ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام متحكمات الـDDC
حالة تطبيقية: فندق ومجمع تجاري

م. بسام شيخة[1]

الملخص

لم يعد خافياً على أحد التوجه العالمي السائد اليوم نحو ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وضبطها في المباني والمنشآت باستخدام عمليات التحكم والأتمتة وتحصيل البيانات او ما يعرف بأنظمة إدارة الطاقة في المباني Building management system والتي تعرف اختصاراً بـ (BMS) وبالذات فيما يتعلق بمنظومة التهوية والتكييف Heating and ventilation air conditioning والتي تعرف اختصاراً بـ(HVAC) في المشاريع الضخمة ذات الاستجرار العالي من خلال تطوير مجموعة من الأنظمة الذكية والمتحكمات القابلة للبرمجة.

يتعرض هذا البحث لجدوى وأهمية استخدام متحكمات التحكم الرقمي المباشر Direct Digital Control التي تعرف اختصاراً بـDDC ، والتي تعتبر الأهم في عملية إدارة الأحمال عموماً وأحمال الـ HVAC خصوصاً في المنشآت الضخمة وسيتم في هذا البحث دراسة حالة لمنشأة ضخمة مكونة من فندق ومجمع تجاري بمساحة طابقية إجمالية تقريبية 8200 م2 سيتم شرح آلية برمجة هذا المتحكم ونبين بالنتائج مدى الاستفادة والوفر الذي حققه نظام الـBMS باستخدام الـDDC في المنشأة المدروسة

الكلمات المفتاحية: DDC، HVAC، BMS، Controller

[1] قائم بالأعمال – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة دمشق.

Implementation of D.D.C controller for Rationalize the D.D.C consumption of electrical energy Case study (Hotel & Mall)

Abstract

It is no longer a secret to anyone, the global trend prevailing towards both reducing the electrical power consumption's excess and controlling that consumption especially in buildings and facilities. All of the automation, control, and data acquisition playing the main role of that trends and that what is known as buildings management systems in (BMS).

Particularly with regard to HVAC's loads in huge projects with higher HVAC's systems consumption researchers worldwide are focusing on developing a set of intelligent systems and programmable controller that enhance the consumption reduction concept.

This article study evaluate the using of DDC in a case study of a massive installations consisting of a hotel and a shopping Mall with a total floor area of approximate 8200 m^2, where HVAC represents the biggest value of all loads. A Building Management process was applied to the HVAC's Loads especially and the rest of loads generally including explaining the DDC programming stages and mechanism, shows the results of this system and identify the savings achieved by the BMS system the using the DDC in the studied building.

Key words: DDC ،HVAC ،BMS ،Controller

المقدمة:

يعتبر نظام إدارة المباني BMS (Building Management System) نظام مراقبة وتحكم وتشغيل وإدارة كافة فعاليات المبنى أو المنشأة بشكل مركزي. ويشمل التحكم ومراقبة كافة الأحمال الإلكتروميكانيكية كالتهوية، والتكييف والإنارة، والمصاعد والربط مع أنظمة التيار الضعيف مثل كاميرات المراقبة والصوتيات ونظام الإنذار عن السرقة وعن الحريق ونظام التحكم بالدخول باستخدام نظام واحد متكامل. [1]

2- مكونات نظام إدارة المباني

يتكون نظام إدارة المباني من وحدة تغذية كهربائية Power Supply 24 VDC ووحدة معالجة مركزية CPU وذاكرة memory وبرنامج ووحدات اتصال RTU remote terminal unit مع جميع أنظمة المبنى الكهربائية وشاشات مراقبة وتحكم SCADA أو HMI ووحدات دخل رقمية، وتماثلية، ووحدات خرج رقمية، ووحدات خرج تماثلية. [2]

يمكن أن تتوضع هذه الوحدات (دخل – خرج) بالقرب من الـ CPU أو بالقرب من عناصر الأنظمة الكهربائية المراد التحكم بها لتحصيل الإشارات، وحدة Remote I/O وهي عبارة عن وحدة تتصل بوحدة الاتصال المرتبطة بالـ CPU عن طريق كبل خاص وضمن بروتوكول محدد من قبل الشركة المصنعة BUS System. وتقوم هذه الوحدات باستقبال إشارة الدخل الواردة إليها وإرسالها عبر الكبل الخاص بها إلى وحدة الاتصال الخاصة بنظام الـDDC الذي بدوره ينقلها إلى وحدة المعالجة المركزية CPU التي تقوم بواسطة برنامج خاص بالشركة المصنعة بمعالجة إشارات الدخل ومن ثم إعطاء أوامر الخرج ضمن خوارزمية تتناسب مع متطلبات التحكم والمراقبة للمبنى. [1]

3- هدف البحث:

يشكل تحقيق وفر ملموس في استهلاك الطاقة الكهربائية في المباني هدفاً أساسيا لكل مصممي ومطوري أنظمة إدارة المباني والمتحكمات المرتبطة بها، كما تشكل آلية التعاطي مع هذه المتحكمات مشكلة بحثية هامة للباحثين والمطورين والمقيمين لنظم إدارة المباني، يهدف البحث الدراسة جدوى استخدام متحكمات الـ DDC في نظم إدارة المباني عموماً وفي إدارة منظومات الـ HVAC خاصة نظراً لما تشكله أحمال التهوية والتكييف من عبءٍ على المنظومة الكهربائية لأي منشأة من جهة ولارتفاع سعر متحكمات الـDDC من جهة أخرى.

4- مفهوم إدارة الطاقة في المباني Building Energy Management Systems

مع التقدم العلمي والتكنولوجي في عصرنا تضاعف عدد التجهيزات لتي تحتاج إلى الطاقة الكهربائية في المباني، ومن تلك التجهيزات أنظمة الـHAVC وأنظمة الإنارة والكثير غيرها، وبقياس استهلاك المباني من الطاقة الكهربائية وجد أن نسبة استهلاكها من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية في المبنى تتوزع كما يلي: [3]

- الإنارة 30%
- التجهيزات المكتبية 10%

لذلك أصبح من الضروري الاتجاه نحو مصادر الطاقة المتجددة لتسخين المياه. واستخدام نظم التحكم والأتمتة الحديثة وإيجاد الحل الأنسب لتوفير الطاقة باستخدام نظم إدارة المباني. التي يمكن أن توفر من استهلاك الطاقة الكهربائية عبر التشغيل الأمثل لهذه التجهيزات أو ما يعرف بعمليات التحكم الاقتصادية بالأنظمة الموجودة في كامل انحاء المنشأة او البناء للحصول على استثمار أمثل للطاقة من خلال تنسيق عمل هذه الأنظمة (تدفئة – تبريد – تهوية – إنارة ...) ومن أهم عمليات التحكم الاقتصادية:

أ- تحديد استهلاك الطاقة في أوقات الذروة: تستطيع نظم التحكم الحديثة المستخدمة في أنظمة إدارة المباني BMS أن تقلل الهدر في الطاقة في أوقات الذروة من خلال إطفاء التجهيزات ذات غير أهمية في تلك الأوقات، حيث تدعى هذه الطريقة بتحديد الطلب ويمكن لهذه الاستراتيجية أن توفر بنسبة 20% من الطاقة المصروفة.

ب- إعادة الضبط خلال فترات عدم التشغيل: يمكن تخفيض تكاليف التشغيل في المباني التي لا تكون مشغولة بالبشر بشكل دائم عن طريق ضبط النظام خلال فترات عدم المشغولية، يمكن لهذه الطريقة أن تخفض استهلاك الكهرباء بمقدار 12% من اجل المباني ذات الحمولة الكبيرة و34% من اجل المباني ذات الحمولة المتوسطة

يتم استخدام هذا النظام في الأماكن التي نحتاج فيها لتحقيق الوفر الاقتصادي وتوفير الطاقة واستثمارها بالشكل الأمثل وتحقيق راحة المستثمرين ضمن درجة عالية من الأمان وذلك في المباني الضخمة غالبا مثل الفنادق – المصارف – الشركات – المشافي – المولات التجارية – المؤسسات التعليمية – الفعاليات الترفيهية، حيث أن تطبيق نظام إدارة المباني BMS يخفض من تكاليف إنشاء نظام التحكم مقارنة مع التحكم التقليدي [4].

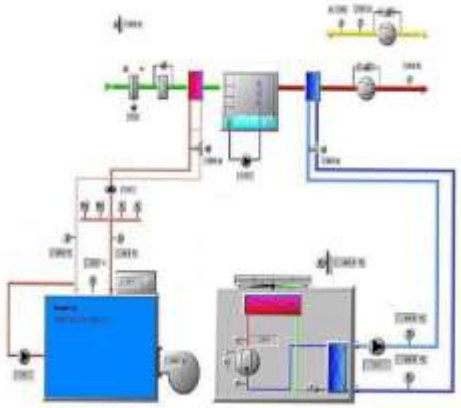
ويبين الشكل (1) الأنظمة المرتبطة بنظام إدارة المباني الـ BMS

الشكل (1) الأنظمة المرتبطة بنظام إدارة المباني[4]

5- نظام التحكم بالتدفئة والتبريد والتهوية HVAC

تتطور المعطيات عبر التاريخ تبعا للضرورة والحاجة ولا شك بأن نظم التدفئة والتبريد والتهوية أو ما يرمز له اختصاراً بالـHVAC هي من أهم المنظومات المستخدمة في الأبنية الكبيرة وذلك لضرورة الحصول على درجة الحرارة المناسبة لجسم الإنسان في الصيف والشتاء ومن هنا جاءت أهمية تطوير عمليات التحكم بهذه النظم بالشكل الذي يلبي احتياج الأشخاص للهواء الساخن أو البارد والخالي من الملوثات مع إمكانية التحكم به وتكييفه حسب الحاجة بشكل مرن وكذلك تحقيق الوفر الاقتصادي ما أمكن وهذا الذي تقوم به نظم الـDDC.[5]

يبين الشكل (2) مخططاً يوضح بشكل تفصيلي عناصر ومكونات نظام الـ HVAC



الشكل (2) مخطط توضيحي لنظام HVAC [5]

تستهلك نظم التدفئة والتبريد الجزء الأكبر من الطاقة سواء الكهربائية أو النفطية الأمر الذي استدعى تطوير قيادتها من خلال منظومـاتBMS حيث يصل الوفر الاقتصادي في هذه النظم إلى ما يزيد عن 50 % والجدير بالذكر أن نظام التدفئة والتكييف المركزي هو نظام اقتصادي يعتمد على الوفر في الوقود والكهرباء إلا أن الجانب التكنولوجي الحديث في هذه المنظومات يتمثل في

قيادتها لتحقيق وفر اقتصادي أكبر وجودة أعلى في نوعية الهواء.

لهذا لابد من مراعاة المفاهيم الأساسية التي يتعامل معها نظام الـ HVAC وهي:

5-1 التدفئة: ويقصد بها رفع درجة حرارة المكان إلى الحد الذي يؤدي إلى شعور القاطنين بالراحة. وللتعاطي مع هذا المحدد يقوم اختصاصيو الميكانيك بإجراء دراسة على المبنى لحساب عدد من البارامترات ومنها: حساب الحمل الحراري للبناء، اختيار المشعات وتوزيعها بالشكل المناسب، حساب أقطار الأنابيب، حساب انخفاض الضغط في الأنابيب، حساب استطاعة المرجل اللازم، حساب استطاعة الحراق وكذلك حجم خزان الوقود وغير ذلك من الحسابات الميكانيكية الخاصة بالتدفئة تبعاً لحجم ومساحة المبنى المراد تدفئته ونوع المادة المبنية منها الجدران ونوع مادة الأبواب المستخدمة وكذلك زجاج النوافذ مع الأخذ بالاعتبار تسريب الهواء [6]

ويبين الجدول (1) الإشارات التي بمكن التعاطي معها أثناء أتمته عمل المرجل المسؤول عن عملية التدفئة ضمن منظومة الـHVAC

الجدول (1) محددات التحكم بالمرجل

1	أشاره عطل مضخة التدوير الماء	11	درجة حرارة الماء الراجع .
2	إشارة عطل زيادة التيار لمضخة التدوير	12	إشارة زيادة الضغط عن الحد المسموح
3	إشارة عمل مضخة التدوير.	13	إشارة نقصان الضغط عن الحد المسموح
4	أمر تشغيل مضخة تدوير المرجل	14	إشارة نقصان الحرارة عن الحد المسموح .
5	إشارة تشغيل المرجل مرحلة أو مرحلتين.	15	إشارة زيادة الحرارة عن الحد المسموح .
6	إشارة عمل المرجل.	16	إشارة عطل مضخة الماء الساخن.
7	إشارة عطل المرجل.	17	إشارة عطل زيادة التيار لمضخة الماء الساخن .
8	أمر تشغيل المرجل .	18	إشارة عمل مضخة الماء الساخن.
9	درجة حرارة الماء الذاهب .	19	أمر تشغيل مضخة الماء الساخن
10	درجة حرارة المرجل		

يدرس الجانب الكهربائي التغذية الكهربائية اللازمة لعمل المضخات ومراوح الطرد اعتماداً على استطاعة التدفئة المطلوبة والتي يتم حسابها في الجزء الميكانيكي من الدراسة وكذلك قيادة هذا النظام من حيث تشغيله وإطفائه وتسجيل الأعطال وأرشفتها DAQ data acquisition من برامج مراقبة وتحكم SCADA وذلك من قبل مشغلاً ومراقب النظام ويمكن تحديد إشارات التحكم في هذا النظام بما يلي:

- مداخل الإشارات الرقمية Digital inputs: وتتضمن كلا من إشارة عمل المرجل، إشارة عطل عام المرجل، إشارة زيادة الحرارة عن الحد المسموح، إشارة نقص الحرارة عن الحد المسموح، إشارة زيادة الضغط عن الحد المسموح، إشارة نقص ضغط عن الحد المسموح، إشارة التشغيل عن بعد، إشارة التشغيل المحلي.
- الأوامر الرقمية digital outputs: وتشمل عملية تشغيل وإطفاء المرجل
- المحددات التماثلية: وتتضمن كلاً مما يلي: درجة حرارة الماء المتدفق، درجة حرارة الماء الراجع، درجة حرارة المرجل

5-2 التبريد: هو عملية خفض درجة الحرارة عبر نقل الحرارة من الجسم المراد تبريده إلى وسيط التبريد وأهم وسائط التبريد الفريونات (R11, R12) والنشادر، يستخدم المبرد CHILLER كوسيلة للتبريد في المباني كونه اقتصادياً جداً بالمقارنة مع وسائل التبريد الأخرى وتتألف وحدة التبريد من عدد من الأجزاء الميكانيكية منها: الضاغط لتبريد الماء، مضخات لضخ الماء البارد من المبنى وسحب الماء الراجع، مواسير نقل المياه، مبادل حراري. ويبين الجدول (2) الإشارات اللازمة لأتمته عمل المبرد المسؤول عن عملية التبريد ضمن منظومة الـ HVAC

الجدول (2) محددات التحكم بالمبرد

1	إشارة زيادة ضغط الغاز.	7	إشارة عطل مضخة الماء البارد.
2	إشارة نقصان ضغط الغاز.	8	إشارة الضغط لمضخة الماء البارد.
3	إشارة عطل عام للشيلر.	9	أمر تشغيل مضخة الماء البارد.
4	إشارة عمل المبرد.	10	درجة حرارة الماء البارد الذاهب.
5	أمر تشغيل المبرد.	11	درجة حرارة الماء البارد الراجع.
6	إشارة عمل مضخة الماء البارد.	12	درجة حرارة الخارجية.

يتم إجراء الدراسة الميكانيكية الخاصة بالمبردات من قبل مختصي الميكانيك وتتضمن هذه الدراسة حساب مجموعة من البارامترات مثل: كمية الهواء اللازم للتبريد، حساب استطاعة وشائع التبريد، حساب معامل التحويل للوشيعة، حساب تدفق هواء التغذية الكلي، حساب كمية الهواء الجديد، بناءً على حجم ومساحة المبنى وعدد الأشخاص المحتمل تواجدهم ضمن المبنى المراد تكييفه ويمكن تحديد إشارات التحكم في هذا النظام بما يلي:

- المداخل الرقمية digital inputs: وتتضمن كلاً من إشارة عمل المبرد، إشارة العطل العام المبرد، إشارة التشغيل عن بعد، إشارة التشغيل المحلي
- المداخل التماثلية analog inputs: وتشمل كلاً من درجة حرارة الماء المتدفق، درجة حرارة الماء الراجع
- المداخل الرقمية digital outputs وتشمل تشغيل وإطفاء المفرغ.

3-5 التهوية: وهو معالجة هواء المباني لجعله أكثر ملائمة لراحة جسم الإنسان وصحته، يجب أن يؤمن نظام التكييف شروط صحية ملائمة لعمل الإنسان ويحقق له الراحة قدر الإمكان من خلال محددات أساسية أهمها: درجة حرارة الهواء المحيط، ودرجة الحرارة الوسطية للسطوح المحيطة، حركة ورطوبة الهواء، درجة نظافة الهواء، الضجيج.

إذا تم التحكم بجميع العوامل السابقة بنفس الوقت دعي التكييف بالتكييف الكلي وإذا تم التحكم ببعض العوامل (درجة حرارة الهواء ورطوبته) دعي التكييف بالتكييف الجزئي وهذه الحالة هي الأكثر مصادفة في الحياة العملية.

ويكون الهواء مزيجاً من الهواء الجاف وبخار الماء ويعبر عن محتوى بخار الماء (الرطوبة) بما يسمى الرطوبة النوعية وتعرف بأنها نسبة كتلة بخار الماء إلى كتلة الهواء في المزيج.

6- متحكمات الـ Direct Digital Control (DDC)

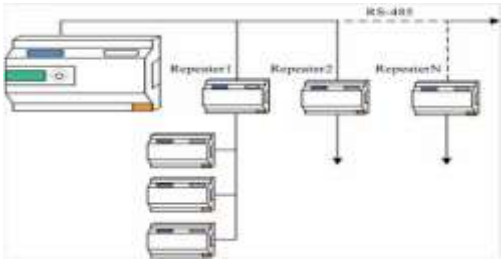
اعتمدت أنظمة التحكم قديماً على الطريقة الكلاسيكية أو التقليدية حيث تستخدم عناصر كهربائية مثل الريليات، والكونتاكتورات، والمؤقتات الميكانيكية وغيرها، وبعد ظهور المعالجات الصغرية تم تطوير نظم التحكم القابلة للبرمجة والتي حلت محل نظم التحكم الكلاسيكي لما له من الكثير من المشاكل والسيئات.

تتكون متحكمات DDC من وحدة معالجة مركزية CPU ووحدات دخل وخرج بمختلف أنواعها (رقمية – تماثلية) حيث تعمل وحدات الدخل على تحصيل الإشارات وإرسالها إلى CPU والتي تعطي بدورها الأوامر إلى وحدات الخرج ضمن برنامج خاص بالشركة المصنعة لمتحكمات DDC يلبي خوارزمية تتناسب مع متطلبات التحكم في المباني.

يتميز DDC عن غيره من المتحكمات بعدد وحدات الدخل والخرج I/O بأنواعها التي يمكن أن تتصل معه والتي تصل إلى 400 وحدة دخل \ خرج عند استخدامها كمداخل ومخارج بعيدة Remote I/O ويعود ذلك إلى نظام الاتصال المستخدم بين DDC و I/O Remote فمثلا استخدام المعيار RS-485 وفق بروتوكول Lon Works يمكن ربط 64 I/O أو 128 I/O بوجود مكررات

Repeater، كما انه يمكن تحقيق تخاطب بين DDC و Remote I/O من خلال بروتوكول Mod bus وغيرها من البروتوكولات.

ويمكن أن تصل مسافة الاتصال بين DDC و Remote I/O إلى 11 Km وذلك تبعا لنظام الاتصال المستخدم، ويمكن أيضا تركيب وحدات الدخل والخرج إلى جانب DDC لتعمل Expansion لكن بعدد محدود تبعا لنوع DDC.



الشكل (3) ربط الـDDC مع التوسعات

يبين الشكل (3) إمكانية ربط DDC مع وحدات الخل والخرج Remote I/O من خلال كبل اتصال RS-485مع مكررات الإشارة Repeater من اجل تضخيم الإشارة عند المسافات الكبيرة.

أما من الناحية البرمجية تمتلك متحكمات DDC ميزات عديدة تجعله تتفوق عن غيرها في استخدامه للتحكم بالمباني وهي: تحقيق تخاطب بين مختلف الأنظمة الموجودة في المبنى والتفاعل معها وفق بروتوكول BACnet، إمكانية مراقبة وتغيير برنامج خوارزمية التحكم عن بعد من خلال برنامج خاص يحوي البرنامج الخاص بمتحكم DDC، إضافة إلى كثير من التوابع الجاهزة Function Block الخاصة بالتحكم بتجهيزات HVAC وغيرها من تجهيزات موجودة في المباني حيث تمكن هذه الميزة المبرمج من برمجة DDC بسهولة دون أن يكون ذو خبرة عالية بلغات البرمجة الصناعية يمكن ضبط عمل التجهيزات للعمل في أزمنة وتواريخ محددة وفق جداول زمنية، كما يحوي على توابع خاصة بأنظمة الاتصال للتمكن من عملية الاتصال مع وحدات الدخل والخرج والأنظمة الأخرى.

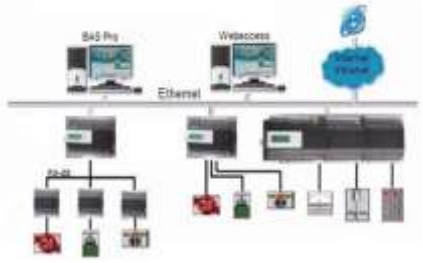
يعتمد DDC على تكنولوجيا التحكم المنطقي المبرمج PLC والمستخدمة بكثرة في مجال التحكم في المباني لما يملك من ميزات تجعله يتميز عن غيره من المتحكمات.

دخلت متحكمات DDC مجال التحكم منذ عام 1980 وقد اعتمدت بشكل رئيسي لتستخدم في التحكم في بعض الأنظمة الموجودة في المباني مثل نظام التدفئة والتبريد والتهوية HVAC، نظام الإنارة، كما استخدمت سابقا في التحكم بأنظمة أخرى مثل أنظمة الإنذار (الحريق – السرقة) وغيرها من الأنظمة التي أصبحت اليوم تعتمد على المتحكمات المعنونة مثل EIB/KNX.

تمتاز كل شركة مصنعة لنظام الـ DDC System بأنها تقدم منتجاً خاصاً بها ضمن بروتوكول مغلق وبالتالي لا يمكن مثلاً ربط وحدات دخل من شركة ما مع وحدات دخل من شركة مصنعة أخرى إلا إذا كانت كلا الشركتين تدعمان نفس البروتوكول.

تغطي كل CPU ضمن نظام الـ DDC System متطلبات عدد معين من النقاط (400 – 1000) نقطة. ويمكن زيادة عدد وحدات الـ CPU لتغطي كافة نقاط المبنى، ويمكن لنظام الـ DDC System أن يتصل بجميع الأنظمة الكهربائية عن طريق وحدات خاصة به Communication Unit نذكر منها – Ethernet TCP/IP – BACnet – CAN – Profibus DP – RS-232 – RS-485 – EIB – KNX وغيرها ويشكل نظام الـ DDC System بما يحتويه من وحدات الدخل والخرج والاتصال ووحدة المعالجة المركزية منظومة متكاملة للتحكم والمراقبة and monitoring system integrated control لجميع عناصر هذه الأنظمة الكهربائية في المبنى مما يؤدي

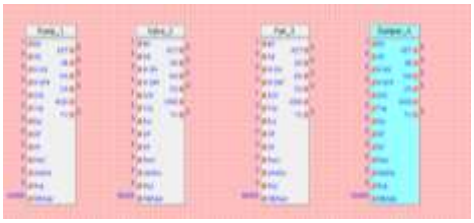
إلى ربط هذه الأنظمة فيما بينها لجعلها منظومة مترابطة ومؤتمتة automated system بشكل يحقق السيطرة والمراقبة لجميع عناصر هذه الأنظمة محققين بذلك أعلى مردود استثماري وفني ومالي لهذه الأنظمة وقد أدى التطور الواسع والسري في مجال عالم لشرائح الإلكترونية (IC integrated circuit) المبرمجة والاتصالات والالكترونيات الصناعية industrial electronics إلى التحول من مجال التحكم الكهربائي التقليدي classic control إلى مجال التحكم المبرمج المبني على نظام تكنولوجيا الـPLC programmable logic controller مضافا إليها وظائف خاصة بالأبنية السكنية والتجارية .



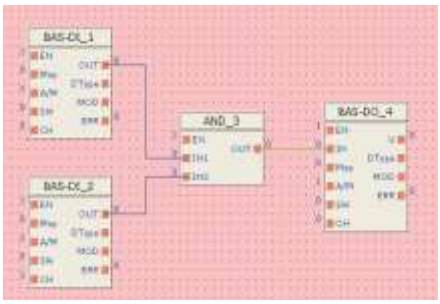
الشكل (4) ربط تجهيزات النظام مع الـDDC

يبين الشكل (4) التوابع الخاصة ببرمجة تجهيزات الـ HVAC في بيئة برمجة الـDDC وهو ما يجعل هذا المتحكم الأفضل من حيث التعاطي مع أحمال التهوية والتكييف برمجياً باعتبار أن مكونات المنظومة بشكلها الأساسي مبرمجة ضمناً ويكفي تحديد وتسمية المداخل والمخارج وربط السيناريو البرمجي للخرج تبعاً لإشارات الدخل المحددة.

أما الشكلان (5-1) و(5-2) فيبينان آلية الربط بين التوابع الجاهزة الخاصة ببرمجة منظومات التكييف والتهوية في بيئة برمجة الـDDC وكما يبدو من الشكل سهولة التعاطي والتعامل مع التوابع المبرمجة سابقاً مما يعزز سهولة البرمجة ويضيف ميزة إضافية للـDDC في استخدام الـDDC .



الشكل (5-1) ألية الربط بين التوابع الجاهزة في بيئة برمجة الـDDC



الشكل (5-2) ألية الربط بين التوابع الجاهزة في بيئة برمجة الـDDC

قبل الشروع بتوصيف الدراسة التحكمية لابد من استعراض سريع لوحدات الدخل والخرج Remote I/O وبروتوكولات الربط المستخدمة يبين الشكل (6) وحدة الربط Remote I/O وهي عبارة عن وسيلة لنقل الإشارات الرقمية Digital أو التماثلية Analog من وإلى الحاسب.

تتألف Remote I/O من متحكم وظيفته تأمين اتصال بين Remote I/O والحاسب فقط من خلال نظم اتصال مختلفة (Ethernet… – RS 485) وغيرها وفق بروتوكولات معينة (Modbus – …Profibus)، حيث أنها لا تحوي على متحكم لتنفيذ عملية التحكم وإنما تحتاج دائما حاسب شخصي PC.

وتحوي أيضا على المداخل المرتبطة بالحساسات والمخارج التي ترتبط بمختلف عناصر الخرج مثل الريليهات بحيث يمكن أن تكون Remote I/O:

- مداخل رقمية فقط – مخارج رقمية فقط
- مداخل ومخارج تماثلية - مداخل ومخارج رقمية

الشكل (6) وحدة الربط Remote I/O

امـا بروتوكـولات الاتصـال communication protocols: فيمكن تعريفها بأنها مجموعة القواعد التي تحكم انتقال البيانات عبر الشبكة وهو لغة التخاطب بين التجهيزات الحاوية على معالجات دقيقة وتلك التي لا تحوي علـى معالجـات. وتجـدر الإشـارة إلـى انـه قبـل ظهـور المعالجات الدقيقة لم تكن هناك حاجة إلى البروتوكول باعتبار أن قيادة شبكة المنظومة كانت تتم عبر حاسب مركزي واحد يستقبل كل البيانات من حرارة ورطوبة وتيار ويعطي الأوامر سواء للصمامات أو المراوح أو المحولات كي تعمل أو تتوقف عن العمل كليا أو جزئيا دون الحاجة لربط المعالجات..

مـع ظهـور المتحكمـات الدقيقـة وظهـور المشـغلات الحاويـة علـى تلـك المتحكمـات ومـع ضـرورة ربـط هـذه المتحكمات مع بعضها البعض فقد كان البروتوكول هو الحـل لإشـكالية المتحكمـات الرقميـة ولاسـيما لمتحكمـات الأنظمة المختلفة. فمثلا بات من الممكن في المباني ربط كـلا مـن أنظمـة الـ HVAC والإنـذار (السـرقة والحريـق) ونظام الإنارة مع بعضها البعض بحيث تصبح قادرة على تبـادل البيانـات شـريطة اقتصـار البروتوكـول علـى الشـركة الصـانعة أو المنتجـة لـه وللمتحكمـات أو مـن شـركتين مختلفتين شرط أن يدعما نفس نوع بروتوكول الاتصال.

أشهر أنواع البروتوكولات الصناعية:

Modbus -1Profibus -2

Interbus -3Canbus -4

أشـهر أنـواع البروتوكـولات المسـتخدمة فـي نظـام إدارة المباني BMS:

1- بروتوكول EIP/KNX

2- بروتوكول LonWorks

3- بروتوكول BACnet

7-الدراسـة التطبيقيـة لنظـام الـتحكم بالتدفئـة والتبريد والتهوية HVAC:

7-1: وصف الحالة التطبيقية معمارياً:

المشروع المختار عبارة عن منشأة سياحيه تتألف بشكل رئيسي من فندق ومول تجاري بمساحة إجمالية تبلغ 8200 م2 موزعة على قبو وطابق أرضي وخمسة عشر طابقاً.

سـيتم تطبيـق نظـام إدارة المبـاني BMS باسـتخدام المتحكم Direct Digital Control (DDC) ، ووحدات اتصالRTU remote terminal unit لنظام الـHVAC من خلال التحكم بكل من:

- المرجل
- خزان الماء الساخن
- وحدة المبرِّد المركزية (المبرد)
- بمضخات الماء الساخن (هيدرفون)
- وحدات المعالجة
- مراوح طرد الحمامات
- بمضخات تعبئة خزان الماء البارد

سنحدد في عملنا نقاط التحكم بالعناصر المذكورة آنفاً وسنرتبها ضمن جداول خاصة بكل تجهيزه من التجهيزات المطلوب التحكم بها

وسنعتمد الرموز التالية للتمييز بين المداخل والمخارج وبين نوعيهما التماثلي والرقمي: DI مدخل رقمي

AI: مدخل تماثلي

DO: مخرج رقمي AO مخرج تماثلي

7-2 تحليل دراسة التحكم الخاصة بنظام إدارة المباني في المجمع السياحي المدروس

أولاً: نقاط التحكم بمضخات الماء الساخن:

الجدول (3) نقاط التحكم بمضخات الماء الساخن

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة فرق الضغط على الهيدرفون	1			
إشارة تشغيل مضخة الهيدرفون	1			
إشارة عمل مضخة الهيدرفون	1			
إشارة عطل مضخة الهيدرفون	1			
أمر تشغيل واطفاء الهيدرفون			1	
مجموع نقاط التحكم				الإجمالي
5	4	0	1	0

ثانياً: نقاط التحكم بالمرجل:

الجدول (4) نقاط التحكم بمرجل الماء الساخن

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة فرق الضغط على مضخة التدوير	1			
إشارة فرق الضغط على مضخة الماء الساخن	1			
إشارة عمل مضخة الماء الساخن	1			
إشارة عطل مضخة الماء الساخن (زيادة التيار)	1			
إشارة تشغيل مضخة التدوير	1			
إشارة عطل مضخة التدوير	1			
إشارة تشغيل المرجل	1			
إشارة عطل المرجل	1			
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة نقصان الحرارة عن الحد المسموح	1			
إشارة زيادة الحرارة عن الحد المسموح	1			
إشارة درجة حرارة الماء الساخن		1		
درجة حرارة ماء راجع		1		
درجة حرارة الخارجية جانب المرجل		1		
أمر تشغيل واطفاء المرجل			1	
أمر تشغيل مضخة التدوير			1	
أمر تشغيل مضخة الماء الساخن			1	
المجموع 18	12	3	3	

ثالثاً: نقاط التحكم بمراوح طرد الحمامات:

الجدول (5) نقاط التحكم بمراوح طرد الحمامات

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة فتح الدمبر	1			
إشارة إغلاق الدمبر	1			
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة تشغيل مروحة الطرد	1			
إشارة عطل مروحة الطرد	1			
إشارة فرق ضغط المروحة الطرد	1			
أمر تشغيل مروحة الطرد			1	
أمر فتح وإغلاق الدمبر			1	
مجموع نقاط التحكم				الإجمالي
9	7		2	

رابعاً: نقاط التحكم بخزان الماء الساخن:

الجدول (6) نقاط التحكم بخزان الماء الساخن

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة عمل مضخة الماء الساخن	1			
شارة فرق الضغط على مضخة الماء الساخن	1			
إشارة عطل مضخة الماء الساخن	1			
درجة الحرارة في أعلى الخزان		1		
درجة الحرارة في منتصف الخزان		1		
درجة الحرارة في أسفل الخزان		1		
تشغيل واطفاء مضخة الماء الساخن			1	
مجموع نقاط التحكم				الإجمالي
9	5	3	1	0

خامساً: نقاط التحكم بالمبرد:

الجدول (7) نقاط التحكم بالمبرد

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة تشغيل المبرد	1			
إشارة عطل المبرد	1			
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة عمل مضخة ماء البارد	1			
إشارة عطل مضخة ماء البارد	1			
إشارة فرق الضغط على مضخة ماء البارد	1			
درجة حرارة ماء البارد ذاهب		1		
درجة حرارة ماء راجع		1		
درجة الحرارة الخارجية جانب الشلر		1		
أمر تشغيل واطفاء شيلر			1	
أمر تشغيل مضخة ماء البارد في الشلر			1	
مجموع نقاط التحكم				الإجمالي
12	7	3	2	0

سادساً: نقاط التحكم بمضخات تعبئة خزان الماء البارد:

الجدول (8) نقاط التحكم بمضخات تعبئة خزان الماء البارد

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة عمل المضخة	1			
إشارة عطل المضخة	1			
إشارة وجود مياه في الأنابيب	1			
إشارة مستوى الماء أعلى الخزان	1			
إشارة مستوى الماء أسفل الخزان	1			
مستوى الماء في الخزان		1		
تشغيل واطفاء المضخة			1	
مجموع نقاط التحكم				الإجمالي
9	7	1	1	0

سابعاً: نقاط التحكم بوحدات المعالجة:

الجدول (9) نقاط التحكم بوحدات المعالجة

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة تشغيل مروحة الطرد	1			
إشارة عطل مروحة الطرد	1			
إشارة فرق ضغط المروحة الطرد	1			
إشارة فتح الدمبر	1			
إشارة إغلاق الدمبر	1			
إشارة انسداد الفلتر	1			
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة تشغيل مروحة دفع	1			
إشارة عطل مروحة دفع	1			
إشارة فرق ضغط مروحة الدفع	1			
إشارة عطل مضخة الترطيب	1			
إشارة تشغيل مضخة الترطيب	1			
درجة حرارة الهواء المدفوع		1		
درجة الحرارة الخارجية		1		
درجة رطوبة الهواء الراجع		1		
درجة حرارة الهواء الراجع		1		
أمر تشغيل مضخة الترطيب			1	
أمر تشغيل مروحة الطرد			1	
أمر تشغيل مروحة الدفع			1	
أمر فتح واغلاق الدمبر			1	
أمر فتح صمام ماء ساخن				1
أمر فتح صمام ماء بارد				1
23	13	4	4	2

ثامناً: نقاط التحكم بمضخات الوقود:

الجدول (10) نقاط التحكم بمضخات الوقود

النقاط المطلوبة	DI	AI	DO	AO
إشارة عمل المضخة	1			
إشارة عطل المضخة	1			
إشارة فرق الضغط على المضخة	1			
إشارة مفتاح تشغيل عام	1			
إشارة مفتاح إيقاف عام	1			
إشارة مستوى الماء في أعلى الخزان	1			
إشارة مستوى الماء في أسفل الخزان	1			
مستوى الماء في الخزان Ultrasonic		1		
تشغيل واطفاء المضخة			1	
الإجمالي				
مجموع نقاط التحكم				
9	7	1	1	0

يمكن بناءً على ما سبق تجميع نقاط التحكم بمنظومة الـ HVAC- كاملة تبعاً لنوع المداخل والمخارج المطلوبة بالجدول (11) وذلك لتحديد المتطلبات الأساسية ومواصفات متحكم الـ DDC المطلوب ومدى الحاجة لوحدات توسعة للمداخل أو المخارج أو لكليهما معاً ونوع هذه التوسعة رقمية، أم تماثلية.

الجدول (11) نقاط التحكم بمنظومة الـ HVAC- كاملة

الوحدات الرئيسية	DI	AI	DO	AO
المبردchiller	7	3	2	-
الحراق boiler	12	3	3	-
وحدة المعالجة AHU	13	4	4	2
مراوح الطرد للحمامات	7	-	2	-
مضخات الوقود	7	1	1	-
هيدرفون الماء الساخن	4	–	1	-
مضخات تعبئة خزان الماء البارد	7	1	1	-
خزان الماء الساخن	5	3	1	-
الإجمالي	62	15	15	2

يمكننا اعتماداً على الجدول (12) تحديد متطلبات المبنى موضوع الدراسة من المتحكمات ووحدات الربط التي تطرقنا لها سابقاً لتغطية كامل إشارات الدخل والخرج للوحدات ذات الصلة بمنظومة التهوية والتكييف.

الجدول (12) متطلبات المبنى

عدد المتحكمات لنظام HVAC	BAS 3520	BAS 3024	BAS 3050	BAS 3051
الحراق+ خزان الماء الساخن + مضخة هيدرفون	1	1	-	1
المبرد chiller	1	-	-	-
وحدة المعالجة AHU	1	-	1	–
مروحة الطرد للحمامات مضخات تعبئة خزان الماء البارد والوقود	1	–	2	–
ا لإجمالي	4	1	3	1

يبين الشكلان (6)، (7) برمجة متحكم الـ DDC وفقاً لسيناريو العمل المحدد والمشروح سابقا بجداول الإشارات التحكمية لكل مكون من مكونات المنظومة

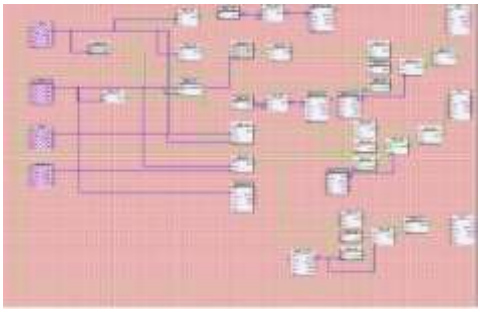
الشكل (6) برنامج التحكم بالعناصر الموضحة بالجدول (11)

يشكل النظام بما يحتويه من وحدات الدخل والخرج والاتصال ووحدة المعالجة المركزية منظومة متكاملة

للتحكم والمراقبة لجميع عناصر نظام التهوية والتكييف في المبنى مما بشكل يحقق السيطرة والمراقبة لجميع عناصر هذه المنظومة محققين بذلك أعلى مردود استثماري وفني ومالي لهذه الأنظمة كما يمكن التحكم بالنموذج المطبق عن طريق الهواتف الذكية وذلك باستخدام برنامج My PROJECT_ Designer مع امكانية القيام بعملية التحكم والمراقبة بالنموذج عن بعد ربطه بالشبكة العنكبوتية عن طريق برنامج Advantech Web access

7- النتائج

بينت الدراسة الكهربائية للمبنى موضوع البحث أن إجمالي الاستطاعة الكهربائية للمبنى بلغت(2.81MW) توزعت هذه الاستطاعة على الاحمال كما يلي:

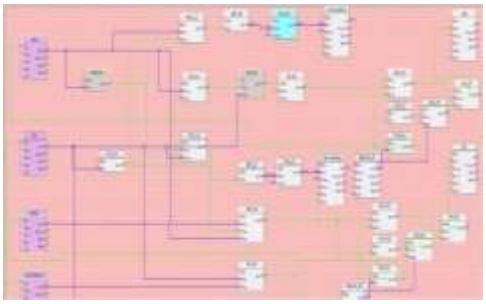


الشكل (7) برنامج التحكم بالعناصر الموضحة بالجداول (12)

أحمال التبريد والتهوية والتكييف HVAC: 1.88 MWأي ما يعادل: 67%

أحمال القوى: (مصاعد، مضخات، أدراج كهربائية): 0.80 MWأي ما يعادل:28% أحمال الإنارة والمآخذ 0.13 MWأي ما يعادل:5% وهو ما يبين أهمية الترشيد بشكل أساسي في استهلاك منظومات الـHVAC كونه يمثل ما يزيد عن ثلثي إجمالي أحمال المبنى.

ومن خلال تطبيق نظام إدارة المباني تم تخفيض الاستهلاك في منظومة الـHVA لتصبح الاستطاعة التشغيلية الفعلية لكامل المبنى 1.96 MWh توزعت هذه الاستطاعة على الاحمال كما يلي:



أحمال التبريد والتهوية والتكييف HVAC: 1.13 MWh أي ما يعادل: 66%

أحمال القوى: (مصاعد، مضخات، أدراج كهربائية): 0.80 MWh أي ما يعادل:28% أحمال الإنارة والمآخذ 0.13 MWh أي ما يعادل:5%

وبالتالي يتبين أن استخدام متحكمات الـ ـDDC قد أسهمت في تخفيض إجمالي الأحمال الكهربائية للمبنى بنسبة 30% ناتجة عن انخفاض قيمة حمل منظومة الـ HVAC مع الحفاظ على نسبة مشاركة حمل منظومة الـ HVAC العالية من إجمالي قيمة الأحمال

References

[1] **Building Momentum: National Trends and Prospects for High-Performance Green Buildings, Based on the April 2016 Green Building Roundtable and Prepared for the U.S. Senate Committee on Environment and Public Works By the U.S. Green Building Council.**

[2] **C. A. Boyle, "Sustainable buildings", Proceedings of the Institution of Civil Engineers Engineering Sustainability, Vol. 158, pp. 41–48, March 2005.**

[3] **United States Environmental Protection Agency, "Green Building Case Studies, Manuals and Interesting Documents Held by the Research Library for RCRA", 2019.**

[4] **Julie Ruggiero, "Department of Energy Commits to EnergyEfficiency in U.S. Data Centers", http://www.energy.gov/news/5504.htm.**

[5] **D. Elliott, "Assessing the world's wind resources", IEEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol131 Jan. 2012**