طراحي سيستم كنترل هليوستاتها براي اولين نيروگاه خورشيدي يك مگاواتي از نوع دريافت كننده مركزي ايران

شهاب الدين اكبري، محمدعلي حقدوست
شركت مهندسين مشاور نيرو

خلاصه

در اين مقاله طراحي سيستم كنترل در بخش هليوستاتها در اولين نيروگاه خورشيدي ايران از نوع دريافت كننده مركزي با توان يك مگاوات مورد توجه قرار گرفته است. ابتدا معيارهاي طراحي مورد نظر براي اين سيستم كنترل بيان شده است. سپس كنترل مجموعه هليوستاتها (HAC) و كنترل ميدان هليوستاتها (HFC) و همچنين نحوة ارتباط و انتقال داده‌ها بين سطوح مختلف كنترل مورد بحث قرار گرفته است. در هر مورد با توجه به معيارهايي همچون عملكرد مطلوب، امكان ساخت در داخل كشور و ...، انتخاب سخت‌افزار و نرم‌افزار يا موارد مورد لزوم ديگر انجام شده است.

واژه‌هاي كليدي: نيروگاه خورشيدي از نوع دريافت كنندة مركزي، هليوستات، كنترل، HAC، HFC

۱ـ مقدمه

در اين مقاله مختصراً به بررسي كنترل ميدان هليوستاتها در اولين نيروگاه خورشيدي يك مگاواتي از نوع دريافت كننده مركزي در ايران كه در طالقان در

دست نصب مي‌باشد پرداخته مي‌شود. اجزاء مختلف سيستم كنترل تشريح شده و در هر جزء انتخاب روش و پروسة كنترل و همين‌طور طراحي سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد نياز انجام شده است.

۲ـ ساختار و اجزاء نيروگاه خورشيدي از نوع دريافت‌كنندة مركزي

در اولين نيروگاه خورشيدي از نوع دريافت‌كنندة مركزي ايران تعدادي آينه (هليوستات) نور خورشيد را روي دريافت‌كنندة مركزي متمركز كرده، آب درون دريافت‌كننده به بخار سوپر هيت تبديل شده و از طريق توربين انرژي الكتريكي توليد مي‌شود. در اين نيروگاه بخشهاي زير قابل مشاهده است:

۱- ميدان هليوستاتها
۲- بخش دريافت‌كنندة مركزي
۳- بخش ذخيرة انرژي
٤- سيكل سنتي نيروگاه

منظور از ميدان هليوستاتها، مجموعة تمام آينه‌ها بهمراه سيستم متحرك آنها و سيستم كنترل، ارتباطات و ... است كه براي تمركز تابش آينه‌ها روي دريافت‌كننده و تأمين انرژي مورد نياز براي تبديل آب به بخار سوپر هيت لازم است.

آنچه كه در اين مقاله بررسي مي‌شود طرح سيستم كنترل ميدان هليوستاتها براي نخستين نيروگاه خورشيدي يك مگاواتي ايران است كه در ادامه بدان خواهيم پرداخت.

بطور اختصار سيستم كنترل ميدان هليوستاتها بايد توانايي اين را داشته باشد كه شعاع بازتابش هر هليوستات را روي دريافت‌كننده بتاباند. براي اين منظور هر هليوستات داراي يك سيستم حركتي است كه به آن امكان چرخش در دو محور سمت و ارتفاع را مي‌دهد.

براي كنترل چنين سيستمي، يك سيستم كنترل گسترده با حداقل دو سطح كنترل مجموعة هليوستاتها HAC و كنترل هر هليوستات HC كه معمولاً سطح مياني كنترل ميدان هليوستات HFC نيز به آن اضافه مي‌شود مورد نياز است. HAC سطح بالايي سيستم كنترل است و مكان قرارگيري آن اتاق كنترل مركزي نيروگاه است. محاسبات اصلي در HAC انجام مي‌شود.

كنترل‌كننده‌هاي HC كه روي هر هليوستات يكي از آنها نصب شده است وظيفه دارند كه حركت در دو محور سمت و ارتفاع را كنترل كنند. حركت در دو محور سمت و ارتفاع توسط دو موتور DC با سرعت ۹۰۰ دور در دقيقه انجام مي‌گردد. در اين مقاله فقط راجع به ساختار HAC و HFC بحث مي‌شود.

۳ـ مسئله طراحي

در اينجا، مسئله طراحي سيستم كنترل هليوستاتها بعلاوة نيازهاي اساسي عملكردي و بهره‌برداري بيان مي‌گردد. مسئله، طراحي يك ساختار كنترل است كه در آن استراتژي كنترل، تعداد سطوح كنترل (آيا HFC مورد نياز است يا خير و اگر مورد نياز است به چه تعداد؟)، تخصيص و تقسيم عمليات كنترلي بين سطوح مختلف كنترل، محيط و پروتكل ارتباطي، منشاء اطلاعات زمان و روز مشخص شده باشد. سيستم كنترل بايد قادر باشد كه نيازهاي كنترلي را در حالتهاي كاري زير برآورده كند.

- حالت بيدارباش (Wake-up mode): در اين حالت هليوستات از حالت استراحت (stow) به حالت دنبال كردن (tracking) مي‌رود.
- حالت نگهداري: در اين حالت هليوستات براي فرمان‌گيري دستي و انجام تعميرات الكتريكي و مكانيكي در دسترس است.
- حالت استراحت: در اين حالت هليوستات براي حفاظت از طوفان در وضعيت افقي يا وضعيت عمودي از قبل تعيين شده قرار مي‌گيرد.
- حالت دنبال كردن: در اين حالت هليوستات خورشيد را براي انعكاس نور آن روي يك هدف مشخص تعقيب مي‌كند.
- حالت تنظيم: در اين حالت بردار خطاي هليوستات كاليبره مي‌گردد.

معيار طراحي براي سيستم كنترل هليوستات به شرح زير است:

۱) بدست آوردن دقت حداقل ۰/۵ ميلي راديان خطاي هدفگيري
۲) بدست آوردن حداقل ۱ ميلي راديان خطاي دنبال كردن
۳) قابليت رسيدن به حالت استراحت در زمان حداكثر ۱۵ دقيقه

۱ـ۳ـ انتخاب روش كنترل

در انتخاب روش كنترل مناسب، نيازهاي اساسي زير در نظر گرفته شده است:

۱) بايد يك كنترل مركزي موجود باشد زيرا گاهي اوقات لازم است كه يك گروه (يا تمام ميدان) از هليوستاتها به يك وضعيت از پيش تعيين شده تغيير وضعيت دهند (به عنوان مثال آماده شدن براي شرايط طوفان يا آماده كردن بخشهايي از ميدان براي تعميرات و يا تنظيم شستن آينه‌ها يا انجام پروسة تست روي يك آينه).

۲) کنترل نباید وابسته به یک حد از پیش تعیین شده از تابش باشد زیرا گاهي لازم است که تحت شرایط ابري نیز عمل دنبال کردن انجام شود.
۳) مسائل ایمني در زماني که اشعهٔ بازتابش از وضعیت استراحت به روي دریافتکننده آورده میشود باید رعایت شود.
٤) باید روشي براي تنظیم و کالیبره کردن هر هلیوستات و روشي مناسب براي فوکوس کردن اشعه روي برج دریافت کننده ارائه شود.
٥) یک حالت فرمان دستي (manual mode) در روي هلیوستات باید براي زمان راهاندازي و انجام تعمیرات پیشبیني شود.

درسطح کامپیوتر مرکزي (HAC) باید بین کنترل حلقه بسته یا حلقه باز یکي انتخاب شود. کنترل حلقه باز در این مورد به این معناست که لازم نیست کامپیوتر مرکزي از زوایاي واقعي سمت و ارتفاع هلیوستاتها اطلاع داشته باشد. برعکس براي کنترل حلقه بسته در کامپیوتر مرکزي موقعیت هر هلیوستات در اتاق کنترل مرکزي باید کاملاً معلوم باشد. تفاوت بین کنترل حلقه بسته و حلقه باز در کنترلکنندهٔ هلیوستات (HC) بستگي به نوع محرك استفاده شده دارد. در حالي که استفاده از کنترل حلقه باز براي موتورهاي پلهاي کفایت میکند، تمام انواع دیگر محرکها (موتورهاي AC و DC، محرکهاي هیدرولیك و ...) احتیاج به کنترل حلقه بستهٔ هلیوستات دارند. با توجه به انتخاب موتور DC براي سیستم محرك باید از روش کنترل حلقه بسته در اینجا استفاده کرد.

کنترل حلقه بسته در کامپیوتر مرکزي (HAC) یك انتخاب مناسب نیست زیرا وقتي تعداد هلیوستاتها در میدان زیاد است، بار محاسباتي در کامپیوتر مرکزي مسئله اساسي خواهد شد. بعلاوه، مقدار اطلاعات انتقال یافته بین کامپیوتر مرکزي و هر هلیوستات چنان زیاد میشود که مدیریت آن مشکل میگردد. تنها روشي که با آن کنترل حلقه بسته در کامپیوتر مرکزي ممکن است منجر به عملکرد بهتر گردد، بکار گرفتن روش نگاه به عقب (back-gazing) است. در این روش، یك دوربین ویدئویي یا سنسور تصویر روي برج دریافتکننده قرار گرفته و به سمت هر هلیوستات به صورت مجزا نشانه میرود. اگر هلیوستات به صورت صحیح نشانهگیري شده باشد، دوربین یا سنسور یك تصویر یکنواخت از انعکاس خورشید را خواهد دید. تصویر دیجیتال شده و سیگنالهاي حاصل براي کنترل هلیوستات استفاده میشوند. اگر تعداد کافي سنسور روي برج و اطراف دریافتکننده نصب گردد این سیستم امکان کنترل فیدبك دقیق را براي هر هلیوستات فراهم میکند. همینطور جبران خطاهاي نصب

هليوستات و بارگذاري باد در اين روش مستقيماً انجام گشته و سنسورهاي مكان براي هليوستات حذف مي‌شوند. اما مسائل پياده‌سازي در اين روش كه مربوط به تعداد سنسورها و محل نصب آنها، روش دسترسي جداگانه به هر هليوستات و كنترل آن مي‌گردد اين روش را در قابليت اجرا بعد از روش حلقه باز قرار مي‌دهد. همين‌طور عدم وجود نتايج تجربي و يا تجربيات قبلي روي چنين سيستمي يك نقطة ضعف عمده محسوب مي‌گردد علاوه بر اينها اين روش نياز اساسي شمارة (۲) طراحي را برآورده نمي‌كند. با كنار هم گذاشتن تمام اين مطالب مي‌توان نتيجه گرفت كه كنترل حلقه باز در كامپيوتر مركزي (HAC) انتخاب مطلوب است. البته به دليل نيازهاي كنترل اطلاعات، موقعيت هر هليوستات در صورت درخواست كنترل مركزي از طريق خط ارتباطي به اتاق كنترل مركزي قابل انتقال مي‌باشد ولي محاسبات كنترلي در اتاق كنترل مركزي انجام نمي‌گيرد.

۲ـ۳ـ انتخاب تعداد HFC ها

همانطور كه قبلاً ذكر شد HFC به عنوان واسط مياني بين HC و HAC عمل مي‌كند. لزوم استفاده از HFC به دلايل زير است:

۱) حجم محاسبات در HAC به قدري زياد است كه بار كاري آنرا غيرقابل قبول مي‌سازد در اين حالت با انتقال بخشي از محاسبات به HFC بار كاري HAC كاهش پيدا مي‌كند. به عنوان مثال مي‌توان در HAC محاسبات مربوط به بردار مكان خورشيد را انجام داد و زواياي سمت و ارتفاع هر هليوستات را در HFC ها محاسبه نمود. البته مي‌توان HFC را نيز حذف نمود و اين بخش از محاسبات را در خود HC انجام داد.

۲) تشكيل يك شبكة انتقال اطلاعات بطوري كه HAC در يك سو و HC ها در سوي ديگر قرار بگيرند به دلايل مختلف اقتصادي نمي‌باشد. در اينجا HFC به عنوان واسط براي ايجاد شبكة اقتصادي تبادل اطلاعات بكار گرفته مي‌شود. در هر حال تصميم‌گيري در مورد تعداد HFC ها بستگي به بار محاسباتي HAC و توان آن و همين‌طور توان محاسباتي HC و نوع و ميزان اطلاعات انتقال يافته در ميدان هليوستاتها دارد.

يك تخمين تقريبي از حجم اطلاعات جابجا شده در ميدان هليوستاتها را در ادامه بدست مي‌آوريم. براي هر هليوستات، اطلاعاتي كه از HAC بايد ارسال شود شامل يك بايت شناسه، چهار بايت براي زواياي سمت و ارتفاع دلخواه و يك بايت مدكاري مي‌باشد. اطلاعاتي كه HAC از هر HC دريافت مي‌كند شامل چهار بايت براي

زواياي سمت و ارتفاع واقعي و يك بايت شناسه و يك بايت وضعيت هليوستات مي‌باشد. بنابراين در هر بار انتقال اطلاعات بين HAC و HC بايد ۱۲ بايت جابجا گردد. با احتساب يك ضريب اطمينان ۵۰ % اين تعداد را برابر ۲۵ بايت در نظر مي‌گيريم. با توجه به تعداد حدود ۱۸۰ هليوستات و زمان به روز كردن اطلاعات هر هليوستات كه ۱۵ ثانيه مي‌باشد نرخ انتقال اطلاعات روي خط ارتباط برابر خواهد شد با:

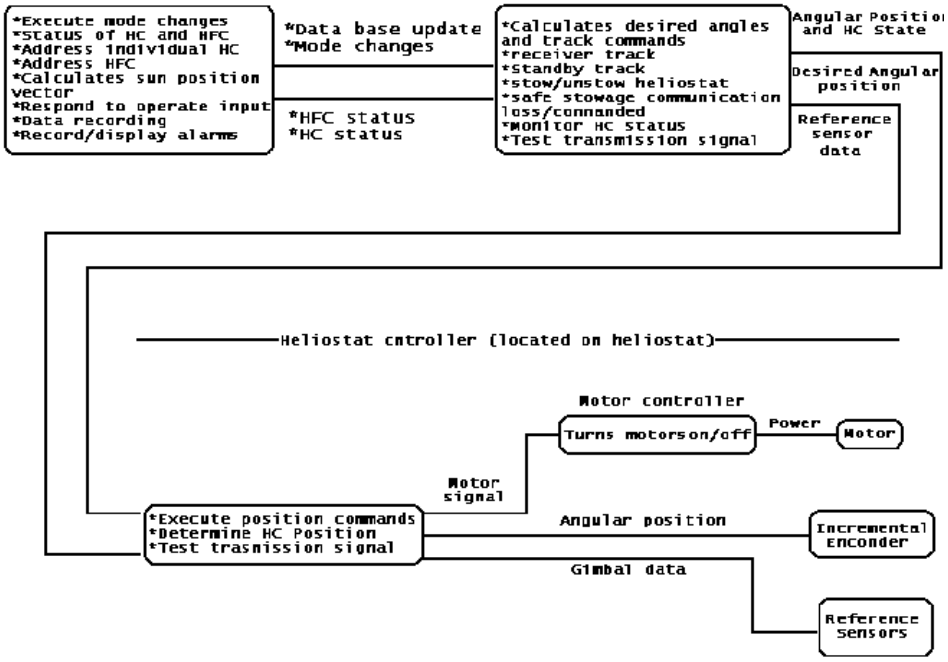
$$\frac{8\times25\times180}{15}\approx2400\text{bit/sec}$$

محاسباتي كه بايد در HAC انجام گردد در بخش نرم‌افزار HAC آمده است. گرچه بنظر نمي‌رسد كه از لحاظ حجم محاسبات در HAC و حجم اطلاعات در شبكه انتقال نيازي به استفاده از HFC باشد ولي براي افزايش قابليت انعطاف سيستم طراحي شده، از HFC استفاده شده است. استفاده از HFC باعث تسهيل عمليات نرم‌افزاري شده و امكان تغيير در طراحي سخت‌افزار و افزودن نرم‌افزار در صورت لزوم را فراهم مي‌آورد.

با استفاده از تجربيات شركتهاي سازندة نيروگاههاي خورشيدي به نظر مي‌رسد كه براي هر ۲۵ تا ۳۵ هليوستات بهتر است يك HFC قرار داده شود. بدين ترتيب با در نظر گرفتن طراحي فعلي كه شامل ۱۷۳ هليوستات مي‌شود و با قراردادن ۳۲ هليوستات تحت كنترل هر HFC تعداد ۶ كنترل‌كنندة ميدان هليوستات (HFC) براي اولين نيروگاه خورشيدي ايران از نوع دريافت‌كننده مركزي مورد نياز خواهد بود.

تقسيم وظايف بين دو سطح HAC و HFC در شكل (۱) آمده است.

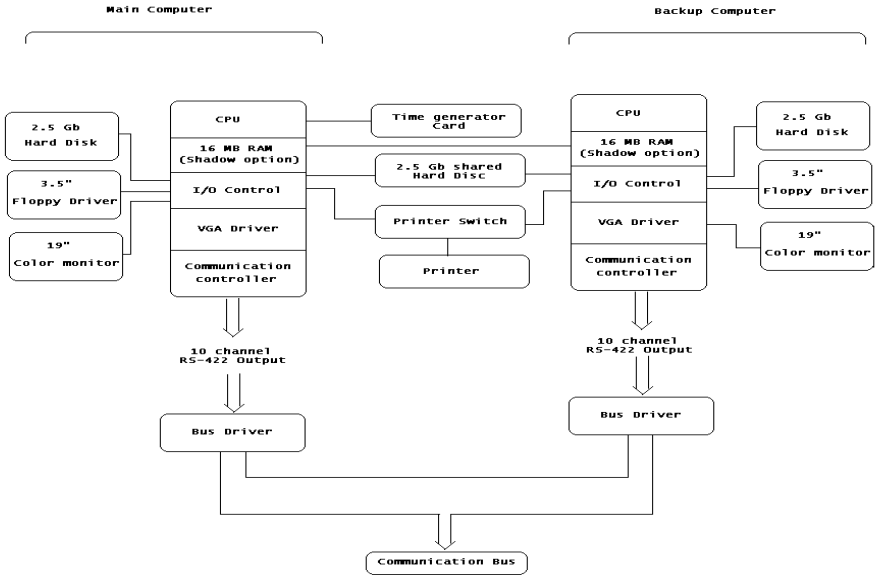
located in control room — located in control field in data distribution center



شكل ۱ـ تقسيم وظايف بين HAC و HFC

۳ـ۳ـ سخت‌افزار HAC

با توجه به بار محاسباتي و نيازهاي ارتباطي طرح كلي طبق شكل (۲) براي كامپيوتر HAC پيشنهاد مي‌شود كه شامل دو كامپيوتر مشابه است. دو كامپيوترهمزمان محاسبات را انجام داده و در صورت مطابقت عمليات لازم انجام مي‌گيرد و در غير اين‌صورت سيگنال Trip صادر مي‌شود.



شكل ۲ـ سخت‌افزار HAC

برد كنترل ارتباطات، بردي است كه در خروجي خود ۱۰ خط سريال جداگانه در اختيار قرار مي‌دهد كه توسط يك برد واسطه ارتباط به باس ارتباطي وصل مي‌شود.

۳ـ٤ـ نرم‌افزار HAC

سيستم نرم‌افزار HAC امكان كنترل ميدان هليوستاتها در فازهاي عملكردي مورد لزوم را مطابق شرح زير فراهم مي‌كند:

۱) آماده‌سازي (initialization) : در اين فاز HFC ها و HC ها براي انجام عمل كنترل آماده مي‌شوند.
HFC ها به صورت اتوماتيك توسط HAC ها در زمان آماده‌سازي سيستم يا هر زمان كه وضعيت HFC(status) نياز براي download جديد را نشان بدهد (مثلاً شروع دوباره به خاطر قطع برق) پر مي‌شود. اطلاعات download شده شامل مقادير راهرو يا مسير فرضي (corridor) (نقطة حد بالاي راهرو، سرعت طي كردن مسير فرضي و تخصيص راهروهاي مختلف به HC هايي كه توسط آن HFC به خصوص كنترل مي‌شوند).

۱- قبل از ارسال هر دستور به يك هليوستات، موقعيت آن هليوستات بايد دقيقاً مشخص شود. اين عمل با

صدور دستور LIMIT FIND انجام مي‌گردد كه باعث مي‌شود هليوستات در نقاط مرجع (نقاط مرجع در هر هليوستات، نقاط متناظر با نقطة صفر انكودرهاي افزايشي هستند. اين نقاط با استفاده از سوئيچهاي حدي روي دو محور سمت و ارتفاع مشخص مي‌شوند) خود قرار بگيرد. هنگامي كه هليوستات به نطقه مرجع رسيد و با استفاده از اطلاعات بايا‌س، اطلاعات دقيق مربوط به وضعيت انكودر بدست خواهد آمد. دستور LIMIT FIND هر صبح در شروع كار از HAC به HFC ها ارسال مي‌گردد. همين‌طور در صورت درخواست اپراتور اين دستور براي هليوستات مورد نظر ارسال خواهد شد.

۲) مرحلة پيش از كار (prepower): اين مرحله شامل حركت دادن هليوستاتهاي منتخب از وضعيت استراحت به يك وضعيت از پيش تعيين شده براي آماده باش كار است كه نقطة حد بالاي راهرو يا نقطة آماده‌باش كاري CULP (Corridor Upper Limit Point) ناميده مي‌شود. با شروع اين فاز يك رشته از دستورات عملياتي به هليوستاتهاي منتخب فرستاده مي‌شود تا در يك حركت هماهنگ ابتدا به نقطة حد پاييني راهرو CLLP (corridor Lower Limit Point) و سپس به نقطة آماده‌باش كاري (CULP) بروند. اين حركت هماهنگ را طي راهرو (Corridor walk) مي‌نامند.

۳) مرحلة كار (Power): اين فاز كار باعث مي‌شود كه هليوستاتهاي منتخب (كه در نقطة آماده‌باش كاري (CULP) قرار دارند) طوري قرار بگيرند كه اشعة بازتابش آنها به يك هدف، كه معمولاً نقطه روي مركز دريچه دريافت‌كننده است بتابد. در اين مرحله، در هر گام زماني، زواياي سمت و ارتفاع هر هليوستات بطور مجزا طوري حساب مي‌شوند كه اشعة بازتابش را روي دريافت‌كننده بطور ثابت نگهدارند.

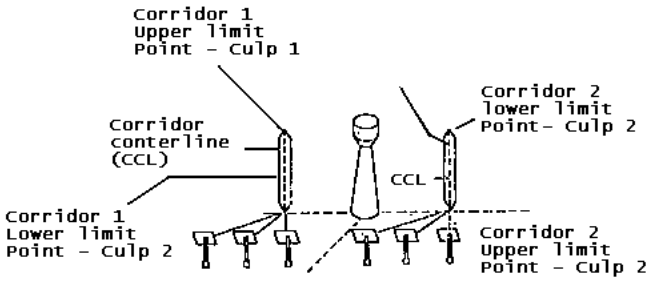
٤) مرحلة پس از كار (post Power): مرحلة "پس از كار" باعث مي‌گردد كه هليوستاتهايي كه در مرحلة كار بوده‌اند به نقطة آماده‌باش كار (CULP) باز گردند. مرحلة پس از كار اضطراري باعث مي‌شود كه تمام هليوستاتهايي كه در وضعيت دنبال كردن هستند به نقطة آماده‌باش كاري CULP بروند. اين فاز توسط اپراتور با يك سيگنال قطع (trip) كه از بخش دريافت‌كننده نيروگاه ارسال شده باشد شروع مي‌گردد.

٥) مرحلة توقف (Shut down): مرحلة توقف معمولي شامل برگرداندن هليوستاتها به وضعيت استراحت مي‌باشد. در اين فاز ابتدا هليوستاتهاي منتخب

با طي هماهنگ راهرو از CULP به CLLP رفته و سپس به وضعيت استراحت مي‌روند.

٦) مرحلة نگهداري (maintenance): اين مرحله براي تعمير هليوستات و شستن آينه هليوستات در نظر گرفته شده است. در اين مرحله هليوستاتها به زواياي مشخص شده برده مي‌شوند. اين عمل در زمان تعميرات، آزمون عملكرد و شستن هليوستات كاربرد دارد.

٧) طي راهرو (corridor walk): براساس تجربيات بدست آمده از نيروگاههاي خورشيدي موجود، روش خاصي براي حركت دادن شعاع بازتابش با رعايت مسائل ايمني پرسنل بدست آمده كه در آن هليوستاتها با يك حركت از پيش تعيين شده از وضعيت استراحت به نقطة هدفي در نزديكي دريافتكننده برده شده و بالعكس از نقطة آماده‌باش به وضعيت استراحت برگردانده مي‌شوند. اين پروسه در شكل (٣) نشان داده شده است. محدوديتهاي ايمني در بخش ايمني تشعشع ذكر شده‌اند. تا ٢ راهروي فرضي ايمني در اطراف برج دريافتكننده در نظر گرفته مي‌شود. دو نقطه، نقطة حد پايين راهرو (CLLP) و نقطة حد بالاي راهرو (CULP) يك منطقة خطي تك قسمتي به نام خط مركزي راهرو(CCL) را مشخص مي‌كنند. اين خط مركزي مي‌تواند طبق مقتضيات عمودي يا شيبدار باشد. در طي حركت هليوستات از وضعيت استراحت به وضعيت آماده‌باش تمام هليوستاتهايي كه دستور به آنها ارسال شده است طوري حركت مي‌كنند كه اشعه بازتابش آنها به سمت CLLP حركت كرده و در آنجا متمركز بماند. بعد از گذشت مدت زمان كافي (براي اينكه اشعه بازتابش تمام هليوستاتها به CLLP برسد) تمام هليوستاتهايي كه دستور به آنها ارسال شده است به صورت اتوماتيك به طريقي هدايت مي‌شوند تا اشعه‌هاي بازتابش آنها از روي خط مركزي و به صورت هماهنگ به سمت بالا حركت كند تا زماني كه آنها به نقطة CULP برسند و سپس در آنجا ثابت مي‌مانند. به همين ترتيب، در زمان بردن هليوستاتها به وضعيت استراحت اشعه‌هاي بازتابش در CULP تمركز پيدا كرده و سپس روي خط مركزي به طرف پايين تا CLLP حركت مي‌كنند و از آنجا به وضعيت استراحت برده مي‌شوند.



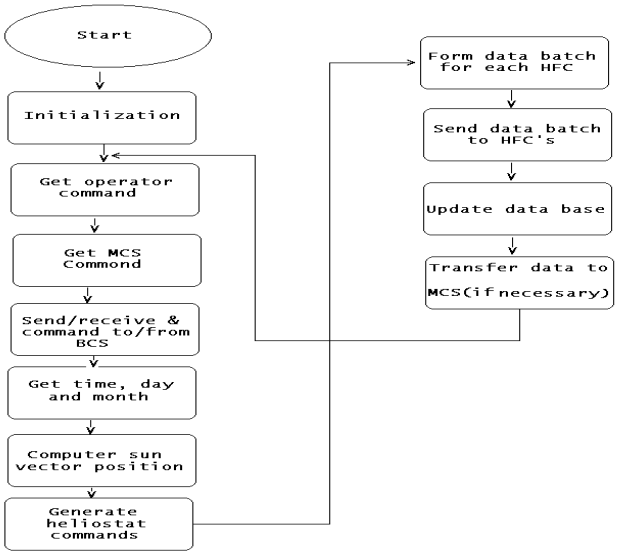
شكل ٣- دياگرام راهرو

٨) مرحلة تصحيح بردار خطاي هليوستات (calibration): در هر زمان فقط يك هليوستات مي‌تواند در اين مرحله باشد. با ارسال فرمان TEST به يك هليوستات (در صورت آماده بودن براي انجام پروسة آزمون) اين هليوستات از وضعيت دنبال كردن دريافت‌كننده به وضعيت دنبال كردن هدف BCS كه چند متر پائين‌تر از دريافت‌كننده قرار دارد مي‌رود. HAC برنامه و زمان‌بندي تست را از كامپيوتر BCS دريافت مي‌كند. شروع آزمون توسط كامپيوتر BCS مشخص مي‌گردد.

علاوه بر ايجاد فرمانهاي مناسب براي شروع فازهاي فوق و انجام عمليات مرتبط با هريك از مراحل فوق، HAC بايد محاسبات زير را نيز انجام دهد:

١- محاسبات مربوط به توزيع شار نوري روي دريافت‌كننده
٢- دريافت اطلاعات زمان و محاسبة بردار جهت خورشيد
٣- دريافت اطلاعات بردار خطا مربوط به هر هليوستات از BCS
٤- دريافت دستور از اپراتور
٥- ضبط اطلاعات
٦- ضبط آلارمها و پاسخ به آنها

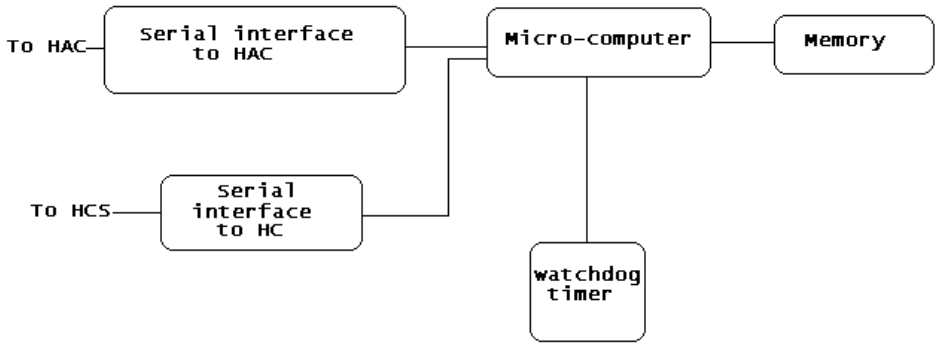
شكل (٤) يك فلوچارت مختصر از بخش اصلي نرم افزار را نشان مي‌دهد.



شکل ٤ـ نرم‌افزار HAC

٥ـ٣ـ سخت‌افزار HFC

با توجه به وظایف HFC، بلوک دیاگرام سخت‌افزار آن مطابق شکل (٥) پیشنهاد شده است. سخت‌افزار HFC دارای افزونگی دوگانه می‌باشد.



شکل ٥ـ سخت‌افزار HFC

دو بخش مدار واسطه سریال، برای HFC احتیاج است. مدار واسطهٔ سریال اول که ارتباط با کنترل

كنندة مجموعه هليوستاتها HAC را برقرار مي‌كند داراي يك كانال سريال است كه ارتباط با باس انتقال اطلاعات را برقرار مي‌كند. مدار واسطة سريال دوم ارتباط با كنترل‌كننده‌هاي هليوستات HC را برقرار مي‌كند. ارتباط HFC با كنترل‌كننده‌هاي هليوستات زير گروهش (حداكثر ۳۲ تا) نيز از طريق يك خط سريال برقرار مي‌گردد. كنترل‌كننده‌هاي هليوستات با توپولوژي حلقه به همديگر و به HFC متصل هستند.

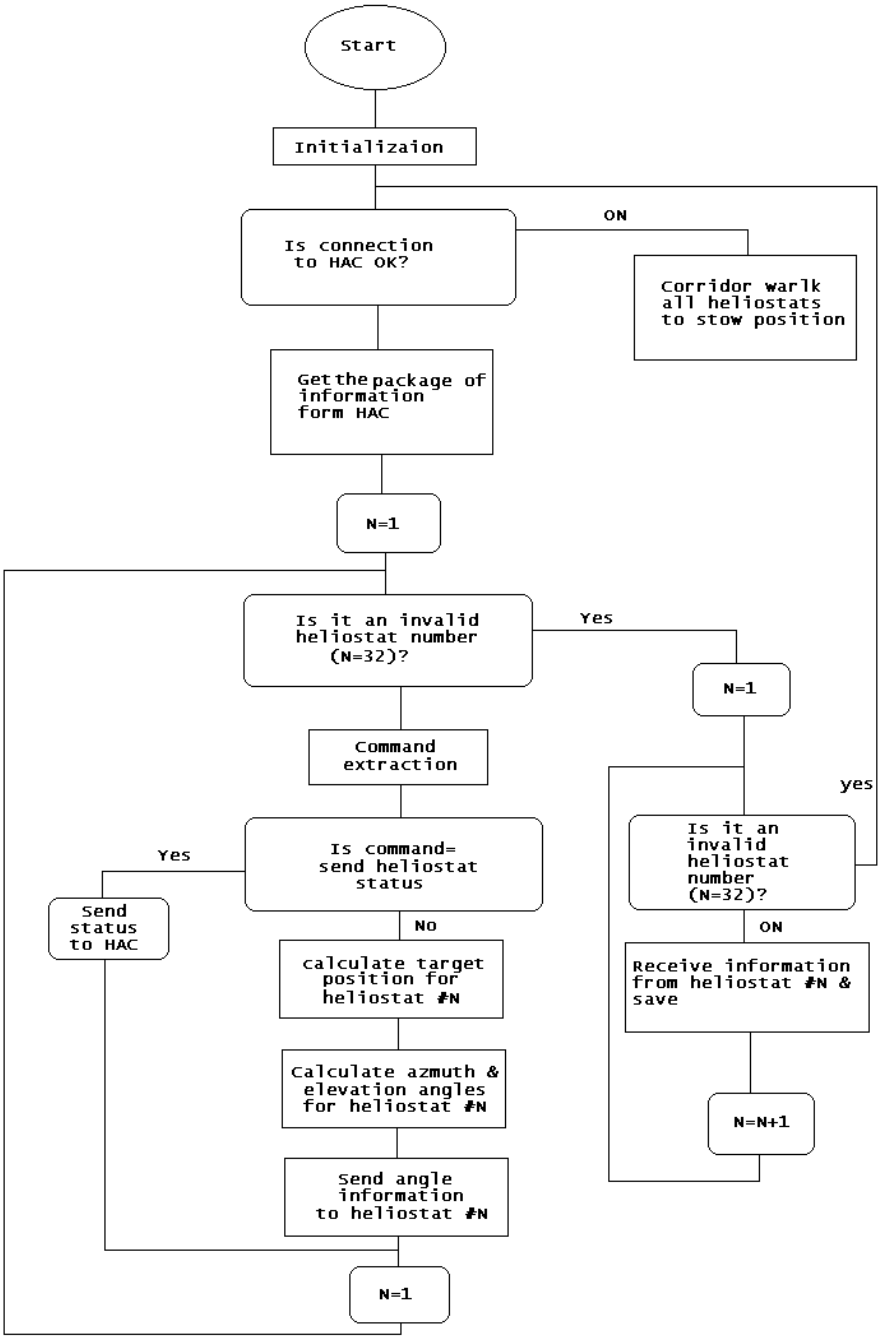
بخش تايمر Watch dog براي جلوگيري از hang كردن بخش كامپيوتر HFC تعبيه شده است. كه در اين صورت كامپيوتر reset, HFC شده و مجدداً كار خود را از سر خواهد گرفت.

٦ـ۳ـ نرم افزارHFC

هرHFC عمليات زير را انجام مي‌دهد:

- دريافت اطلاعات مختلف از HAC شامل بردار موقعيت خورشيد، دستورهاي عملياتي و ....
- محاسبة موقعيت زاويه‌اي هليوستاتهاي زيرگروه مربوطه
- ارسال فرامين و زواياي محاسبه شده به HC هاي زيرگروه
- دريافت سيگنالهاي وضعيت از HC ها

بنابراين در نرم‌افزار HFC بايد زير برنامه‌هايي براي انجام موارد فوق تعبيه شود. يك فلوچارت از برنامة مختصر شده در شكل (٦) آمده است.



شكل ٦ـ نرم افزار HFC

۷ـ۳ـ روش انتقال اطلاعات

در اين بخش به تشريح نيازهاي سيستم انتقال اطلاعات مورد نياز در ميدان هليوستاتها مي‌پردازيم. در اينجا به مسئله ارتباط مؤثر بين يك كامپيوتر مركزي HAC و تعداد ۱۵۰ الي ۲۰۰ كنترل‌كنندة هليوستات (HC) روبرو هستيم. همانطور كه قبلاً گفته شد براي تسهيل ارتباطات و افزايش قابليت انعطاف سيستم تعدادي رابط به اسم كنترل‌كنندة ميدان هليوستات HFC (٦ عدد) نيز بين HAC و HC ها قرار گرفته است بدين ترتيب HAC مستقيماً با HFC ها در ارتباط است و HFC ها مستقيماً با HC ها در ارتباط مي‌باشد.

در هر سطح ارتباطي مسائل زير بايد تعيين شود.

- توپولوژي شبكه (حلقه يا ستاره)
- سرعت انتقال اطلاعات
- پروتكل انتقال اطلاعات
- ميانة فيزيكي انتقال اطلاعات (Media)

سرعت انتقال اطلاعات وابسته به حجم اطلاعاتي است كه قرار است انتقال پيدا كند. همين‌طور وابسته به توپولوژي شبكه نيز مي‌باشد. پروتكل انتقال اطلاعات بستگي به توپولوژي شبكه، امنيت داده‌ها، فاصلة انتقال و .... دارد. ميانة فيزيكي انتقال اطلاعات با توجه به فاصلة انتقال و سرعت و در ضمن ميزان امنيت مورد نياز داده‌ها در مقابل نويز و ساير اختلالات و اغتشاشات خارجي تعيين مي‌گردد. انتخابهاي ممكن براي ميانة فيزيكي انتقال اطلاعات فيبر نوري كابلهاي كواكسيال و ارتباط راديويي مي‌باشد. با توجه به فاصله و نرخ انتقال اطلاعات نسبتاً كم كابلهاي كواكسيال به خاطر قيمت كمتر انتخاب مناسب هستند.

كامپيوتر HAC از طريق باس داده سريال با ٦ كنترل‌كنندة ميدان (HFC) ارتباط برقرار مي‌كند. هر HFC نيز حداكثر با ۳۲ كنترل‌كنندة هليوستات از طريق يك باس داده ارتباط برقرار مي‌كند. بدين ترتيب توپولوژي حلقه در سطح ارتباطي بين HAC و HFC و توپولوژي ستاره در سطح ارتباطي بين HFC و HC ها استفاده مي‌گردد.

داده‌هايي كه بين HAC و هر HFC جابجا مي‌شوند شامل بردار موقعيت خورشيد، تقاضاي اعلام وضعيت هليوستات از HFC، اعلام وضعيت هليوستات توسط HFC و دستورات عملياتي مختلف مي‌باشد. از آنجا كه هرHFC با يك باس جداگانه به HAC وصل شده است ملاحظات خاصي براي عملكرد اتصال HFC به HAC مورد نياز نيست.

عملكرد اتصال بين HFC به HC به علت اينكه هر HFC با چندين HC در ارتباط است متفاوت مي‌باشد. دستورات و اطلاعاتي كه از HFC صادر مي‌شود توسط مدار

واسطة تعبيه شده در HFC به اولين HC در مسير مي‌رسد. گيرندة HC دستور و داده‌ها را دريافت كرده و اگر دستور مربوط به تمام HC ها باشد، مدار منطقي كه در داخل HC تعبيه شده بلافاصله دستور را به فرستندة HC براي ارسال به HC بعدي مي‌فرستد. در عين حال دستور را به ميكروكامپيوتر HC نيز مي‌فرستد. اين كار باعث مي‌شود كه صرفنظر از زمان كم تأخير خط فيبر نوري دستور به تمام HC ها تقريباً همزمان برسد. اگر فرمان يا داده مربوط به همان HC باشد، لاجيك داخلي مانع از انتقال آن به HC هاي بعدي مي‌گردد و اگر فرمان و داده متعلق به HC ديگري باشد فقط آنرا در اختيار فرستندة HC مي‌گذارد. HFC دستور تقاضاي وضعيت براي HC صادر نمي‌كند بلكه بعد از ارسال فرامين و داده‌ها به تمام HC ها، هر HC به نوبت اطلاعات وضعيت خود را به HFC ارسال مي‌كند.

باس انتقال اطلاعات بين HFC و HAC و همين‌طور بين HFC و HC ها به صورت dual redundant بوده و در صورت بروز اشكال در باس اول، باس دوم بطور اتوماتيك وارد عمل مي‌شود.

سرعت انتقال اطلاعات روي خط ارتباطي بين HFC، HAC و همين‌طور بين HFC و HC هاي زير گروهش، ده برابر نرخ انتقال اطلاعات كه در بخشهاي قبل محاسبه شد انتخاب مي‌شود. بنابراين سرعت انتقال اطلاعات ٢٤ كيلوبيت در ثانيه بدست مي‌آيد.

٨ـ٣ـ ايمني تشعشع (Beam Safety)

كنترل شعاعهاي بازتابش از ميدان هليوستاتها براي ايمني پرسنل در محل و براي حداقل كردن شعاعهاي نوري سرگردان كه پرسنل خارج از محل را در معرض قرار مي‌دهد مهم است. هليوستاتها روزانه از وضعيت استراحت افقي يا استراحت عمودي به وضعيت آماده‌باش براي دنبال كردن و يا بالعكس تغيير وضعيت مي‌دهند. تصاوير هليوستاتها، در رفتن به وضعيت آماده‌باش، روي مسيرهاي فرضي (Corridor) از دو نقطه روي زمين به دو نقطة آماده‌باش در دريافت‌كننده مي‌روند. لازم به يادآوري است كه دو نقطة آماده‌باش دريافت‌كننده، نقاطي در فضاي اطراف دريافت‌كننده ولي نزديك به آن مي‌باشند. در هر حال، در زمان تغيير وضعيت، بسته به فاصلة كانوني آينه‌ها شدت نور در حوالي سطح زمين مي‌تواند تا ٥ يا ٦ برابر شدت نور خورشيد و در نقاط بالاتر از سطح زمين (با فاصلة ١ الي ٢ متر) تا حدود ٣٠ برابر شدت نور خورشيد نيز برسد. از آنجا كه در شدتهاي نور بيش از ٤ يا ٥ برابر نور خورشيد آسيبهاي شديد به شبكيه چشم وارد مي‌گردد بنابراين در هنگام

طي مسيرهاي فرضي (Corridor walk) پرسنل مجاز به ورود به محدودة ميدان يا گذر از جاده‌هاي دسترسي داخل ميدان نيستند. براي ايمني بيشتر، بايستي پايه‌هاي لازم در نزديك به نقاط قابل دسترس هليوستاتها كه با نوارهاي قرمز مشخص شده است قرار داده شود تا نشاندهندة محدودة شدت حداكثر شار نوري باشد. با تمام اين تمهيدات دور نگه داشتن پرسنل از محدوده‌هاي خطرناك دشوار مي‌باشد. بنابراين بهتر است كه طي مسيرهاي فرضي قبل از طلوع آفتاب و بعد از غروب خورشيد انجام پذيرد.

۹ـ۳ـ ساعت

با توجه به اينكه دقت كلي هدفگيري هليوستاتها بايد ۰/۵ ميلي راديان باشد، دقت ساعت بايد به گونه‌اي باشد كه خطاي ايجاد شده توسط آن كمتر از $\frac{1}{10}$ خطاي هليوستات يا ۰/۵ ميلي راديان شود. با توجه به اينكه خورشيد با سرعت زاويه‌اي ۲۷ ميلي راديان در ثانيه در آسمان حركت مي‌كند دقت ساعت برابر با $\frac{1}{2}$ ثانيه (كه خطايي برابر ۰/۰۳٦ ميلي راديان ايجاد مي‌كند) مناسب به نظر مي‌رسد. خطاي زمان شامل خطاي تنظيم و خطاي drift مي‌باشد كه خطاي تنظيم خطاي غالب است. بنابراين خطاي تنظيم بايد كمتر از ۰/۵ ثانيه بوده و قابليت تنظيم مجدد آن در فواصل زماني مشخص فراهم گردد.

خود ساعت و مدارهاي واسطه براي تنظيم آن بايد در HAC تعبيه شوند.

٤ـ نتيجه‌گيري

در اين مقاله، طرح بخش سيستم كنترل ميدان هليوستاتها مورد توجه قرار گرفت. در هر مورد انتخابهاي ممكن در نظر گرفته شده و بهترين انتخاب با توجه به مواردي همچون قيمت، قابليت خريد يا ساخت در داخل كشور، عملكرد مطلوب و ... بدست آمد.

مراجع

1- J. Person, B. Chen. “An Assessment of Heliostat Control System Methods” Solar Energy Research Institute, SERI/SP…253-2390, 1986.
2- Sandia National Labs, “Solar Central Receiver plant Control System Concept” SAND 88-8104, 1988.
3- Martin Marietta, Second Generation Heliostat Development, Volume 1, 1981, MCR-81. 1731.

4- MC Donell Douglas, Second Generation Heliostat Design, Volume 1, MDC G8631, 1980.