

RENDSZERHŰTÉS MÉRETEZÉSÉNEK KÉRDÉSEI

AXIÁLIS DC HŰTŐVENTILÁTOROK ALKALMAZÁSAKOR

HŰTŐVENTILÁTOROK AZ ENDRICH KÍNÁLATÁBAN

(2. RÉSZ)

A hűtés korunk elektronikájának egyik legfontosabb kérdése, mert felhasznált aktív és passzív komponenseink élettartama nagyban függ attól, hogy az átfolyó áram keltette hő milyen hatékonyan vezetjük el a külvilág felé. A helyesen megválasztott hűtőbordák és maga a nyomtatott áramköri lemez kialakítása is nagyban hozzájárul a kielégítő hőelvezetéshez, azonban bizonyos esetekben aktív hűtésre, például kényszerített légmozgatásra van szükség. Ennek pontos méretezésével a tervezőmérnökök sok esetben nem bajlódnak, mert csak a funkcionalitásra fókuszálnak, és egy találmányra kiválasztott ventilátorral megoldják a kérdést, ami a mechanikai méretek szükségtelen növelését, vagy rosszabb esetben a hűtés alulméretezését vonja maga után. A mai miniaturizálási trendek nem engedik meg a felesleges térfogatot, a verseny pedig kikényszeríti a megbízhatóságot. Így a hűtés tervezésére már a tervezés korai fázisában sort kell keríteni. Szem előtt kell tartani, hogy nemcsak az elsődleges funkció a fontos, hanem a teljes rendszer, hiszen csakúgy, mint áramkörvédelem nélkül, hűtés nélkül ez a funkció sem biztosítható hosszú távon, megbízhatóan és takarékosan. Cikkünk a kielégítő hűtési megoldás néhány fontos szempontját tárgyalja

Amikor egy eszköz hűtéséről kell gondoskodni, a keletkezett hő háromféleképp távozhat:

1. Hővezetés útján, amikor a hőforrás érintkezik a hővezető anyaggal, például a nyomtatott áramköri lemezzel vagy a direkt csatolt hűtőbordával.
2. Hősugárzás útján, amikor a hőenergia elektromágneses hullám formájában távozik.
3. Hőáramlás (konvekció) útján, mely során a hőelvezetés egy, az elektronikai komponens körülvevő közeg felmelegedő részecskéinek tovaáramlásával biztosított.

Ez utóbbi mód játssza a legfontosabb szerepet az elektronikai rendszerek aktív hűtésében. A konvekció lehet természetes, amikor a légáramlást a hőmérséklet-különbségek hozzák létre, és kényszerített, amikor az áramlást külső erő, például egy impellerlapát forgása kelti. Ez utóbbi mód rendkívül hatásos lehet elektronikai alkatrészek hűtésénél, akár a nagy mennyiségű levegőt szállítani képes axiális, akár a sűrűn beépített áramköri lap nagy légellenállását legyőzni képes, nagy statikus nyomást biztosító radiális hűtőventilátort alkalmazunk.

A legfontosabb tervezési szempont, hogy hagyjunk elegendő helyet a légá-

ramlás számára a hőkeltés szempontjából kritikus komponensek körül, kiemelt figyelmet fordítva legalább a légbeömlés és a légkieresztés megoldására, és természetesen álljon rendelkezésre elegendő hely és tápellátás a ventilátor számára is. Ha ezekre a szempontokra a tervezés korai fázisában odafigyelünk, már nagy lépést tettünk a rendszer ideális működtetéséhez, és nem kell majd később kompromisszumokat kötni a funkcionalitás és a hűtés egymás ellen ható igényei terén.

Amikor kényszerített légáramlásos hűtést alkalmazunk, a komponenseken keletkező hő nagy része a következő úton távozik a készülékhez:

1. Komponens melegezése.
2. Hőátadás a komponensről a környező levegő részecskéik felé.
3. A hő kiáramlása a távozó levegővel.

A második tényezőt kedvezően befolyásolhatjuk, ha nagy hőleadási felületet biztosítunk a komponens számára, vagy ha növeljük a légáramlatot. Előbbi esetben nagyobb méretű alkatrészt választunk, vagy hűtőbordát

illesztünk hozzá, utóbbi pedig vagy jobb alkatrész-elrendezéssel, vagy nagyobb légbeömlő nyílás, esetleg további ventilátor vagy nagyobb forgási sebesség alkalmazásával lehetséges.

Aktív légűtés esetén választhatunk olyan módszert, amikor a hűtőventilátor a meleg levegőt kiszívja a készülék házból, vagy olyan megoldást is, amikor hideg levegőt fújunk a melegedő alkatrészre, és bár mindkét esetben közel azonos légmennyiség használható hűtésre, mégis mindkét elrendezésnek vannak előnyös és hátrányos tulajdonságai. A ventilátorba lépő levegő laminárisan áramlik, azaz a légáram keresztmetszetén rétegesen eltérő sebességgel, de azonos irányba mozognak a levegő részecskék. Emiatt meleglevegő-kiszívás esetén viszonylag egyenletes hűtés valósul meg, nem jellemző a megrekedt levegő miatt kialakult hot-spot. Az impeller kilépőoldalán turbulens áramlás alakul ki, mely ugyanolyan légmennyiség mozgatása esetén akár kétszer jobban hűt, mint a lamináris légáramlat, azonban ez a nagyon aktív zóna a recirkuláló levegő miatt közvetlen a ventilátor kiömlőnyílása elé koncentrálódik, és távolabb nagy légmennyiség-veszteség léphet fel, ami befűvások hűtés esetén gyenge diszzipációt jelent a készülék belsejében. Emiatt nagyon kell ügyelni arra, hogy



1–2. ábra. Meleglevegő-kiszívásos és -befűvások, kényszerített konvekció

a teljes készülék-hosszon megfelelő legyen a légáramlat. A tervezéskor a lehető legjobban ki kell használni a természetes konvekciót is, ügyelve arra, hogy a jobban melegedő komponensek egy kevésbé kritikus ne akadályozza a hőleadásban, a nagy alkatrészek ne fogják fel a légáramot a melegedő kis komponensek előtt.

A meleg levegőt kiszívó ventilátor csökkenti a készülékben lévő légnyomást, ami azt eredményezi, hogy poros környezetben a levegőben lévő részecskék a beömlőnyílásokon és a készülék-ház repedésein keresztül bejutnak és lerakódnak a komponenseken. Ebből a szempontból előnyösebb a befúvásos hűtés alkalmazása, ahol a ventilátor elé szűrőt helyezve megakadályozható a por behatolása, és mivel a készülék belsejében enyhe túlnyomás uralkodik, a por a repedéseken, szűrtelen beömlőnyílásokon sem fog bejutni. Természetesen a szűrőket időnként cserélni kell, mert eldugulás esetén nem fog a disszipációhoz elegendő levegő áramolni a készülékbe. A befúvásos hűtés másik előnye, hogy a szobahőmérsékletű levegő sokkal kisebb mértékben terheli a csapágyzatot, mint a szívóventilátoron átáramló meleg levegő, ez pedig akár kétszer-háromszor hosszabb élettartamot is jelenthet.

A cikksorozat előző részében bemutatuk a radiális (blower) és az axiális ventilátorok közti különbségeket, természetesen a hűtési megoldás választásánál elsődleges a geometria megválasztása. Nagyobb légáram eléréséhez axiális ventilátort, nagyobb légnyomás esetére pedig radiális blowert célszerű választani. Mivel jelen írásunkban axiális DC ventilátorokkal foglalkozunk utóbbiak méretezési kérdéseitől eltekintünk, és nagyobb nyomás eléréséhez – ha szükséges – több soros elrendezésű, axiális ventilátort használunk.

A helyes ventilátorválasztás egy sor tényezőtől függ, de elsősorban a rendszer teljes hőtermelése, termikus egyensúlya, a maximálisan megengedhető hőmérséklet-emelkedés befolyásolja.

A szükséges légmennyiség Q [m^3/min] számításához a következő értékeket kell meghatározunk:

- Az alkatrészek disszipáció formájában elvesztett összteljesítmény: P_{loss} [W].
- A légáramlatnak ellenálló alkatrészek sűrűségét jellemző k konstans ($k = 80\text{--}95$ ritka elhelyezéskor, $k = 60$ sűrűn elhelyezett alkatrészek esetén).
- A maximálisan megengedhető hőmérséklet-emelkedés, amit a komponensek üzemi hőmérséklet-tartománya határoz meg ΔT

$$Q = \frac{P_{\text{loss}}}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta T} \cdot k,$$

Ahol:

Q : a szükséges légmennyiség [m^3/min],

c_p : a levegő hőkapacitása állandó nyomáson, értéke $1007 \text{ J}/(\text{kgK})$,

ρ : a levegő sűrűsége $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ @ 25°C

A konstansok szokásos gyakorlati értékét figyelembe véve, a szükséges légmennyiség az alábbi egyszerűsített formában is megadható:

$$Q = \frac{P_{\text{loss}}}{\Delta T} \cdot 0,05 [\text{m}^3/\text{min}].$$

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy 200 W hővesztéséget termelő rendszer számára 20°C -ot meg nem haladó hőmérséklet-emelkedést $0,5 \text{ m}^3$ percenkénti légárammal biztosíthatunk. Sajnos, ez az elméleti számítás annak ellenére, hogy pontos képet ad a hűtőigényről, önmagában semmire sem használható, mert nem veszi figyelembe sem a ventilátor, sem a hűteni kívánt rendszer geometriai sajátos-



AY09212HB257100

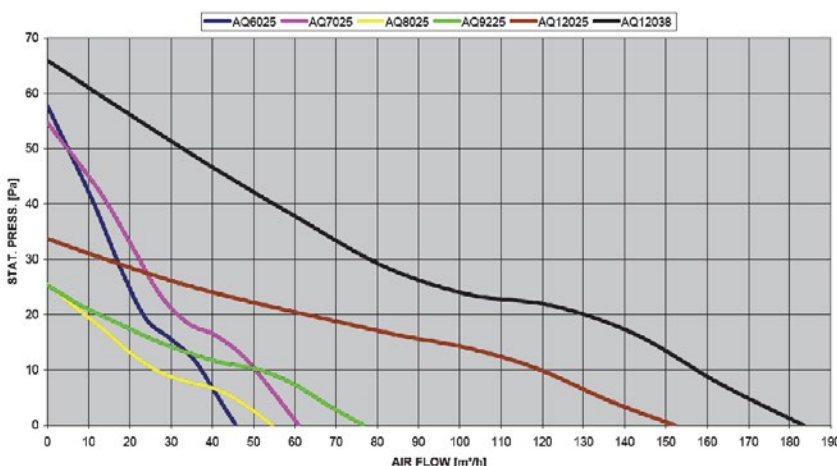
Nedves környezetbe!

Az ADDA új IP68 védettséggel rendelkező ventilátor sorozata

- Por- és vízálló kivitel
- Áramütés elleni védelemmel
- Továbbfejlesztett hőelvezetéssel
- Elérhető 4 vezetékes változatban is (fordulatszám mérés és szabályozás)
- Megfelel a DIN EN IEC 60529 szabvány előírásainak



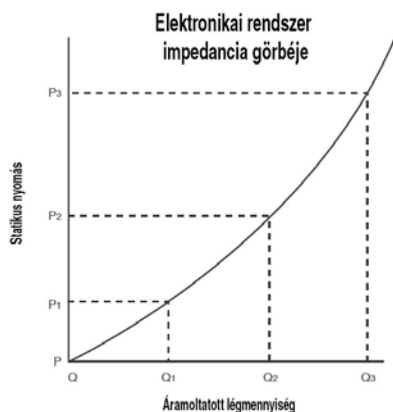
www.endrich.com



3. ábra. Tipikus axiális ventilátor-légáram–statikusnyomás–jelleggörbék

ságait, így sokkal bonyolultabb annak kiszámítása, hogy egy valós rendszerben egy adott hűtőventilátor által biztosított légáram mennyire közelíti meg ezt az értéket. Ehhez szükséges ismernünk a ventilátorra jellemző nemlineáris összefüggést annak légarama és statikus nyomása között, melyet a 3. ábrán bemutatott jelleggörbék reprezentálnak. Maximális statikus nyomás lép fel, ha a ventilátorból kilépő levegő útja teljesen el van zárva, azaz a szállított légmennyiség nulla (Y tengely). A ventilátor által maximálisan szállított levegőmennyiség a jelleggörbe X tengellyel való metszéspontjából olvasható le, ekkor a statikus légellenállás 0, a levegő szabadon áramlik.

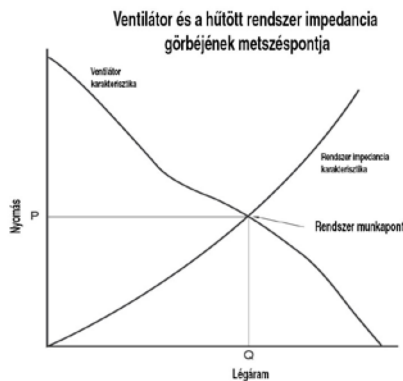
A hűtendő elektronika valós viszonyok közötti, a légárammal szembeni ellenállóságát leíró jelleggörbe a rendszerimpedancia-görbe (system impedance curve – SIC). Kiolvasható belőle a hűtött készülékház légárammal szembeni ellenállása (statikus nyomásérték) a rákényszerített levegő térfogatiáram-függvényében, ami egy közel másodfokú egyenlettel írható le: $P_s \sim Q^{1.75 \dots 2}$. Maga a görbe gyakorlati úton vehető fel, különböző térfogati légmennyiségek áramoltatásakor fellépő nyomás mérésével.



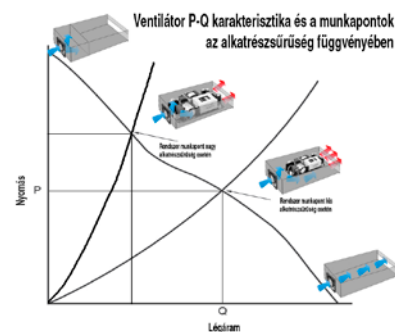
4. ábra. Elektronikai készülékház szokásos impedanciagörbéje

A hőáramoltatással hűtött rendszerben a fenti két jelleggörbe, a ventilátorra jellemző P-Q légszállítási görbe és a hűtött rendszerre jellemző impedanciagörbe metszéspontja adja a ventilátor adott applikációban való működésére jellemző munkapontot.

Az 5. és 6. ábrán látszanak a ventilátor jelleggörbéjének nevezetes pontjai. A „nyomás” (Y) tengellyel való metszéspont a maximális légnyomásértéket mutatja meg, feltételezve, hogy a légáramlat akadályba ütközik, a szállított



5. ábra. A munkapont meghatározása



6. ábra. A munkapontot adott típus esetén, adott fordulatszámon az alkatrészszűrőség határozza meg

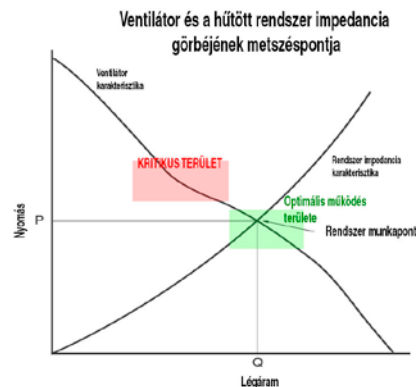
légmennyiség nulla. Az X tengellyel való metszéspont a szabad, akadálymentes, maximális térfogatú légáramlatot határozza meg. A két példaként bemutatott munkapont közül az egyik a nagy alkatrészszűrőségű, míg a másik a szellősebb elrendezést jellemzi. Előbbi esetben a rendszer nagyobb légellenállását csak nagyobb nyomással tudja a ventilátor legyőzni és kevesebb levegőt képes átpréselni a rendszeren, míg utóbbi esetben a szabadabb áramlás miatt kisebb nyomás is elegendő nagyobb légmennyiség átáramoltatásához. Mindkét esetben ugyanaz a hűtőventilátor került alkalmazásra, de a hűtendő készüléket leíró rendszerimpedancia-görbék eltérőek.

A fentiek ismeretében már elkezdhetjük a megfelelő hűtőventilátor kiválasztását.

Ma többnyire DC ventilátorokat használunk, mert sokkal kisebb az energiafogyasztásuk, hosszabb az élettartamuk és fordulatszámuk arányos a kapcsolófeszültséggel, ami fordulatszám-szabályzásukat könnyíti meg. Minél kisebb a fordulatszám, annál halkabb a ventilátor, annál kisebb a fogyasztás, és a gyengébb csapágykopás miatt az élettartam is nő. Ráadásul kevesebb elektromágneses in-

terferenciát keltenek az AC változatoknál, és nem kell számolni a földrészenként eltérő hálózati feszültség- és frekvencia-értékekkel. Ezért írásunkban a DC ventilátorok kiválasztásával és jellemzésével foglalkoztunk.

A szükséges légáram meghatározása után a készülék statikus nyomás–légáram (rendszer impedancia)-görbéjének ismeretében kijelöljük azt a statikus nyomástartományt, amit a hűtéshez minimálisan szükséges légáram biztosításához a ventilátornak le kell győzni. Ezután a ventilátorgyártó katalógusából olyan eszközt választunk, ami az adott légmennyiséget ezen nyomás feletti értékén képes szállítani. Érdekes a munkapontot úgy megválasztani (szükség esetén a térfogati légáram felülméretezésével), hogy a ventilátor jelleggörbéjén megfigyelhető, az alábbi ábrán pirossal jelölt területet kerüljük el!



7. ábra. A kritikus és az optimális munkaponti terület

Ez a terület az ún. „stall”-zóna, amikor is a légáramlat „megakad” az impeller kilépőéle mögött: ez turbulenciához, vibrációhoz vezet, ami jelentős negatív hatással lesz a működésre. Az első legjellemzőbb ilyen negatívum a zaj azonnali megjelenése, de hosszabb ideig ezen a területen lévő munkapont anyagfáradáshoz és élettartam-csökkenéshez vezet. Érdekes a munkapontot az optimális zónában tartani.

A kiválasztás további szempontja lehet a halk működés az optimális területen lévő munkapontban, ehhez érdemes a lehető legnagyobb geometriai méretű ventilátort választani. A nagy méret alacsonyabb fordulatszámmal párosul, a zaj tehát kicsi marad. Ez azonban ellene hat a mai kor miniaturizálási igényeinek: ma kis méretű, vékony hűtőventilátorral szeretnénk megvalósítani a feladatot, ez pedig magasabb fordulatszámigényt jelent, ami

növeli a zajt. Ha egy ilyen kis ventilátor nem elegendő, de nincs hely nagyobb átmérőjű változat számára, akkor több, egymás mellé vagy mögé helyezett ventilátor megoldást jelenthet, de ez is a zaj, valamint a meghibásodások valószínűségének növekedésével jár, igaz, a redundancia akár növelheti a megbízhatóságot is.

Ezért fontos, hogy a méret kérdését jól vizsgáljuk meg, mert ez nemcsak dizájn és technológiai trend kérdése, de hosszú

távon befolyásolni fogja a termék árát is. Sorozatunk következő részében áttekintjük, hogy miként lehet befolyásolni a hűtést több ventilátor egyidejű alkalmazásával, hogyan módosul ilyenkor a P-Q jelleggörbe, miként lehet nagyobb nyomást vagy nagyobb térfogati légáramot elérni. Áttekintjük az axiális DC hűtőventilátorok fordulatszám-szabályzásának lehetőségeit is.

(folytatjuk)

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] CLAUDIUS KLOSE – ELEKTROMECHANIKUS KOMPONENSEK TERMÉKNEDZSERE – ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH. – „PROPER FAN SELECTION”
[2] NMB-MAT FAN CATALOGUE – „FAN ENGINEERING”



KISS ZOLTÁN, Z.KISS@ENDRICH.COM

KELET-EURÓPAI ÉRTÉKESÍTÉSI VEZETŐ, ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH

WWW.ENDRICH.HU



20W-OS KNX TÁPEGYSÉG KNX-20E-640

- Univerzális AC bemenet (180-264 VAC/254-370 VDC)
- Üresjáratú teljesítmény <0,5W
- Rövidzár, túláram, túlfeszültség, túlmelegedés elleni védelem
- DIN-sínre szerelhetőség
- Minden KNX jelzéssel ellátott termék tápellátására alkalmas



Alkalmazási területek

- Fényerőszabályzás
- Hűtési/fűtési rendszer szabályzása
- Riasztások monitorozása
- Energiahatékonyság mérése/vezérlése
- Biztonsági rendszerek felügyelete
- Automatizálás és távfelügyelet



ATYS-CO KFT. 1107 BUDAPEST, FERTŐ U. 14. | TEL: 06-1-433-0444 | FAX: 06-1-433-0442 | E-MAIL: SALES@ATYSCO.EU

WWW.TAPEGYSEGARUHAZ.HU

