الخ.) المذكورة في المخططات ضمن هذه اللوحة، ولكن يجب الأخذ بعين الاعتبار أن تركيب القواطع ضمن الخلايا وتصميم اللوحة وعدد الخلايا يكون بشكل فني ومدروس مع مراعاة شروط النشر الحراري و لا تركب القواطع ضمن الخلية بكميات عشوائية دون دراسة النشر الحراري.

4.6. المواصفات الفنية للبارات النحاسية والحمالات في اللوحات

يشكل نظام البارات في اللوحة الكهربائية أهمية كبيرة لضمان استمرارية عمل اللوحة. ويجب أن يكون هذا النظام مطابقاً للنظام الكهربائي IEC 439، وذو وثوقية عالية تحقق متطلبات الارتفاع الحراري للبارات وشدة تيار القصر لمدة ثانية واحدة والشروط الأخرى الواردة في النظم العالمية. ولذلك يجب أن تكون مطابقة للمواصفات التالية:

- يجب أن تكون البارات مصنوعة من الخامات النحاسية عالية الناقلية وبدرجة نقاء أكثر من 99.99 % .
- يجب أن تكون البارات النحاسية مُصنَّعة من قبل شركات عالمية مُختصَّة في تصنيع البارات النحاسية عالية الجودة وفقاً للنظم العالمية مثل DIN, JIS, BS, ASTM وأن تكون حائزة على شهادة ضمان الجودة ISO 9001، ISO 14001.
- يجب أن يكون نظام البارات مطابقاً للنظم المختبرة التي تحقق متطلبات الارتفاع الحراري، ودارات القصر والشروط الأخرى الواردة في النظم العالمية.
- يجب أن تكون البارات مطلية بمادة القصدير Tin Plated Copper Busbar لمنع تآكل وأكسدة النحاس وللمساعدة على تحقيق نقاط توصيل عالية الكفاءة وذات مقاومة كهربائية منخفضة، وتكون درجة نقاء مادة

القصدير أعلى من 99.5% ويتم التحكم بعملية الطلي بشكل آلي وتكون البارات مطلية من قبل المصنع الأصلي للبارات النحاسية، ويجب أن تكون سماكة طبقة القصدير لا تقل عن 3 micron.

- يجب أن تتمتع البارات النحاسية بشكل أساسي ب: الناقلية الحرارية العالية، المتانة الميكانيكية، رتابة السطح الخارجي.

1.4.6. المواصفات الفنية للبارات

- مادة الباسبارات: النحاس
- درجة النقاء: 99.99%
- الكثافة: 8.91 g/cm3
- درجة القساوة: R250 حسب المواصفات BS EN13601
- الناقلية الكهربائية لا تقل عن 100 % IACS
- يجب تقديم شهادات من قبل مُصنِّع البارات النحاسية تُبين تجاوز القضبان النحاسية لاختبارات الناقلية الكهربائية واختبارات المتانة الميكانيكية (اختبارات تحمل قوة الشد، الاستطالة، الانحناء، ...).
- يجب أن يتم اختيار المقاطع الاسمية للبارات النحاسية بحسب التيارات الاسمية للقواطع الكهربائية وظروف التشغيل الخاصة باللوحة، دون أن تتسبب الضياعات الحرارية ضمن هذه البارات بارتفاع درجة حرارة اللوحة عن الحد المسموح به، والتي يجب أن لا تقل عن:

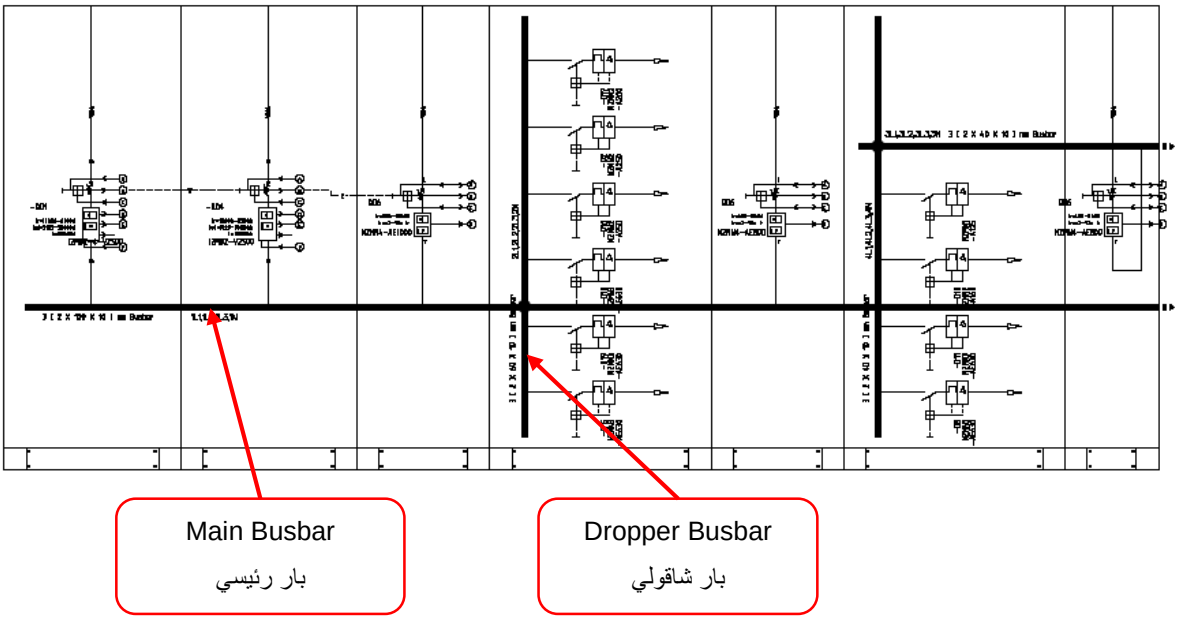
الأمبير (حسب القاطع الرئيسي للوحة) A	مقطع البار الرئيسي mm^2
250 A	30 x 5
300 A	30 x 5
400 A	20 x 10
630 A	30 x 10
800 A	40 x 10
1000 A	50 x 10
1250 A	60 x 10
1600 A	2x (50 x 10)
2000 A	2x (60 x 10)
2500 A	2x (80 x 10)
3200 A	3x (80 x 10)

2.4.6. تركيب البارات النحاسية في اللوحات الكهربائية

- تستخدم القضبان النحاسية لتشكيل البارات الرئيسية Main Busbars والتي تتوضع في الجزء الخلفي للوحة.
- في حال كانت اللوحة الكهربائية تتألف من عدة خلايا تركب البارات في الخلف وبشكل أفقي وتمرر بين الخلايا وعلى طول اللوحة الكهربائية. وتستخدم هذه البارات لتوزيع الطاقة الكهربائية لجميع الخلايا وتكون بمقطع مناسب للتيار الاسمي للقاطع الرئيسي وبحيث تتحمل الإجهادات الميكانيكة والحرارية الناتجة عن تيارات القصر.
- وفي خلايا التوزيع التي تحوي عدة قواطع كهربائية فرعية يتم تركيب بارات شاقولية Dropper Busbars على كامل ارتفاع الخلية تتغذى من البارات الرئيسية المركبة بشكل أفقي وتُستخدم لتوزيع الطاقة الكهربائية لهذه

القواطع الفرعية ضمن هذه الخلية وتكون بمقطع مناسب لاستطاعة القواطع الكهربائية وبحيث تتحمل الإجهادات الميكانيكة والحرارية الناتجة عن تيارات القصر.

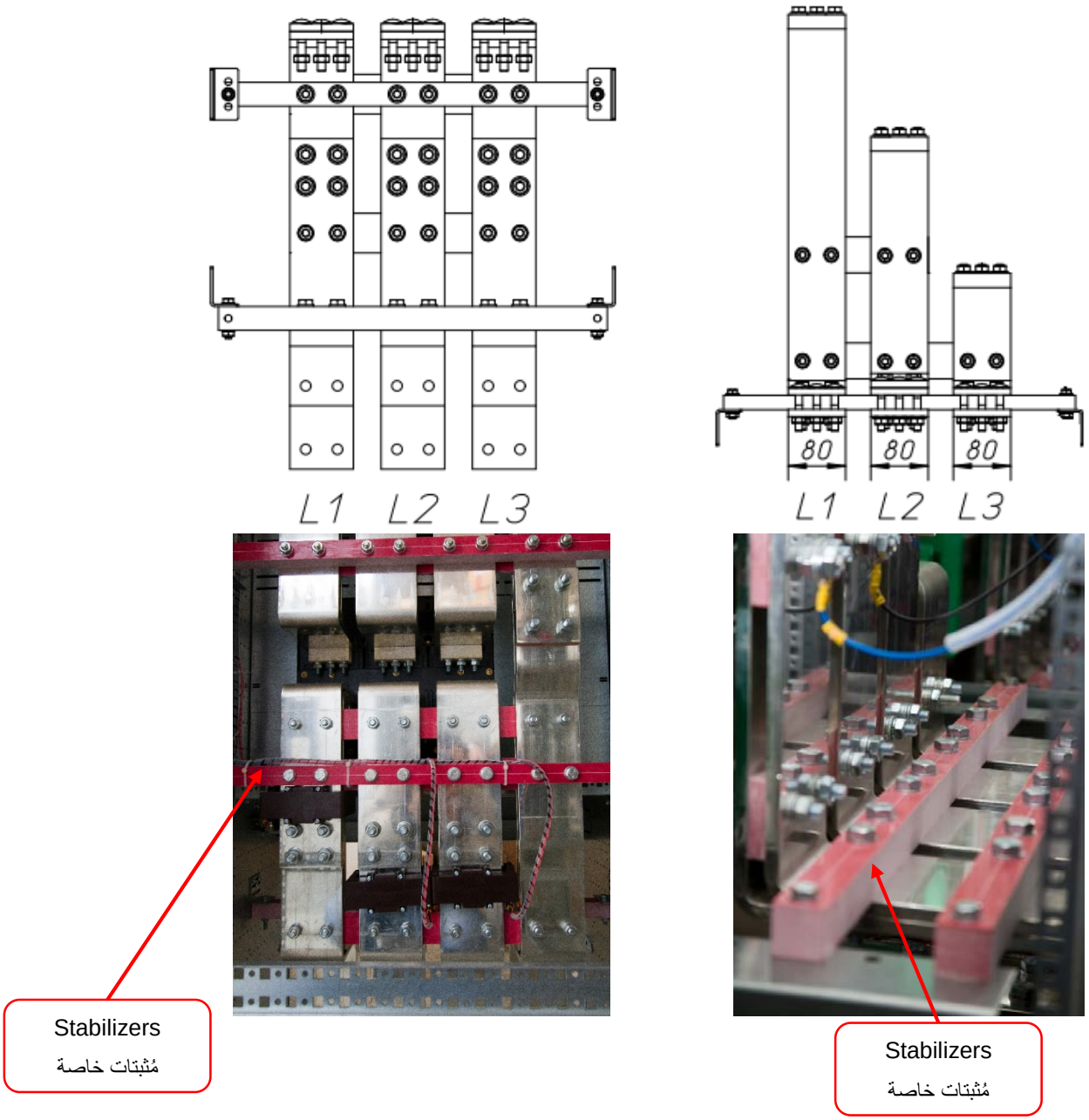
- وفي حال كانت اللوحة الكهربائية مؤلفة من خلية واحدة تحوي القاطع الرئيسي والقواطع الفرعية وكانت استطاعة القاطع الرئيسي لا تتجاوز 800 أمبير، تستخدم بارات شاقولية Dropper Busbars لتوزيع الطاقة الكهربائية من القاطع الرئيسي للقواطع الفرعية وتكون بمقطع مناسب للتيار الاسمي للقاطع الرئيسي وبحيث تتحمل الإجهادات الميكانيكة والحرارية الناتجة عن تيارات القصر.
- ويركب في الأسفل وعلى طول اللوحة بار حيادي N مثبت على حمالات بارات ويكون بمقطع يساوي مقطع بارات الأطوار الثلاثة وبار أرضي PE مثبت على هيكل اللوحة مباشرة ويكون بمقطع يساوي نصف مقطع بارات الأطوار.



- تُثبَّت القضبان النحاسية على حاملات بارات مُصنعة من قبل شركات عالمية مُختصة ومصنعة من بوليميرات عالية الجودة ذاتية الإطفاء للحريق، ذات عازلية عالية، ويجب أن تتحمل الإجهادات الحرارية والميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر ويجب أن يتم اختيار المسافات الفاصلة بين حاملات البار المتتابعة بحسب القيمة العظمى (تيار الذروة Peak value) لتيار القصر الأعظمي المتوقع في اللوحة الكهربائية، وبحسب الاختبارات المقدَّمة من قبل مُصنِّع حاملات البارات.

(من أنواع حاملات البارات)

- إضافة إلى حاملات البارات، يجب أن تُستخدم مُثبتات خاصة عالية المتانة الميكانيكية لتثبيت البارات النحاسية المُستخدمة لتشكيل توصيلات الدخل (Incoming Connections) وتوصيلات الخرج (Outgoing connections) من وإلى القواطع الكهربائية لوصلها مع البارات الرئيسية ولوصل الكبلات الكهربائية.



3.4.6. تشكيل البارات النحاسية وتصنيعها

- إن عملية تشكيل البارات النحاسية (قصها وحنيها) في الورشة الخاصة بتصنيع البارات النحاسية يجب أن يتم عن طريق آلات مخصصة لهذا الغرض تعتمد على قوة الدفع الهيدروليكية وتتميز بالدقة العالية وخاصة لتشكيل الزوايا القائمة وذلك لضمان تحقيق سطوح تماس عالية الناقلية دون وجود أي فراغات بين القضبان النحاسية.

- كما أن عملية تثقيب البارات يجب أن تتم عن طريق آلات خاصة تعتمد على قوة الدفع الهيدروليكية لتشكيل الثقوب (Punching) وليس عن طريق التثقيب (Drilling) باستخدام المثاقب العادية.

4.4.6. التوصيلات الداخلية

يجب أن تكون جميع التمديدات ضمن اللوحة بطريقة فنية وصحيحة بحيث تتم تغذية القواطع من البارات ضمن اللوحة كالتالي:

- القواطع بتيار اسمي يساوي أو أعلى من 800A يتم تغذيتها عبر بارات نحاسية أجنبية الصنع وتربط مع البارات الرئيسية بواسطة براغي فولاذية بعيار 8.8 .
- القواطع بتيار اسمي 250A ولغاية 630A يتم تغذيتها ببارات نحاسية مرنة (Flexible Busbar) معزولة ومن صناعة شركات عالمية مُختصة وتكون بمقاطع مناسبة وبحسب توصيات الشركة المصنعة.
- القواطع بتيار اسمي 200A وما دون يتم تغذيتها بكبلات نحاسية مرنة شعرية بعازلية 690 فولت وبمقاطع مناسبة لتيارات القواطع وبحسب توصيات النظم العالمية IEC 439.
- إن تفريع البارات المرنة والكبلات من البار الرئيسي لتغذية القواطع يجب أن يتم عبر مقامط خاصة (كليبسات) دون تثقيب البارات مما يحافظ على مقطع البار ولا يسبب اختناقات أثناء مرور التيار في البار ويسهل عملية الصيانة.
- مقاطع الكبلات المرنة الشعرية المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع الكبلات النحاسية المرنة mm^2
6 A	2.5 mm2
10 A	2.5 mm2
16 A	2.5 mm2
20 A	3 mm2
25 A	4 mm2
32 A	6 mm2
40 A	10 mm2
50 A	16 mm2
63 A	16 mm2
80 A	25 mm2
100 A	35 mm2
125 A	50 mm2
160 A	70 mm2
200 A	95 mm2

- مقاطع البارات النحاسية المرنة (Flexible Busbar) المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع البارات النحاسية المرنة number x width x thickness
100 A	3 x 9 x 0.8
125 A	6 x 9 x 0.8
160 A	9 x 9 x 0.8
200 A	4 x 16 x 0.8
250 A	6 x 16 x 0.8
300 A	10 x 16 x 0.8
400 A	10 x 20 x 1
630 A	10 x 24 x 1

5.6. الاختبارات الروتينية

- يجب أن تخضع جميع اللوحات الرئيسية للاختبارات الروتينية التالية، وتتم بإشراف المهندس المشرف على المشروع قبل تسليم هذه اللوحات، ولا تُسلَّم هذه اللوحات قبل موافقة المهندس المشرف على اجتياز اللوحات لهذه الاختبارات.
- وتتضمن هذه الاختبارات مايلي:

1- فحص الهيكل الخارجي للوحة والتأكد من مطابقته للمواصفات المطلوبة، وتحقيقه لمتطلبات الحماية وعزل العناصر الكهربائية داخل اللوحة.

2- فحص وقياس المسارات الزاحفة (Creepage Distances) بين أقطاب البارات النحاسية للتأكد من مطابقتها لمتطلبات النظم العالمية تبعاً لنوع اللوحة وتوتر العزل الاسمي ودرجة التلوث.

3- فحص تركيب العناصر الكهربائية ضمن اللوحات، للتأكد من تركيبها بطريقة فنية صحيحة وبحسب توصيات الشركة المصنعة.

4- فحص وقياس المسافات الفاصلة (Clearances) بين أقطاب البارات النحاسية و المسافات بين البارات النحاسية والهيكل المعدني للوحة للتأكد من مطابقتها لمتطلبات النظم العالمية تبعاً لنوع اللوحة والتوتر النبضي الاسمي.

5- التأكد من تأريض جميع الأجسام المعدنية بشكل جيد وموثوق حيث يتم التأكد من العزوم المطبقة على براغي توصيل نواقل التأريض ضمن اللوحة.

6- فحص استمرارية بار التأريض.

7- فحص نقاط الوصل الكهربائية داخل اللوحة حيث يتم التأكد من العزوم المطبقة على براغي التوصيل، والتأكد من أن عملية الربط مع البارات النحاسية قد تمت بطريقة فنية صحيحة وبحسب توصيات النظم العالمية والشركات المصنعة للقواطع الكهربائية.

8- فحص آلية عمل العناصر الكهربائية (قواطع وكونتاكتورات) من خلال إجراء 5 عمليات فصل ووصل بشكل متتالي.

9- المطابقة مع المخططات التنفيذية والتي تم الموافقة عليها من قبل المهندس المشرف قبل مباشرة التصنيع.

10- فحص نوعية وجودة ومطابقة بطاقات التسمية المستخدمة في اللوحة لترميز العناصر الكهربائية ولتحديد أسماء الأحمال.

11- فحص توضع الأسلاك الكهربائية ضمن اللوحة حيث أنها يجب أن تمدد بطريقة فنية صحيحة ضمن مجاري بلاستيكية من النوع الجيد الذاتي الإخماد للحريق وذلك لزيادة عازلية هذه الأسلاك.

12- اختبارات العازلية الكهربائية (Dielectric Test) وذلك من خلال التحقق من مقاومة العازلية بين جميع أقطاب البارات النحاسية.

6.6. المواصفات الفنية لدارة المراقبة والتحكم الخاصة بلوحات التبديل الآلي:

- تؤمن هذه الدارة في حدها الأدنى مراقبة البارامترات الأساسية للشبكة العمومية.
- يجب أن تكون اللوحات مزودة بمفتاح تحكم على واجهة اللوحة لتحديد نظام العمل:

1- آلي Auto : يتم التبديل بين مصدري التغذية بشكل آلي وتكون الأفضلية لأحد المصدرين (الشبكة العمومية).
2- فصل 0 : كلا المصدرين في حالة فصل.
3- يدوي Manual : يتم اختيار أحد المصدرين بشكل يدوي لتغذية الأحمال.

- تزود اللوحات بثلاث لمبات إشارة للدلالة على توتر التغذية لكل مصدر.
- إمكانية معايرة كافة الأزمنة اللازمة للوصل والفصل عند التبديل بين مصادر التغذية.
- الدارة مزودة بريليهات لمراقبة الجهد (Phase Monitor) لجهة الشبكة العمومية.
- دارة المراقبة والتحكم مجهزة بريليه ذكية قابلة للبرمجة (Smart Relay) من صناعة شركة مختصة، بمداخل ومخارج مناسبة لتحقيق كافة متطلبات العمل، ومزودة بإشارة إظهار تبين حالة النظام وجميع رسائل الإنذار.
- ويزود خرج القاطع التبادلي بثلاث لمبات إشارة وجهاز محلل شبكة مع كافة ملحقاته من محولات تيار لبيان البارمترات الأساسية، ويكون ذو نوعية ممتازة ومن ماركة عالمية مختصة بهذا المجال.

7. اللوحات الفرعية

تُستخدم هذه اللوحات بشكل رئيسي لتوزيع الطاقة الكهربائية ولتغذية دارات الإنارة ودارات المآخذ وتكون باستطاعات صغيرة. ويجب أن تكون هذه اللوحات مجهزة بجميع القواطع والتجهيزات الكهربائية المطلوبة في المخططات وجميع الإكسسورات اللازمة بحيث تكون اللوحة جاهزة للتركيب والاستثمار. ويجب أن تكون هذه اللوحات من الصناعة المحلية وفقاً للنظم العالمية IEC439 بحيث تكون مُطابقة لنماذج اللوحات المصنعة والمختبرة من قبل إحدى الشركات الأوروبية المختصة، باستثناء اللوحات المشار إليها في المخططات بأن تكون من النوع المخفي (Flush Mounted) فيجب أن تكون من صناعة شركات أوروبية مختصة ووفقاً للنظم العالمية IEC439.

1.7. المواصفات التصميمة للهيكل المعدني

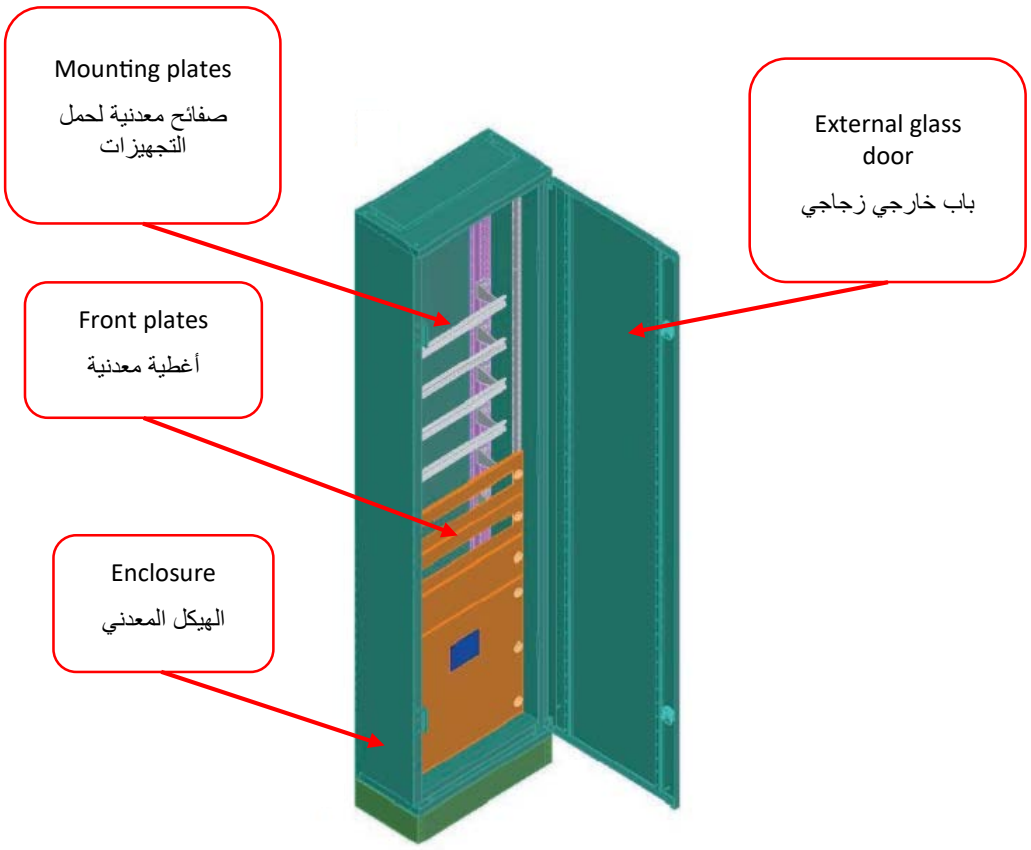
- يجب أن تكون هذه اللوحات جدارية أو لوحات تركيب أرضي حسب مواقع تركيبها مُصنَّعة من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 1.5 ملم.
- تكون اللوحات مغلقة وكتيمة من جميع الجهات وتزود في أسفل أو أعلى اللوحات بأغطية يمكن فكها لدخول الكبلات.
- تُثبت الأبواب على الهيكل الخارجي عبر مفصلات خاصة، وتفتح الأبواب بزاوية أكثر من 120 درجة لتسهيل عملية الصيانة في داخل اللوحة وتزود على إطارات الأبواب جوانات مطاطية (كاوتشوكية) من أجل تحقيق كتامة عالية.
- تكون اللوحات مصنَّعة بباب أو غطاء داخلي يغطي التجهيزات المركبة في الداخل والذي تظهر منه صواعد القواطع الصغيرة وباب ثاني خارجي شفاف على طول اللوحة.
- يتم اختيار أبعاد اللوحات بحيث تستوعب جميع المكونات المركبة ضمنها بشكل مريح مع مراعاة شرط النشر الحراري الناتج عن التيارات ضمن اللوحة ومراعاة إضافة أحمال إضافية للوحة مستقبلاً، ويجب أن تكون اللوحات بأبعاد نظامية وبقياسات (ستاندرد) ومن مضاعفات 20 سم بحيث لا يقل عرض اللوحات عن 60 سم.

  (المقصود من مضاعفات 20 سم مثال: 1000×600×200 طول × عرض × عمق).
- يجب أن تزود كافة اللوحات بقفل أجنبي موحد من أفضل الأنواع المتوفرة.
- لون اللوحة عاجي وتدهن عن طريق بخ بودرة إلكتروستاتيكي.
- تصنيع اللوحات يتم وفق النظم العالمية IEC 62208 ، IEC 61439.
- تكون اللوحات على شكل ثلاثة أجزاء أساسية:

الجزء الأول: عبارة عن الهيكل الحاضن لمحتويات اللوحة الأساسية، ويكون على شكل صندوق مفتوح من الأمام، مصنع من صفائح الصاج الملحومة مع بعضها البعض بشكل متين، ويحتوي بداخله على صفائح فولاذية مزيبقة بسماكة 1.5 مم وسكك حمل التجهيزات الأساسية والمجاري البلاستيكية اللازمة لتمرير الأسلاك الواصلة بين مكونات اللوحة.

الجزء الثاني: عبارة عن مجموعة من الصفائح المعدنية تشكل أغطية تُغطي التجهيزات الداخلية وتظهر منها قبضات تشغيل القواطع الكهربائية، ويمكن أن يكون عبارة عن باب داخلي متمفصل مع هيكل اللوحة، وتثبت عليها بطاقات تسمية القواطع المختلفة.

الجزء الثالث: باب من البلور المقسَّى يتمفصل مع هيكل اللوحة بمفصلات من أجود الأنواع المتوفرة، وفي طرفه الثاني يحتوي على أقفال أجنبية من أجود الأنواع المتوفرة.



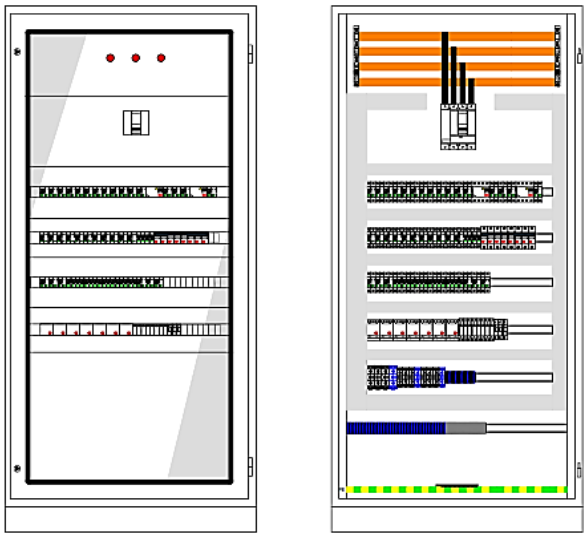
2.7. توزيع التجهيزات داخل اللوحة

- يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 1.5 ملم بحيث تركب عليها القواطع والتجهيزات الكهربائية المطلوبة ويكون ترتيب التجهيزات في داخل اللوحة حسب الآتي:

القسم العلوي: من اللوحة تركب البارات الرئيسية (إن وجدت) L1-L2-L3 مثبتة على حمالات بارات خاصة تتحمل الإجهادات الميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر.

القسم الأوسط: تركب القواطع والتجهيزات الكهربائية المطلوبة التي تثبت على صفائح فولاذية مزيبقة بسماكة 1.5 ملم.

القسم السفلي: تركب مرابط (جنكسيونات) الدخل والخرج للأسلاك حيث يكون لكل قاطع مربط خاص به يركب على سكة للمقاطع لغاية $150mm^2$ وتكون هذه المرابط من أجود الأنواع الغربية والمصنوعة حسب المواصفات العالمية IEC, VDE ويركب أيضاً في الأسفل وعلى طول اللوحة بار الحيادي N وبار الأرضي PE .



3.7. المواصفات الكهربائية للّوحات

- تجميع اللوحات يتم وفق النظام الكهربائي EN 60439-1/3, IEC 62208
- توتر العمل (380 – 400) فولت.
- التردد 50 هرتز.
- توتر العازلية: 690 فولت.
- التيار الاسمي بحسب المطلوب في المخططات ويكون مساوي للتيار الاسمي للقاطع الرئيسي.
- خطوط الشبكة: في حال وجود قواطع عديدة في اللوحات ويستدعي وجود بارات رئيسية فيجب أن تكون خمس خطوط L1-L2-L3-N+PE.
- يجب أن تكون البارات الرئيسية نحاسية إلكتروليتية مطلية بمادة القصدير أجنبية الصنع وبكثافة تيار بحسب الجدول المرفق بدفتر الشروط.
- يجب أن تتحمل اللوحات شدة قطع عالية.
- تركب التجهيزات الكهربائية في اللوحات بشكل فني ومدروس وبحيث تُوصَّل جميع القواطع من مخارجها إلى مرابط (جنكسيونات) خاصة لكل قاطع.
- تُحمَى جميع دارات التحكم ضمن اللوحات بفيوزات /1/ أمبير.

4.7. التمديدات ضمن اللوحات

- تكون جميع التمديدات ضمن اللوحات بطريقة فنية وصحيحة وتجمع الأسلاك للقواطع الفرعية ضمن مجاري بلاستيكية أجنبية الصنع.
- تستخدم جميع الأسلاك ضمن اللوحات باللون الأسود ما عدا أسلاك التحكم باللون الأحمر وأسلاك الحيادي باللون الأزرق.
- تكون جميع الأسلاك في نهايتها مرقمة بحيث يسهل عملية الصيانة في المستقبل.

- تتم تغذية القواطع ما دون 200 أمبير من البارات الرئيسية عبر كبلات شعرية وبمقاطع مناسبة حسب تيارات القواطع ووفق النظام IEC 439، أما القواطع 200 أمبير فما فوق لغاية 630 أمبير فتتم تغذيتها ببارات مرنة معزولة خاصة تستخدم للتمديدات ضمن اللوحات وبمقاطع مناسبة وفق تيارات القواطع.
- مقاطع الكبلات المرنة الشعرية المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع الكبلات النحاسية المرنة mm^2
6 A	2.5 mm^2
10 A	2.5 mm^2
16 A	2.5 mm^2
20 A	3 mm^2
25 A	4 mm^2
32 A	6 mm^2
40 A	10 mm^2
50 A	16 mm^2
63 A	16 mm^2
80 A	25 mm^2
100 A	35 mm^2
125 A	50 mm^2
160 A	70 mm^2
200 A	95 mm^2

- مقاطع البارات النحاسية المرنة (Flexible Busbar) المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع البارات النحاسية المرنة number x width x thickness
100 A	3 x 9 x 0.8
125 A	6 x 9 x 0.8
160 A	9 x 9 x 0.8
200 A	4 x 16 x 0.8
250 A	6 x 16 x 0.8
300 A	10 x 16 x 0.8
400 A	10 x 20 x 1
630 A	10 x 24 x 1

- إن تغذية القواطع الفرعية من القاطع الرئيسي يتم بأحد الطرق التالية وذلك تبعاً لقيم التيارات ضمن اللوحة وعدد القواطع الفرعية:

1- القاطع الرئيسي ضمن اللوحة بتيار اسمي 250 أمبير وما فوق:

تركب ضمن اللوحة البارات الرئيسية L1-L2-L3-N+PE نحاسية مطلية بالقصدير Tin plated Copper Busbars من أجود الأنواع العالمية، ويتم تغذية القواطع الفرعية من هذه البارات.

تركب البارات على حاملات خاصة عالية تؤمن عازلية كهربائية عالية للقضبان النحاسية، وتتحمل بشكل جيد الإجهادات الحرارية والميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر كما تتحمل التغييرات الناتجة عن التشغيل، ويتم تفريع البارات المرنة والأسلاك من البار لتغذية القواطع عبر كليبسات خاصة دون تثقيب البارات.

ويتم عزل البارات بواسطة تركيب ألواح بلاستيكية شفافة (Plexiglas) أمام البارات لمنع التلامس المباشر معها.

يجب أن يتم اختيار المقاطع الاسمية للبارات النحاسية بحسب التيارات الاسمية للقواطع الكهربائية وظروف التشغيل الخاصة باللوحة، دون أن تتسبب الضياعات الحرارية ضمن هذه البارات بارتفاع درجة حرارة اللوحة عن الحد المسموح به، ويجب أن لاتقل عن:

الأمبير (حسب القاطع الرئيسي للوحة) A	مقطع البار الرئيسي mm^2
200 A	20 x 5
300 A	30 x 5
300 A	30 x 5
400 A	20 x 10
630 A	30 x 10
800 A	40 x 10

2- القاطع الرئيسي ضمن اللوحة بتيار اسمي 200 أمبير ومادون:

عن طريق موزعات خاصة عالية الجودة من إنتاج شركات عالمية مختصة، وتكون بتيارات اسمية وعدد مخارج مناسب، حيث أن هذه الموزعات يتم تغذيتها بكبل رئيسي من طرف ومن الطرف الآخر يوجد عدد من المخارج يمكن تغذية عدد من القواطع الفرعية منها.

أو عن طريق باسبارات وصل خاصة مسبقة الصنع للقواطع الصغيرة (MCB)، من إنتاج شركات عالمية مختصة وبمقاطع وتيارات اسمية مناسبة.

8. لوحات التحكم

تُستخدم هذه اللوحات لغرض التشغيل والتحكم وحماية ومراقبة المحركات الكهربائية.
تركب ضمن هذه اللوحات كافة عناصر التشغيل والحماية مثل القواطع والكونتاكتورات وأجهزة الإقلاع وغيرها بحيث تكون جاهزة للتركيب والتشغيل.

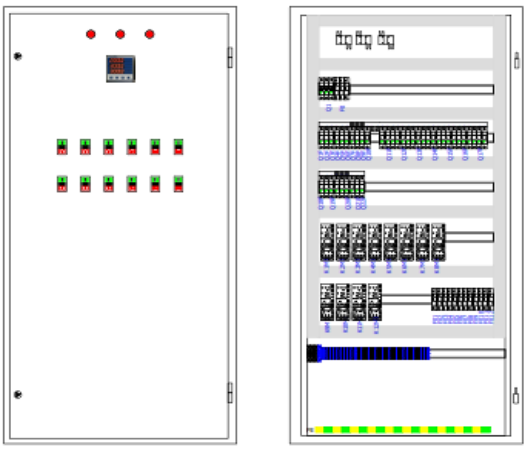
1.8. المواصفات التصميمة للهيكل المعدني

- يجب أن تكون اللوحة المعدنية من الصناعة المحلية المتميزة وذات الجودة العالية، ومُصنَّعة بحسب النماذج والنظم العالمية IEC 61439.
- تكون هذه اللوحات جدارية أو لوحات تركيب أرضي حسب مواقع تركيبها والعناصر الكهربائية المركبة داخلها.
- **بالنسبة للوحات الجدارية:** تكون مُصنَّعة من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 1.5 ملم وملحومة مع بعضها بشكل متين بحيث تشكل هيكل اللوحة.
- **بالنسبة للوحات الأرضية:** تكون اللوحات أرضية وتزود بقاعدة معدنية بسماكة 2 ملم وارتفاع 10 سم ليتم تثبيتها على قاعدة اسمنتية، و تصنّع اللوحة من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 2 ملم، وملحومة مع بعضها بشكل متين بحيث تشكل هيكل اللوحة، ويكون الغطاء الخلفي قطعة واحدة قابل للفك وذلك لتسهيل عمليات الصيانة مستقبلاً، وتزود اللوحة بأغطية جانبية على طرفي نهاية اللوحة بحيث يمكن فكها حسب الحاجة.
- تكون اللوحات بأبعاد قياسية وبما يتناسب مع استطاعة القواطع الكهربائية والكونتاكتورات والبارات الموضوعة ضمنها مع مراعاة شرط النشر الحراري الناتج عن التيارات ضمن اللوحة، ومراعاة إضافة عناصر إضافية للوحة مستقبلاً، وتتوضع العناصر الكهربائية داخل اللوحة بطريقة فنية صحيحة.
- تكون اللوحات مغلقة وكتيمة من جميع الجهات وتزود في أسفل اللوحات بأغطية يمكن فكها لدخول الكبلات.
- تُثبَّت الأبواب على الهيكل الخارجي عبر مفصلات خاصة، وتفتح الأبواب بزاوية أكثر من 120 درجة لتسهيل عملية الصيانة في داخل اللوحة وتزود على إطارات الأبواب جوانات مطاطية (كاوتشوكية) من أجل تحقيق كتامة عالية، ويُركب على الباب الخارجي للوحة عناصر المراقبة والتحكم من لمبات إشارة ومقاييس وكباسات التشغيل ومفاتيح ناخبة وغيرها.
- يجب أن تزود كافة اللوحات بقفل أجنبي موحد من أفضل الأنواع المتوفرة.
- لون اللوحة عاجي وتدهن عن طريق بخ بودرة إلكتروستاتيكي.

2.8. توزيع التجهيزات داخل اللوحة

1- اللوحات الجدارية:

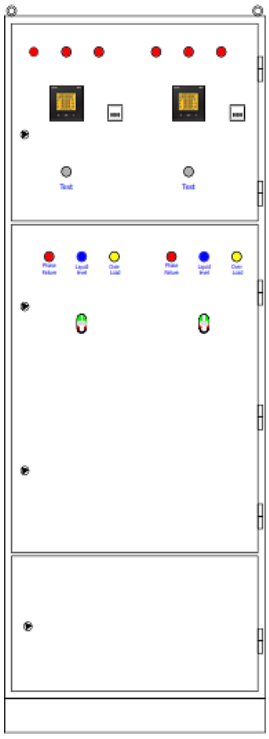
- تكون هذه اللوحات من النوع الذي يركب على الجدار، يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 1.5 ملم بحيث تركب عليه القواطع الكهربائية والكونتاكتورات، لتكون مطابقة للنموذج التالي:

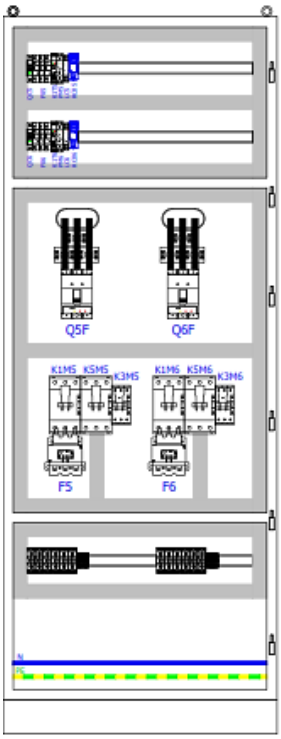


- تكون اللوحات بأبعاد قياسية وفق الستاندارات العالمية.
- مدخل الكبلات من الأسفل أو الأعلى.

2- اللوحات الأرضية:

تكون هذه اللوحات من النوع الذي يركب على الأرض وتكون مزودة بقاعدة معدنية بارتفاع 10سم من أجل تثبيتها على القاعدة الاسمنتية ثم توضع وتثبت اللوحة على هذه القاعدة المعدنية، يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 2 ملم بحيث تركب عليها القواطع الكهربائية والكونتاكتورات وحاملات البارات، لتكون اللوحة مطابقة للنموذج التالي:





3.8. توزيع التجهيزات داخل اللوحة

يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 1.5 ملم بحيث تركب عليها القواطع والتجهيزات الكهربائية المطلوبة ويكون ترتيب التجهيزات في داخل اللوحة حسب الآتي:

القسم العلوي: تركب البارات الرئيسية (إن وجدت) L1-L2-L3 مثبتة على حمالات بارات خاصة تتحمل الإجهادات الميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر.

القسم الأوسط: تركب القواطع والتجهيزات الكهربائية المطلوبة التي تثبت على صفائح فولاذية مزيبقة بسماكة 1.5 ملم.

القسم السفلي: تركب مرابط (جنكسيونات) الدخل والخرج للأسلاك حيث يكون لكل قاطع مربط خاص به يركب على سكة للمقاطع لغاية $150mm^2$ وتكون هذه المرابط من أجود الأنواع الغربية مصنوعة حسب المواصفات العالمية IEC, VDE ويركب أيضاً في الأسفل وعلى طول اللوحة بار الحيادي N وبار الأرضي PE .

4.8. المواصفات الكهربائية للوحات

- تجميع اللوحات يتم وفق النظام الكهربائي EN 60439-1/3, IEC 62208.
- توتر العمل (380 – 400) فولت.
- التردد 50 هرتز.
- توتر العازلية: 690 فولت.
- التيار الاسمي بحسب المطلوب في المخططات ويكون مساوي للتيار الاسمي للقاطع الرئيسي.
- خطوط الشبكة: في حال وجود قواطع عديدة في اللوحات ويستدعي وجود بارات رئيسية فيجب أن تكون خمس خطوط L1-L2-L3-N+PE.
- يجب أن تكون البارات الرئيسية نحاسية إلكتروليتية أجنبية الصنع وبكثافة تيار بحسب الجدول المرفق بدفتر الشروط.
- في حال استخدام البارات النحاسية للتوزيع ضمن اللوحة فإنها يجب أن تكون من النوع المطلي بمادة القصدير Tin Plated Copper Busbars من إنتاج شركات عالمية مُختصة.
- يجب أن تتحمل اللوحات شدة قطع عالية.
- تركب التجهيزات الكهربائية في اللوحات بشكل فني ومدروس وبحيث توصَّل جميع القواطع من مخارجها إلى مرابط (جنكسيونات) خاصة لكل قاطع.
- تُحمَى جميع دارات التحكم ضمن اللوحات بفيوزات 1 أمبير.

5.8. التمديدات ضمن اللوحات

- تكون جميع التمديدات ضمن اللوحات بطريقة فنية وصحيحة وتجمع الأسلاك للقواطع الفرعية ضمن مجاري بلاستيكية أجنبية الصنع.
- تستخدم جميع الأسلاك ضمن اللوحات باللون الأسود ما عدا أسلاك التحكم باللون الأحمر وأسلاك الحيادي باللون الأزرق.
- دارات التحكم تتم بواسطة أسلاك كهربائية شعرية أحادية باللون الأحمر وبمقطع $1.5mm^2$
- تكون جميع الأسلاك في نهايتها مرقمة بحيث يسهل عملية الصيانة في المستقبل.
- الجنكسيونات تكون من النوع الذي يركب على سكة وتكون بمقاطع من $2.5mm^2$ وحتى $150mm^2$.

- تتم تغذية القواطع ما دون 200 أمبير من البارات الرئيسية عبر كبلات شعرية وبمقاطع مناسبة حسب تيارات القواطع ووفق النظام IEC439، أما القواطع 200 أمبير فما فوق لغاية 630 أمبير فتتم تغذيتها ببارات مرنة معزولة خاصة تستخدم للتمديدات ضمن اللوحات وبمقاطع مناسبة وفق تيارات القواطع.
- مقاطع الكبلات المرنة الشعرية المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع الكبلات النحاسية المرنة mm^2
6 A	2.5 mm^2
10 A	2.5 mm^2
16 A	2.5 mm^2
20 A	3 mm^2
25 A	4 mm^2
32 A	6 mm^2
40 A	10 mm^2
50 A	16 mm^2
63 A	16 mm^2
80 A	25 mm^2
100 A	35 mm^2
125 A	50 mm^2
160 A	70 mm^2
200 A	95 mm^2

- مقاطع البارات النحاسية المرنة (Flexible Busbar) المستخدمة لتغذية القواطع الكهربائية ضمن اللوحات تبعاً للتيار الاسمي للقاطع الكهربائي:

الأمبير حسب القاطع الكهربائي A	مقطع البارات النحاسية المرنة number x width x thickness
100 A	3 x 9 x 0.8
125 A	6 x 9 x 0.8
160 A	9 x 9 x 0.8
200 A	4 x 16 x 0.8
250 A	6 x 16 x 0.8
300 A	10 x 16 x 0.8
400 A	10 x 20 x 1
630 A	10 x 24 x 1

- إن تغذية القواطع الفرعية من القاطع الرئيسي يتم بأحد الطرق التالية وذلك تبعاً لقيم التيارات ضمن اللوحة وعدد القواطع الفرعية:

1- القاطع الرئيسي ضمن اللوحة بتيار اسمي 250 أمبير وما فوق:

- تركب ضمن اللوحة البارات الرئيسية L1-L2-L3-N+PE نحاسية مطلية بالقصدير Tin Plated Copper Busbars من أجود الأنواع العالمية، ويتم تغذية القواطع الفرعية من هذه البارات.
- تركب البارات على حاملات خاصة عالية تؤمن عازلية كهربائية عالية للقضبان النحاسية، وتتحمل بشكل جيد الإجهادات الحرارية والميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر كما تتحمل التغييرات الناتجة عن التشغيل، ويتم تفريع البارات المرنة والأسلاك من البار لتغذية القواطع عبر كليبسات خاصة دون تثقيب البارات.
- ويتم عزل البارات بواسطة تركيب ألواح بلاستيكية شفافة (Plexiglas) أمام البارات لمنع التلامس المباشر معها.
- يجب أن يتم اختيار المقاطع الاسمية للبارات النحاسية بحسب التيارات الاسمية للقواطع الكهربائية وظروف التشغيل الخاصة باللوحة، دون أن تتسبب الضياعات الحرارية ضمن هذه البارات بارتفاع درجة حرارة اللوحة عن الحد المسموح به، ويجب أن لاتقل عن:

الأمبير (حسب القاطع الرئيسي للوحة) A	مقطع البار الرئيسي mm^2
200 A	20 x 5
250 A	30 x 5
300 A	30 x 5
400 A	20 x 10
630 A	30 x 10
800 A	40 x 10
1000 A	50 x 10
1250 A	60 x 10
1600 A	2x (50 x 10)
2000 A	2x (60 x 10)
2500 A	2x (80 x 10)
3200 A	3x (80 x 10)

2- القاطع الرئيسي ضمن اللوحة بتيار اسمي 200 أمبير ومادون:

عن طريق موزعات خاصة عالية الجودة من إنتاج شركات عالمية مختصة، وتكون بتيارات اسمية وعدد مخارج مناسب، حيث أن هذه الموزعات يتم تغذيتها بكبل رئيسي من طرف ومن الطرف الآخر يوجد عدد من المخارج يمكن تغذية عدد من القواطع الفرعية منها.

أو عن طريق باسبارات وصل خاصة مسبقة الصنع لقواطع حماية المحرك (MPCB)، من إنتاج شركات عالمية مختصة وبمقاطع وتيارات اسمية مناسبة.

9. العناصر الكهربائية المستخدمة في لوحات التوتر المنخفض.

فيما يلي المواصفات الفنية للمكونات الكهربائية الأساسية المُستخدمة في اللوحات الكهربائية:

1.9. القواطع الكهربائية

- تتضمن اللوحات بشكل عام عدة أنواع من القواطع الكهربائية الآلية مثل:
  - القواطع الهوائية Air Circuit Breakers.
  - القواطع المقولبة Molded Case Circuit Breakers.
  - القواطع الصغيرة Miniature Circuit Breakers.
  - القواطع المُخصصة لحماية المحركات Motor Protective Circuit Breakers.
  - القواطع التفاضلية Residual Current Devices.
- يجب أن تكون جميع القواطع ذات جودة عالية مصنوعة ومختبرة ومحققة لمتطلبات النظم العالمية IEC/EN ومن صناعة شركات أوروبية معروفة مثل Eaton أو مايعادلها.

1.1.9. المواصفات الفنية للقواطع الهوائية Air Circuit Breakers

- يجب أن تكون جميع القواطع من نوع ACB الهوائية مصنوعة ومختبرة من الأنظمة الكهربائية العالمية: IEC/EN 60947.
- متوفرة بتيارات اسمية من 800 أمبير وحتى 6300 أمبير.
- القواطع الكهربائية بتيارات اسمية 2000 A وما فوق يجب أن تكون حكماً من النوع الهوائي.
- يجب أن تكون عيارية بالمجالين الحراري والمغناطيسي كل على حدى، وفقاً للمجالات التالية:

عيار الحماية الحرارية: Ir = (0.4 … 1.0) x In

عيار الحماية المغناطيسية مع تأخير زمني: Isd = (1.5 … 10) x Ir

عيار التأخير الزمني: Tsd = 100 … 500 ms

عيار الحماية المغناطيسية بدون تأخير زمني: Ii = (2 … 15) x In

- توتر العمل: 400 – 690 فولت.
- توتر العازلية: 1000 فولت.
- التوتر النبضي الذي يتحمله القاطع: 12000 فولت.

- عدد الأقطاب ثلاثي أو رباعي كما هو موضح على المخططات الكهربائية.
- فئة زيادة-الجهد / درجة التلوث للقواطع يجب أن تكون من الدرجة الثالثة (III/3) وتستخدم للأغراض الصناعية.
- شدة القطع للقواطع يجب ألا تقل عن 50 kA او بحسب شدات القطع الموضحة على المخططات الكهربائية المُرفقة، ويجب أن تكون القيمة العظمى لشدة قطع تيار القصر مساوية للقيمة التشغيلية لشدة قطع تيار القصر Icu = Ics .
- شدة تيار القصر الذي يمكن تحمله لمدة ثانية واحدة لاتقل عن 42 kA.
- تحمل درجة الحرارة: -25…+55 درجة مئوية في حالة وسط مغلق.
- العمر الميكانيكي لا يقل عن 10000 عملية.
- العمر الكهربائي لا يقل عن 5000 عملية.
- تُزوَّد هذه القواطع بكافة الإكسسوارات اللازمة لتحقيق متطلبات العمل مثل: محرك كهربائي لشحن القاطع، تماسات مساعدة، وشيعة هبوط جهد، وشيعة فصل عن بعد، قفل ميكانيكي،... وبحسب ما هو موضح على المخططات الكهربائية المُرفقة وبحسب حاجة العمل.
- أن لا تتأثر القواطع بجهة التغذية من الأعلى أو من الأسفل.
- يجب أن يكون كل قاطع مزود بكباستي إيقاف وتشغيل بشكل ظاهر وواضح.
- يجب أن تكون هذه القواطع مزودة بوحدة حماية إلكترونية، ويفضل أن تكون مزودة بشاشة LCD على واجهة القاطع تؤمن الوظائف التالية: قياس التيار، سجل الأعطال، عداد لعدد مرات التشغيل، وأن تكون هذه الريليه قابلة للربط مع الحاسب لإجراء عمليات الاختبار للقاطع عبر برناج خاص من الشركة المصنعة للقاطع.

2.1.9. المواصفات الفنية للقواطع المقولبة Molded Case Circuit Breakers

- يجب أن تكون جميع القواطع من نوع MCCB المقولبة مصنوعة ومختبرة من الأنظمة الكهربائية العالمية: IEC/EN 60947-2.
- متوفرة بتيارات اسمية من 20 وحتى 1600 أمبير.
- يجب أن تكون جميع القواطع حرارية ومغناطيسية عيارية بالمجالين الحراري والمغناطيسي كل على حدى حسب الحاجة وكما هو مطلوب في المخططات، وفقاً للمجالات التالية:

1- القواطع المقولبة MCCB من 400 أمبير ومادون مزودة بريليه حماية حرارية مغناطيسية:

عيار الحماية الحرارية: Ir = (0.8 … 1.0) x In

عيار الحماية المغناطيسية: Ii = (6 … 10) x In

(بالنسبة للقواطع بتيارات أقل من 32 أمبير يمكن أن تكون ثابتة العيار المغناطيسي)

2- القواطع المقولبة MCCB من 630 أمبير وما فوق مزودة بريليه حماية إلكترونية:

عيار الحماية الحرارية: Ir = (0.5 … 1.0) x In

عيار الحماية المغناطيسية: Ii = (2 … 12) x In

- توتر العمل: 400 – 690 فولت.
- توتر العازلية: 1000 فولت و يمكن للقواطع ما دون 300 أمبير أن تكون العازلية 690 فولت.
- التوتر النبضي: 8000 فولت (ما عدا القواطع الصغيرة لغاية 160 أمبير يُقبَل 6000 فولت).
- فئة زيادة-الجهد / درجة التلوث للقواطع يجب أن تكون من الدرجة الثالثة (III/3) وتستخدم للأغراض الصناعية.
- تحمل درجة الحرارة: -25...+55 درجة مئوية في حالة وسط مغلق.
- يجب أن يكون العمر الميكانيكي والكهربائي للقواطع طويلاً بحيث لا يقل العمر الميكانيكي عن 10000 عملية، والعمر الكهربائي لا يقل عن 2000 عملية.
- شدة القطع للقواطع يجب ألا تقل عن شدات القطع المطلوبة والموضحة على المخططات الكهربائية المُرفقة، وعموماً يجب ألا تقل عن 36 kA في اللوحات الرئيسية، ويجب أن تكون القيمة العظمى لشدة قطع تيار القصر مساوية للقيمة التشغيلية لشدة قطع تيار القصر Icu = Ics وذلك للقواطع بتيارات تساوي 630 أمبير ومادون، و Icu = 75% Ics للقواطع بتيارات تساوي 800 أمبير وما فوق.
- يجب أن تكون القواطع خاضعة للاختبارات المناخية حسب IEC/EN 60068-2-30.
- أن لا تتأثر القواطع بجهة التغذية من الأعلى أو من الأسفل.
- جميع القواطع التي نوع الحماية فيها إلكتروني يجب أن تكون مزودة بمأخذ لإمكانية ربطها مع الحاسوب.
- تُزوَّد هذه القواطع بكافة الإكسسوارات اللازمة لتحقيق متطلبات العمل مثل: محرك كهربائي لشحن القاطع، تماسات مساعدة، وشيعة هبوط جهد، وشيعة فصل عن بعد، قفل ميكانيكي، ... وبحسب ما هو موضح على المخططات الكهربائية المُرفقة وبحسب مُتطلبات عمل اللوحة.
- القواطع بتيارات تساوي 630 أمبير ومادون يجب أن تكون من النوع الذي يحد من قيمة تيارات القصر Current Limiting Circuit Breakers ولذلك يجب أن يكون زمن فتح التماسات أثناء القصر أقل من 10 ميلي ثانية.
- يجب أن تحقق هذه القواطع الحماية من التلامس مع أطراف التوصيل الخاصة بها.
- عدد الأقطاب ثلاثي أو رباعي كما هو موضح على المخططات الكهربائية.

3.1.9. المواصفات الفنية للقواطع الصغيرة Miniature Circuit Breakers

- يجب أن تكون جميع القواطع من نوع MCB مصنوعة ومختبرة من الأنظمة الكهربائية العالمية: IEC/EN 60947-2 و IEC/EN 60898.
- توتر العمل: 400/230 فولت.
- توتر العازلية: لايقل عن 400 فولت.
- توتر الاختبار النبضي: 4000 فولت.
- درجة الحرارة: ضمن المجال من-5 وحتى + 40 درجة مئوية.

- تكون منحنيات فصل هذه القواطع من B أو C وذلك حسب ما هو مطلوب في المخططات الكهربائية المرفقة حيث تستخدم القواطع من النوع B لتغذية دارات الإنارة والقواطع من النوع C لتغذية دارات المآخذ والمحركات الصغيرة.
- يجب أن يكون العمر الميكانيكي والكهربائي للقواطع طويلاً بحيث لا يقل العمر الميكانيكي عن 20000 عملية، والعمر الكهربائي لا يقل عن 4000 عملية.
- شدة القطع للقواطع يجب ألا تقل عن شدات القطع المطلوبة والموضحة على المخططات الكهربائية المُرفقة، وبشكل عام يجب ألا تقل عن 6 kA، ويجب أن يتم اختيارها وفق النظام IEC 60898 وذلك للقواطع بتيار اسمي أقل من 63 أمبير، أما القواطع بتيار اسمي 80 أمبير وما فوق يتم اختيارها وفق النظام IEC 60947 حيث أن القواطع MCB التي تكون شدة قطعها 6 kA بحسب النظام IEC 60898 وتكون بشدة قطع 10 kA بحسب النظام IEC 60947. والقواطع التي تكون بشدة قطع 10 kA بحسب النظام IEC 60898 وتكون بشدة قطع 15 kA بحسب النظام IEC 60947.
- يجب أن تكون مرابط هذه القواطع بمستويين: مستوى علوي بشكل شعب لربط الأسلاك الكهربائية، ومستوى سفلي لربط بارات الشك مسبقة الصنع الخاصة لتغذية هذه القواطع.
- يجب أن تكون هذه القواطع مزودة بمؤشر باللون الأحمر و الأخضر للدلالة على وضعية تماسات القاطع.
- يجب أن تحقق هذه القواطع الحماية من التلامس مع أطراف التوصيل الخاصة بها.
- أن لا تتأثر القواطع بجهة التغذية من الأعلى أو من الأسفل.
- عدد الأقطاب: كما هو موضح على المخططات الكهربائية.
- يتم تغذية القواطع ضمن اللوحات عبر بارات شك (مسبق الصنع) خاصة لتغذية القواطع MCB.

4.1.9. المواصفات الفنية لقواطع حماية المحركات Motor Protective Circuit Breakers

- يجب أن تكون جميع القواطع من نوع MPCB والمُخصصة لحماية المحركات مصنوعة ومختبرة من الأنظمة الكهربائية العالمية: IEC/EN 60947.
- وتكون مزودة بمقبض دوار لفصل ووصل القاطع، مع إظهار واضح لوضعية القاطع.
- يجب أن تكون هذه القواطع حرارية مغناطيسية قابلة للعيار بالمجال الحراري وثابتة العيار بالمجال المغناطيسي (لكن بشرط أن يكون كافي لتحمل تيار إقلاع المحرك) وفقاً للمجالات التالية:

عيار الحماية الحرارية: Ir = (0.6 … 1.0) x In

التجاوب المغناطيسي: Im = 14 x In

- توتر العمل: 690 فولت.
- توتر العازلية: 690 فولت.
- التوتر النبضي: 6000 فولت.
- فئة زيادة-الجهد / درجة التلوث للقواطع يجب أن تكون من الدرجة الثالثة (III/3) وتستخدم للأغراض الصناعية.

- تحمل درجة الحرارة: -25...+55 درجة مئوية في حالة وسط مغلق.
- يجب أن تكون هذه القواطع من النوع المعوض حرارياً (Temperature Compensation) وذلك بحسب النظام (IEC/EN 60947) وذلك ضمن المجال (-5...+40 °C) وعند درجات الحرارة الأكبر من هذا المجال يجب أن تكون نسبة الخطأ للتعويض الحراري أقل من 0.25%.
- يجب أن تتحمل هذه القواطع حتى 7 مرات التيار الاسمي عند إقلاع المحركات لزمن 5 ثواني (trip class10).
- شدة القطع للقواطع يجب ألا تقل عن 50 kA.
- يجب أن تحقق هذه القواطع متطلبات التنسيق من النوع الثاني (Coordination Type 2) مع الكونتاكتورات ففي حالة حدوث حالة قصر فهي تضمن إمكانية تشغيل الكونتاكتور بشكل مباشر بعد إزالة العطل وبدون وجود أي خطر على الأشخاص أو على النظام الكهربائي.
- يجب أن تتمتع هذه القواطع بميزة الحساسية إنقطاع أحد الأطوار phase failure sensitivity وذلك بحسب توصيات النظام IEC 60947-4-1.
- يجب أن تحقق هذه القواطع الحماية من التلامس مع أطراف التوصيل الخاصة بها.
- أن لا تتأثر القواطع بجهة التغذية من الأعلى أو من الأسفل.
- عدد الأقطاب: ثلاثية الأقطاب.
- يتم تغذية كل مجموعة من هذه القواطع عبر بارات شك (مسبقة الصنع) خاصة لتغذية قواطع حماية المحركات.
- تُزود هذه القواطع بكافة الإكسسوارات اللازمة لتحقيق متطلبات العمل.

5.1.9. المواصفات الفنية للقواطع التفاضلية Residual Current Devices

- يجب أن تكون جميع القواطع من نوع RCD والمخصصة للحماية من تيارات التسريب الأرضية مصنوعة ومختبرة من الأنظمة الكهربائية العالمية: IEC/EN IEC/EN 61009.
- توتر العمل: 400/230 فولت.
- توتر العازلية: لايقل عن 400 فولت.
- التوتر النبضي: 4000 فولت.
- تيار الفصل التفاضلي: بحسب ما هو موضح على المخططات الكهربائية حيث تُستخدم القواطع التفاضلية بحساسية فصل 30 ميلي أمبير لحماية الأفراد وبحساسية 300 ميلي أمبير لحماية المنشأة من أخطار الحريق الناتجة عن أعطال العزل الكهربائية.
- درجة الحرارة: ضمن المجال من -5 وحتى +40 درجة مئوية.
- يجب أن تكون مرابط هذه القواطع بمستويين: مستوى علوي بشكل شعب لربط الأسلاك الكهربائية، ومستوى سفلي لربط بارات الشك مسبقة الصنع الخاصة لتغذية هذه القواطع.
- يجب أن تكون هذه القواطع مزودة بمؤشر باللون الأحمر و الأخضر للدلالة على وضعية تماسات القاطع.
- يجب أن تحقق هذه القواطع الحماية من التلامس مع أطراف التوصيل الخاصة بها.
- أن لا تتأثر القواطع بجهة التغذية من الأعلى أو من الأسفل.
- عدد الأقطاب: ثنائية أو رباعية الأقطاب كما هو موضح على المخططات الكهربائية.

- يجب أن تكون مزودة بكباسة اختبار للتأكد من فعالية عمل القاطع للحماية من تيارات التسريب.
- بالنسبة للدارات الأحادية بتيارات صغيرة أقل من 40 أمبير يمكن استخدام قواطع مدمجة تجمع بين وظيفة قواطع الحماية الحرارية المغناطيسية MCB والقواطع التفاضلية RCD (قواطع آلية وتفاضلية مدمجة Combined RCD/MCB).

2.9. الكونتاكتورات

- يجب أن تكون جميع الكونتاكتورات مصنوعة ومختبرة بحسب أحدث إصدارات الأنظمة الكهربائية العالمية IEC 60947.
- يجب أن يتم اختيارها بحسب التيارات المذكورة على المخططات ووفق فئة الاستخدام AC3 لأحمال المحركات التحريضية، AC1 لأحمال الإنارة، و AC4 لأحمال المحركات التحريضية ذات الكبح المتكرر.
- يجب أن تكون الضياعات الحرارية فيها منخفضة.
- يجب أن تتحمل الاهتزازات والصدمات الميكانيكية.
- توتر العمل: 400 – 690 فولت.
- توتر العازلية: 690 فولت.
- التوتر النبضي الذي يتحمله: 8000 فولت.
- فئة زيادة-الجهد / درجة التلوث للقواطع يجب أن تكون من الدرجة الثالثة (III/3) وتستخدم للأغراض الصناعية.
- العمر الكهربائي: لايقل عن 1200000 عملية.
- العمر الميكانيكي: لايقل عن 5000000 عملية.
- توتر عمل الوشيعة: 220 فولت ±10 %.
- سعة الوصل لاتقل عن عشر أضعاف التيار الاسمي للكونتاكتور.
- سعة الفصل لا تقل عن 8 أضعاف التيار الاسمي للكونتاكتور.
- يجب أن تكون خاضعة للاختبارات المناخية حسب IEC/EN 60068-2-30.

3.9. أجهزة القياس

1.3.9. المواصفات الفنية لمحلل الشبكة Power Analyzer

- تُستخدم في اللوحات الرئيسية وهي عبارة عن جهاز قياس ثلاثي الطور متعدد الوظائف، مصمم لقياس وإظهار البارامترات الكهربائية الأساسية والثانوية لشبكات التوتر المنخفض.
- يجب أن تكون من صناعة شركات عالمية مُختصة.
- يجب أن تكون متوافقة مع الأنظمة العالمية EN 61000-6.

- يجب أن تقيس البارامترات التالية: التوتر الخطي والطور، التيار، الاستطاعة الفعالة والردية والظاهرة، عامل الاستطاعة، التردد، معامل التشوه الكلي لموجة التيار THDi، معامل التشوه الكلي لموجة التوتر THDu، استهلاك الطاقة الفعالة الردية والظاهرية الكلية.
- أن تختزن القيم الأعظمية والدنيا لكل قيمة مقاسة.
- يجب أن تتمتع هذه الأجهزة بالقدرة على تخزين استهلاك الطاقة الكهربائية من الشبكة العمومية بشكل منفصل عن استهلاك الطاقة من مجموعات التوليد (عدادين لاستهلاك الطاقة) حيث يتم تمييز مصدر التغذية عن طريق مدخل رقمي مخصص لهذا الغرض ضمن الجهاز.
- يجب أن تكون مزودة بشاشة LCD ذات خلفية قابلة للإضاءة.

2.3.9. المواصفات الفنية للمقاييس الرقمية Multimeter Instruments

- تُستخدم في اللوحات الفرعية المشار إليها في المخططات الكهربائية المُرفقة، وهي عبارة عن جهاز قياس ثلاثي الطور متعدد الوظائف، مصمم لقياس وإظهار البارامترات الكهربائية الأساسية لشبكات التوتر المنخفض.
- يجب أن تكون من صناعة شركات عالمية مُختصة.
- يجب أن تقيس البارامترات التالية: التيار، التوتر الخطي والطوري، التردد.
- يجب أن تقوم بقياس القيم الفعالة الحقيقية True RMS values، وليست محسوبة من مطال القيمة.
- أن تختزن القيم الأعظمية والدنيا لكل قيمة مقاسة.

4.9. المرابط في اللوحات الفرعية (جنكسيونات التوصيل)

- إن استخدام هذه المرابط يُسهل عملية تركيب وتوصيل اللوحات الكهربائية ويُخفض بشكل كبير الوقت اللازم لذلك.
- يجب أن تكون من صناعة شركات عالمية مختصة، ومصنعة وفقاً لأحدث النظم العالمية.
- يجب أن تكون مصنوعة من البولي أميد (Polyamide) و أن تحافظ على خصائصها ضمن درجة حرارة محيطة تصل حتى 120 درجة مئوية، وأن تكون من النوع الذاتي الإخماد للحريق (Self Extinguishing UL 94-V0).
- يجب أن تتميز هذه المرابط بالوثوقية العالية وعدم الحاجة للصيانة وتحقق نقاط توصيل منخفضة المقاومة.

10. لوحات تحسين عامل الاستطاعة

تُستخدم هذه اللوحات للحد من استهلاك الاستطاعة الردية التحريضية من الشبكة العمومية للمحافظة على قيمة مُعينة لمعامل الاستطاعة الكلي للمنشأة بحيث لايقل عن 0.95، وذلك عن طريق مكثفات سعوية تستهلك استطاعة ردية سعوية لتُلغي المركبة التحريضية المُستهلكة من الشبكة العمومية لتصبح قريبة من الصفر.
وتتكون هذه اللوحات من مكثفات سعوية، وكونتاكتورات خاصة لوصل وفصل المكثفات، فواصم حماية للمكثفات، ومتحكم خاص لتنظيم عملية تحسين عامل الاستطاعة وذلك عن طريق التحكم بالكونتاكتورات الخاصة بالمكثفات، بالإضافة لجميع الإكسسورات اللازمة بحيث تكون اللوحة جاهزة للتركيب والاستثمار.

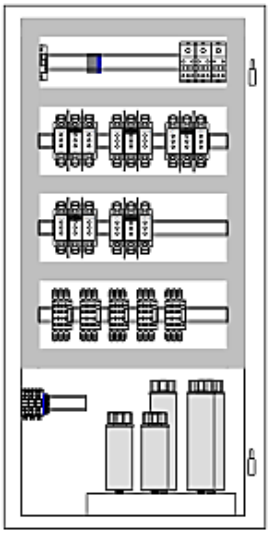
1.10. المواصفات التصميمة للهيكل المعدني

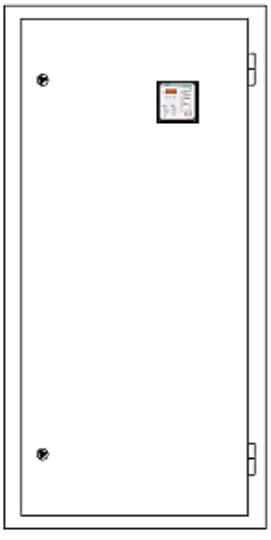
- يجب أن تكون اللوحة المعدنية من الصناعة المحلية المتميزة وذات الجودة العالية، ومُصنعة بحسب النماذج والنظم العالمية IEC 61439، IEC 60831-1/2.
- **بالنسبة للوحات باستطاعة 100 kVAR ومادون:** تكون اللوحات جدارية مُصنَّعة من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 1.5 ملم وملحومة مع بعضها بشكل متين بحيث تشكل هيكل اللوحة.
- **بالنسبة للوحات باستطاعة أكبر من 100 kVAR** تكون اللوحات أرضية وتزود بقاعدة معدنية بسماكة 2mm وارتفاع 10cm ليتم تثبيتها على قاعدة اسمنتية، و تُصنَّع اللوحة من ألواح الصاج الفولاذية بسماكة 2 ملم، وملحومة مع بعضها بشكل متين بحيث تشكل هيكل اللوحة، ويكون الغطاء الخلفي قطعة واحدة قابل للفك وذلك لتسهيل عمليات الصيانة مستقبلاً، وتزود اللوحة بأغطية جانبية على طرفي نهاية اللوحة بحيث يمكن فكها حسب الحاجة.
- تكون اللوحات بأبعاد قياسية وبما يتناسب مع استطاعة المكثفات والبارات الموضوعة ضمنها مع مراعاة شرط النشر الحراري الناتج عن التيارات ضمن اللوحة، ومراعاة إضافة مكثفات إضافية للوحة مستقبلاً، وتتوضع المكثفات وباقي العناصر ضمن اللوحة بطريقة فنية صحيحة وبحيث تتحقق التهوية المناسبة لها.
- تكون اللوحات مغلقة وكتيمة من جميع الجهات وتزود في أسفل اللوحات بأغطية يمكن فكها لدخول الكبلات.
- تُثبَّت الأبواب على الهيكل الخارجي عبر مفصلات خاصة، وتفتح الأبواب بزاوية أكثر من 120 درجة لتسهيل عملية الصيانة في داخل اللوحة وتزود على إطارات الأبواب جوانات مطاطية (كاوتشوكية) من أجل تحقيق كتامة عالية، ويُركب على الباب الخارجي للوحة ريليه التحكم بالاستطاعة الردية.
- يجب أن تزود كافة اللوحات بقفل أجنبي موحد من أفضل الأنواع المتوفرة.
- لون اللوحة عاجي وتدهن عن طريق بخ بودرة إلكتروستاتيكي.

2.10. توزيع التجهيزات داخل اللوحة

1- اللوحات باستطاعة 100 kVAR ومادون:

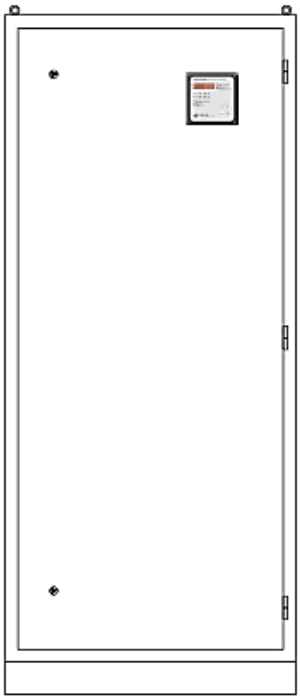
تكون هذه اللوحات من النوع الذي يركب على الجدار، يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 1.5 ملم بحيث تركب عليها حوامل الفيوزات والكونتاكتورات، وعلى أرضية اللوحة تُركب المكثفات على قاعدة معدنية بارتفاع مناسب، لتكون مطابقة للنموذج التالي:

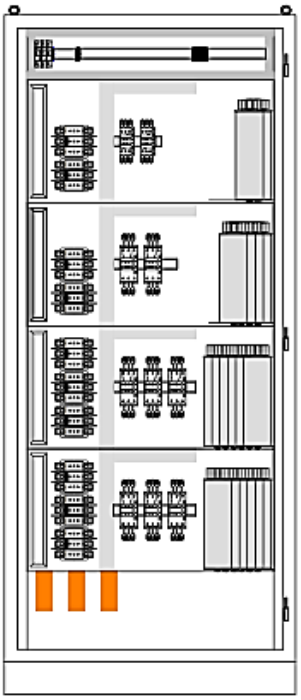




2- اللوحات باستطاعة اكبرمن 100 kVAR:

تكون هذه اللوحات من النوع الذي يركب على الأرض وتكون مزودة بقاعدة معدنية بارتفاع 10سم من أجل تثبيتها على القاعدة الاسمنتية ثم توضع وتثبت اللوحة على هذه القاعدة المعدنية، يركب داخل اللوحة هيكل معدني متحرك مصنوع من الصاج المزيبق بسماكة 2 ملم بحيث تركب عليها حوامل الفيوزات والكونتاكتورات وحاملات البارات، وعلى طول اللوحة تركب المكثفات على صفائح معدنية أفقية، لتكون اللوحة مطابقة للنموذج التالي:





3.10. المواصفات الكهربائية للّوحات

- تجميع اللوحات يتم وفق النظام الكهربائي IEC 60831-1/2, IEC 439-1/2.
- توتر العمل (380 – 400) فولت.
- التردد 50 هرتز.
- في حال استخدام البارات النحاسية للتوزيع ضمن اللوحة فإنها يجب أن تكون من النوع المطلي بمادة القصدير Tin Plated Copper Busbars من إنتاج شركات عالمية مُختصة.
- يجب أن تتحمل اللوحات شدة قطع عالية.
- تركب التجهيزات الكهربائية في اللوحات بشكل فني ومدروس.
- تُحمَى جميع دارات التحكم ضمن اللوحات بفيوزات /1/ أمبير.
- عدد المرحل (6 أو 10 أو 12) مرحلة ويتم الاختيار بحسب المطلوب بالمخططات.

4.10. التمديدات ضمن اللوحات

- يجب أن تكون تمديدات الكبلات وأسلاك التحكم ضمن اللوحة بطريقة فنية صحيحة حيث تُجمع الأسلاك ضمن مجاري بلاستيكية أجنبية الصنع.
- وتكون جميع الأسلاك ضمن اللوحات باللون الأسود ما عدا أسلاك التحكم باللون الأحمر وأسلاك الحيادي باللون الأزرق.
- تكون جميع الأسلاك في نهايتها مرقمة بحيث يسهل عملية الصيانة في المستقبل.
- مقاطع الكبلات المرنة الشعرية المستخدمة لتغذية المكثفات ضمن اللوحات تبعاً:

استطاعة المرحلة kVAR	مقطع الكبلات النحاسية المرنة mm^2
2.5 kVAR	2.5 mm^2
5 kVAR	2.5 mm^2
7.5 kVAR	2.5 mm^2
10 kVAR	3 mm^2
12.5 kVAR	4 mm^2
15 kVAR	6 mm^2
20 kVAR	10 mm^2
25 kVAR	16 mm^2
30 kVAR	16 mm^2
40 kVAR	25 mm^2
50 kVAR	35 mm^2

- في اللوحات باستطاعة أكبر من 100 kVAR يكون التوزيع ضمن اللوحة، عن طريق بارات نحاسية مطلية بالقصدير Tin Plated Copper Busbars من أجود الأنواع العالمية، تركب على حاملات خاصة عالية الجودة تؤمن عازلية كهربائية عالية للقضبان النحاسية، وتتحمل بشكل جيد الإجهادات الحرارية والميكانيكية الناتجة عن تيارات القصر كما تتحمل التغييرات الناتجة عن التشغيل، ويتم تفريع البارات المرنة والأسلاك من البار لتغذية القواطع عبر كليبسات خاصة دون تثقيب البارات.

11. مكونات لوحات تحسين عامل الاستطاعة

1.11. المواصفات الفنية لمكثفات تحسين عامل الاستطاعة PFC Capacitors

- يجب أن تكون هذه المكثفات من إنتاج شركات أوروبية مختصة بتصميم أنظمة تحسين عامل الاستطاعة، وهي مكثفات ثلاثية الأطوار موصلة داخلياً بشكل مثلثي.
- أن تكون مُصنَّعة ومُختبرة بحسب النظم العالمية IEC-60831.
- يجب أن تكون المكثفات من النوع الجاف (dry type).
- يجب أن يكون الغلاف الخارجي عبارة عن أسطوانة مصنوعة من الألمنيوم.

- يجب أن مزودة بعازل يتمتع بتقنية المعالجة الذاتية، وهو عبارة عن شرائح ناشفة من البولي بروبيلين المُمَعدن ومعبأة بحشوة معتدلة مانعة للهب وفي حال حدوث انهيار موضعي للعازلية يتبخر جزء صغير من الوجه الممعدن لشريحة البولي بروبيلين وبمساحة صغيرة لاتزيد عن منطقة الانهيار، فتستمر المكثفة بعملها دون أثر كبير على استطاعتها.
- يجب أن تكون المكثفات مزودة بصمام لارتفاع الضغط لفصلها عن التغذية من المنبع الكهربائي في حال حدوث انهيار كبير للعازلية داخلها.
- يجب أن تحوي المكثفات مقاومات تفريغ تحقق تفريغ المكثف لقيمة 50V خلال دقيقة واحدة.
- درجة الحماية لا تقل عن IP20.
- يجب أن يتحمل المكثف تيار حتى 1.5 مرة من التيار الاسمي على الأقل (Max. Overcurrent: 1.5 x In) لكي تكون مناسبة للاستخدام في الشبكات التي تحوي نسب عالية من التوافقيات.
- تيار الاندفاع لا يزيد عن 200 مرة من التيار الاسمي للمكثف(Max. Inrush Current 200 x In).
- التوتر الاسمي Rated Voltage لا يقل عن 440 V لكي تكون مناسبة للاستخدام في الشبكات التي تحوي نسب عالية من التوافقيات ولتكون مقاومة لموجات التوتر الزائد العابرة، ويتم احتساب الاستطاعة الردية لكل مكثف بحسب توتر العمل وهو 380 V.
- درجة الحرارة المحيطة: -25 Co to +55 Co
- السماحية العظمى المسموح بها لسعة المكثف في حدود ±5%.
- يجب أن لا تتجاوز مفاقيد الاستطاعة للمكثف 0.5 W/kVAR مقاسة عند أطراف التوصيل ومتضمنة مقاومة التفريغ.
- عمر المكثف لا يقل عن 100 ألف ساعة عمل، وعدد مرات التشغيل السنوية لا يقل عن 20 ألف عملية.

2.11. المواصفات الفنية لريليه التحكم بمعامل الاستطاعة PFC Controller

- يجب أن تكون هذه الريليه من إنتاج شركات أوروبية مختصة في صناعة أنظمة تحسين عامل الاستطاعة ويُفضل أن يكون مصنع هذه الريليه نفس مصنع مكثفات تحسين عامل الاستطاعة.
- يجب أن تحوي ريليه التحكم معالج صغري Microprocessor مزود ببرنامج متطور للتحكم بعمل المكثفات، بحيث يحوي 6 أو 12 مخرج تحكم، حسب الطلب، تقوم أوتوماتيكياً بوصل وفصل مراحل المكثفات للوصول إلى قيمة معامل الاستطاعة المطلوب.
- يجب أن تحوي ريليه التحكم شاشة رقمية تقوم بإظهار: معامل الاستطاعة، معامل تشوه التوافقيات الكلي للتوتر، التوتر والتيار.
- يجب أن تحوي ريليه التحكم وظيفة مراقبة المُركِّبة الفعالة للتيار والتي تقدم حماية جيدة للمكثفات، بدون استخدام فلتر التوافقيات، وخاصة عندما يسبب الرنين زيادة في مستويات التوافقيات، حيث أنه في حال ارتفاع المركبة الفعالة لتيار المكثفات يجب أن تقوم هذه الريليه بفصل جميع المراحل وإعطاء إشارة إنذار للدلالة على وجود عطل.
- يجب أن تقوم ريليه التحكم بتشغيل مراحل المكثفات المتساوية بشكل دوري ودقيق بحيث يتم توزيع العمل على جميع المراحل المتساوية مما يؤدي لزيادة عمر تجهيزات اللوحة.

- يجب أن تعتمد الريليه على منحنيات تحكم خاصة بحيث تمنع زيادة الإفراط في تعويض الاستطاعة الردية في حال أحمال الإنارة.
- يجب أن تحوي ريليه التحكم ميزة إعداد زمن وصل وفصل المكثف بما يناسب زمن تفريغ مراحل المكثفات.
- ريليه التحكم المقدمة يجب أن تكون قابلة للتشغيل اليدوي والأوتوماتيكي، وتحوي إمكانية التشغيل أو الإطفاء الدائم لأي مرحلة من مراحل المكثفات.
- يجب أن تقوم ريليه التحكم بعد وحفظ وإظهار عدد عمليات الوصل والفصل لكل مرحلة، بحيث تعطي إشارة إنذار في حال تجاوز العداد لقيمة عدد عمليات الوصل والفصل المعير عليها.

3.11. المواصفات الفنية لكونتاكتورات تشغيل المكثفات PFC Contactors

- يجب أن تكون من صناعة شركات العالمية مشهورة ومُختصة، ومحققة للمواصفات وشروط الأنظمة العالمية: IEC 60947، ويجب أن تكون من النوع المُخصص لتشغيل المكثفات.
- ثلاثية الأقطاب.
- يجب أن يحوي كونتاكتور المكثفات تماسات مساعدة مسبقة الوصل مع مقاومات تفريغ على شكل سلك ملفوف على التفرع مع التماسات الرئيسية لإنقاص قيمة التيارات العابرة. وبالتالي فإن تماسات الكونتاكتور الرئيسية ستُغلَق بعد فترة زمنية قصيرة ليمر عبرها التيار الأساسي.
- يجب أن تتحمل هذه الكونتاكتورات تيارات اندفاعية (Inrush Current) تصل قيمتها حتى 180 مرة من التيار الاسمي دون أن تتسبب بإنصهار تماساتها (Weld-Resistant Contactors).
- يجب أن تعمل هذه الكونتاكتورات بنظام يقلل استهلاك الطاقة فيها. فعند بدء الكونتاكتور بالعمل تعمل الوشيعة بكامل طاقتها لإغلاق تماساتها، وبعد الإغلاق تعمل الوشيعة بحوالي عُشْر طاقتها للمحافظة عليها مغلقة. وهذا يقلل ضياعات الوشيعة واستهلاك الطاقة لهذه الكونتاكتورات.
- توتر العمل 400 فولت وتردد 50 هرتز.
- يجب ألا يقل عمر الكونتاكتور عن 150000 عملية.
- يجب ألا يقل تواتر عمل الكونتاكتورات عن 120 عملية/ساعة.
- توتر التشغيل (الوشيعة) 220 فولت و يمكن أن تعمل ضمن المجال 1.1 x Uc … 0.8 .
- يجب أن تكون أطراف توصيل الكونتاكتورات محمية Finger and Back of Hand Proof.

4.11. المواصفات الفنية لقواعد المنصهرات Fuse Holders

- من صناعة أوروبية ومحققة للمواصفات وشروط الأنظمة العالمية: IEC/EN 60269.
- من النوع الذي يركب مباشرة على البار النحاسي أو يتغذى عن طريق كابلات من البار النحاسي، وذلك حسب قياس البارات.
- التوتر الاسمي 690 فولت.
- التيار الاسمي 160 أمبير.

- ثلاثية الأقطاب.
- المنصهرات مصنعة من البورسلين من الأنواع المغلقة.
- تتحمل تيار قصر 50 kA.