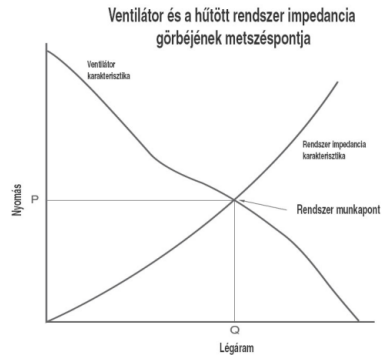




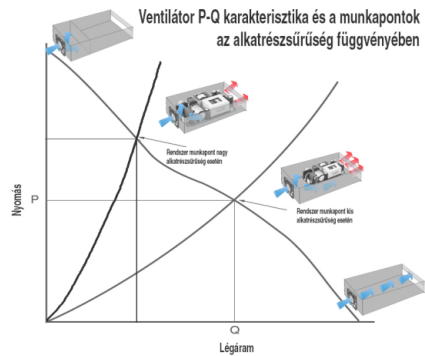
## A hűtésteljesítmény befolyásolása axiális hűtőventilátorok alkalmazásakor - III.

Cikkorozatunk előző részeiben áttekintettük az axiális DC hűtőventilátorok méretezésének és munkapontbeállításának kérdéseit annak érdekében, hogy az elektronikai rendszerünkben keletkezett hő kényszerített légáramlással való elvezetése a lehető leghatékonyabban valósuljon meg. Bemutattuk a szükséges légmennyiség számítását, és a készülék statikus nyomás – légáram (rendszer impedancia) görbéjének ismeretében meghatároztuk azt a statikus nyomást, amit a hűtéshez minimálisan szükséges légáram biztosításához a ventilátornak le kell győzni. Az esetek nagy részében a gyártói katalógusban találunk olyan ventilátort, ami a szükséges légmennyiséget ezen nyomásértéken képes szállítani, de mit tehetünk akkor, ha valamilyen oknál fogva ez az eszköz nem használható, például nem áll elegendő hely a beépítéséhez. Ebben az írásban áttekintjük azokat a módszereket, melyekkel befolyásolhatjuk a szállítható légmennyiséget, illetve az elérhető légnyomást adott eszköz alkalmazásakor. Megvizsgáljuk a fordulatszámváltoztatás lehetőségeit, illetve azokat az eseteket, amikor egynél több eszköz felhasználásával jutunk kielégítő megoldáshoz.

A hőáramoltatással hűtött rendszerben a legfontosabb két jelleggörbe a ventilátorra jellemző P-Q légszállítási görbe és a hűtött rendszerre jellemző impedancia görbe, melyek metszéspontja adja a ventilátor adott applikációban való működésre jellemző munkapontot.



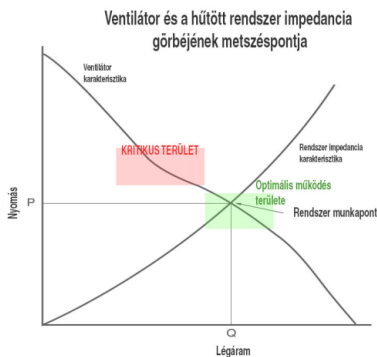
1| A munkapont meghatározása



2| A munkapontot adott típus esetén, adott fordulatszámon az alkatrészűrség határozza meg

A méretezés során a rendszerimpedanciagörbe, melyet az

alkatrészsűrűség határoz meg állandó, ventilátort pedig úgy kell választanunk, hogy adott – legtöbbször névleges – fordulatszámon vett jelleggörbéje a rendszer munkapontját lehetőleg a harmadik ábra szerinti optimális területre állítsa be.



### 3| Az optimális működés területe

Ehhez a cikksorozat előző részében bemutatott módon ki kell számítani a minimálisan szükséges légmennyiséget, majd olyan ventilátort kell választani, ami a rendszerimpedancia görbe által meghatározott nyomásértéken tudja ezt szállítani. (A szabad áramlaskor szállítani képes légmennyiség a rendszer komponenssűrűsége – a rendszer impedanciája - hatására csökken).

A kiválasztás másik szempontja a rendelkezésre álló hely és a megengedhető zajszint viszonya. Minél nagyobb ventilátort tudunk alkalmazni ugyanazon légmennyiség szállítására, annál kisebb fordulatszámon kell azt járatni, ami a zaj csökkentését segíti.

Érdeemes a kiválasztásnál előtérbe helyezni az adott méretválasztékon belül a még elégséges közepes vagy kis légmennyiséget szállító típusokat, hogy később esetlegesen megnövekedő hűtési igény esetén könnyen egy nagyobb kapacitású, ugyanolyan méretű változatra cserélhessük az elégtelen működésű ventilátort.

Ha ez nem lehetséges, akkor további hűtési kapacitás már csak komolyabb áttervezéssel valósítható meg.

A készülékház átméretezése a nagyobb hűtőventilátor befogadásához, illetve az áramlási viszonyok javítása kisebb alkatrészsűrűség biztosításával, vagy jobb szellőzéssel általában nehéz feladat, így gyakran más módszereket kell választani.

Ilyen lehet a fordulatszám szabályzás, kis fordulaton a zaj csökkenthető, még nagyobb fordulatszám esetén nagyobb statikus nyomás győzhető le és nagyobb légmennyiség szállítható.

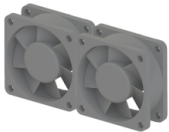
A DC ventilátorok esetében ez viszonylag könnyen megvalósítható, mivel a kapcsolófeszültség arányos a fordulatszámmal, egyszerű feszültségszabályozással tudunk operálni.

Ennek kérdéskörét a későbbiekben körülr járjuk. Elképzelhető olyan eset, amikor egyetlen hűtőventilátor alkalmazásával

nem tudjuk a kívánt munkapontot beállítani, ekkor indokolt lehet több ventilátor egyidejű használata.

Ez bár növeli a költségeket, növeli a zajszintet és a motor saját hőtermelése miatt rontja a hűtés hatásfokát is, egyes esetekben elkerülhetetlen és a redundancia okán a rendszer megbízhatóságra és jótékony hatása van.

## Több ventilátor használata – párhuzamos működés



4| Együttes alkalmazása párhuzamosan kapcsolva

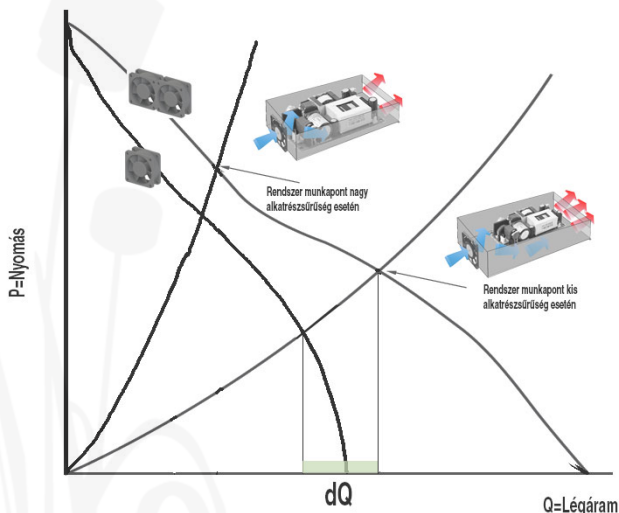
Amikor több ventilátort párhuzamosan kapcsolunk, akkor az együttes rendszer

levegő szállító képessége megemelkedik a kis statikus nyomások tartományában. Az alábbi jelleggörbén megfigyelhető, hogy az együttes alkalmazás esetén az üresjáratú légáram megnövekszik.

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ilyen elrendezéssel operálhatunk, ha a hűtendő rendszer alkatrészszűrősége alacsony, tehát a munkapont alacsony statikus nyomásszinten állítható be. Természetesen az új munkapont kicsit magasabb légnyomással is jár, azonban jelentős emelkedés a légáramban tapasztalható.

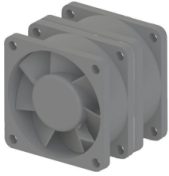
Nagyobb rendszerimpedancia esetén ez az elrendezés nem jár nagy előnnyel, hiszen a többletbefektetés nem eredményez jelentős légáramnövekedést.

### Párhuzamos ventilátor rendszer jelleggörbéje



5| Egy és két párhuzamosan kapcsolt hűtőventilátor jelleggörbéinek összevetése

## Több ventilátor használata – soros működés



6| Együttes alkalmazás sorosan kapcsolva

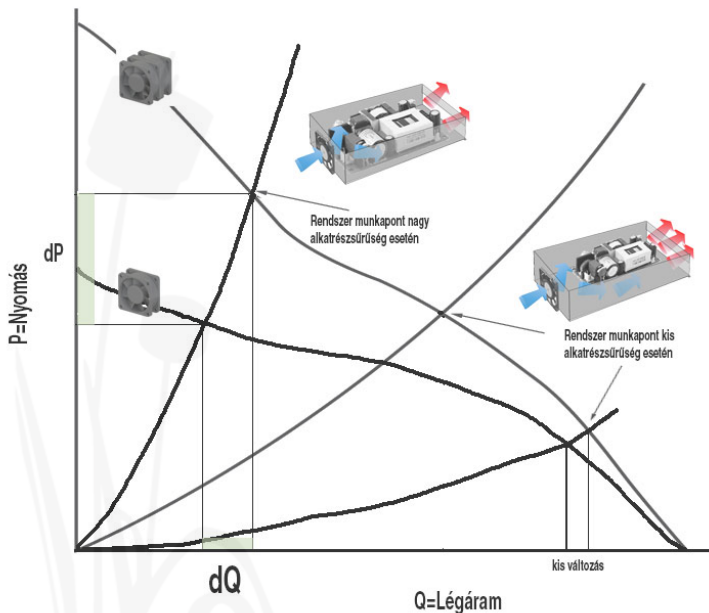
Amikor több ventilátort sorosan kapcsolunk, akkor az együttes rendszer légárama a nagy statikus nyomások tartományában emelkedik jelentősen, tehát ilyen elrendezéssel a nagy alkatrészsűrűségű, magas rendszer

impedanciával rendelkező készülékházakban érhetünk el jelentős javulást.

Ebben az esetben a munkapont nagy statikus nyomással jellemezhető területen van, a soros elrendezés a megnövekedett légáramot magasabb légnyomás mellett is képes biztosítani.

Alacsony alkatrészsűrűségnél erre a többletnyomásra nincs szükség, ott ez az elrendezés nem alkalmazható gazdaságosan, mert a befektetés nem hoz jelentős légáramnövekedést.

## Soros ventilátor rendszer jelleggörbéje



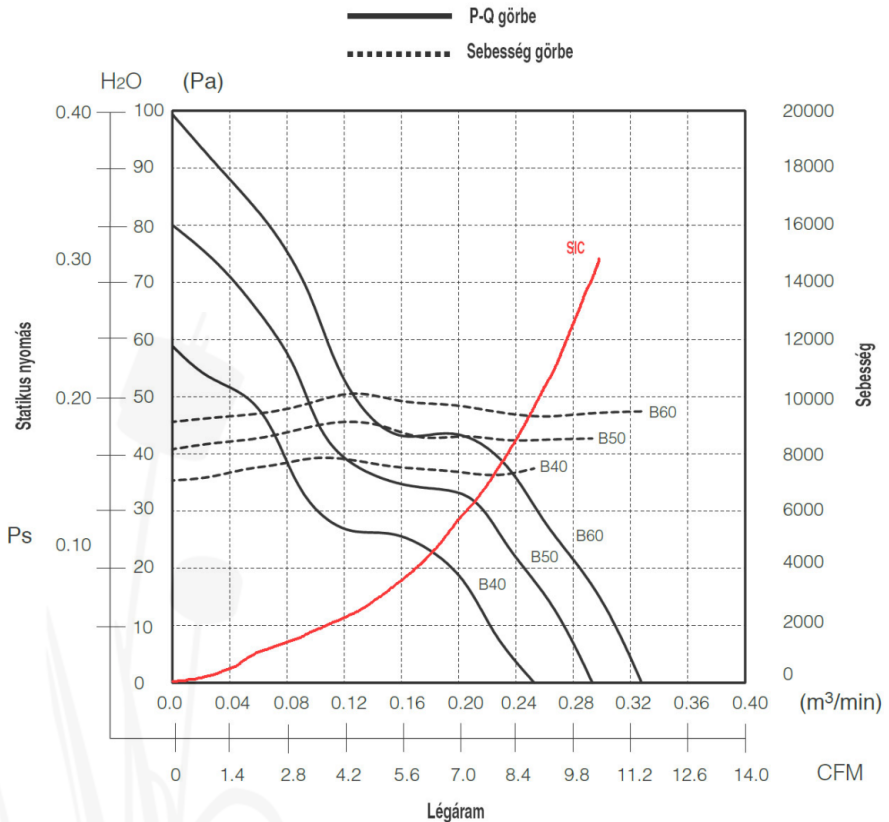
7| Egy és két sorosan kapcsolt hűtőventilátor jelleggörbéinek összevetése

## A fordulatszám hatása a légáramra

A DC axiális ventilátorok P-Q karakterisztikája különböző névleges kapocsfeszültségek, így névleges forgási sebességek esetén eltérők (lásd. 8. ábra), így ugyanazon a rendszeren alkalmazva nagyobb forgási sebesség mellett nagyobb légáram és nyomás érhető el velük.

Feltételezve a négyzetes rendszer impedancia görbét az egyes forgási sebességekhez kiadódó munkapontok rendre magasabb statikus nyomás és légáram értékekhez rendelhetők.

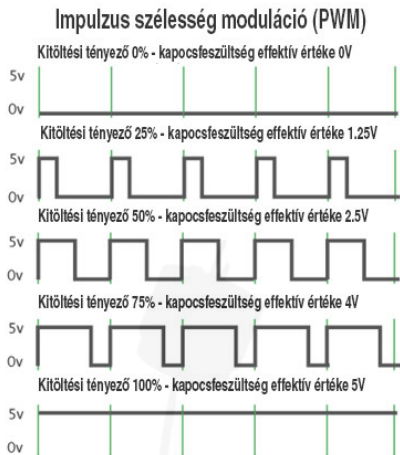
A változtatható fordulatszám kétvezetékes ventilátorok esetén külső feszültségszabályozással érhető el, de természetesen kaphatók három és négyvezetékes ventilátorok is.



8| P-Q és rendszer impedancia görbék által kiadott munkapontok eltérő fordulatszám esetén

Előbbiekénél a harmadik vezeték egy nagyfrekvenciás impulzusszélesség moduláció vezérlőjel fogadására szolgál, míg utóbbinál a negyedik vezetéken egy jeladó által szolgáltatott ún. tachó impulzus érkezik a motorból, ami annak forgási sebességére jellemző adatot ad vissza a külső szabályzóelektronika számára.

Ezen a vonalon a szokásos adatok mellett speciális vészjel, például az esetleges forgórész elakadásra való figyelmeztetés is érkezik.



9) A PWM magyarázata – a kitöltési tényező és a kapac feszültség effektív értékének viszonya

Az impulzusszélesség modulációs fordulatszám szabályzás tulajdonképpen tápfeszültség szabályzás, melynek lényege, hogy ventilátor kapcsaira jutó DC feszültséget egy tranzistoros vagy FET alapú elektronika segítségével a 0V és a névleges feszültség értékei között váltogatjuk periodikusan.

A kapac feszültség effektív értékét a két állapotban eltöltött idők aránya (kitöltési tényező) határozza meg a 9. ábra szerint.

A gyakorlatban rengeteg szabály létezik a ventilátor paramétereinek adott körülmények melletti meghatározására, ezek közül azok fontosok, melyek a térfogati légáram (CFM), a nyomás (P), az energiafogyasztás (W) és a zaj (dBA) meghatározására szolgálnak a sebesség függvényében.

Az  $RPM_1$  sebességen értelmezett értékeket  $RPM_2$  sebességre a következőképpen számíthatjuk át:

Légáram:  $CFM_2 = CFM_1(RPM_2/RPM_1)$ ;

Nyomás:  $p_2 = p_1(RPM_2/RPM_1)^2$ ;

Teljesítmény:  $P_2 = P_1(RPM_2/RPM_1)^3$ ;

Zaj:  $N_2 = N_1 + 50\log_{10}(RPM_2/RPM_1)$ ;

A fentiekből néhány nagyon fontos következtetés vonható le, melyet a hűtőventilátor kiválasztásánál feltétlenül figyelembe kell venni.

A fordulatszám emelkedésével

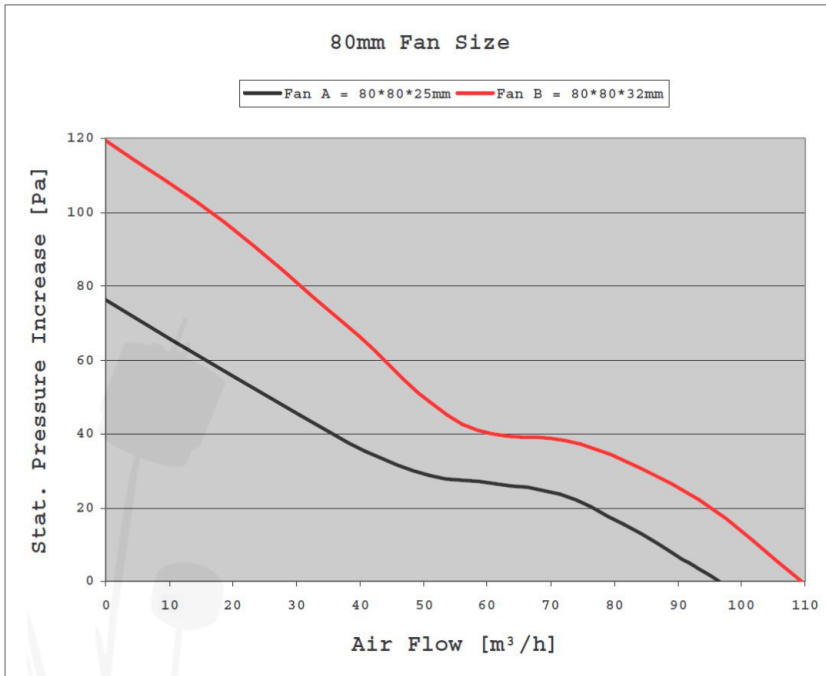
- (+) növekszik a légáram
- (+) négyzetesen növekszik a nyomás
- (-) jelentősen nő a zaj,
- (-) jelentősen nő a motor melegedése
- (+) a csapágó terhelése miatt csökken az élettartam

Egy példán keresztül szeretnénk bemutatni ezek jelentőségét. A 10. ábrán két hűtőventilátor P-Q karakterisztikája látható. A ventilátorok paraméterei a következők:

A:	B:
80x80x25 mm	80x80x32 mm
4200 Rpm	4600 Rpm
3.96W	4.20W
44 dB(A)	46 dB(A)

Feltételezzük, hogy a B jelzésű eszköz elegendő hűtést biztosítana a rendszer számára, de helytakarékosági okokból a vékonyabb kivitel (A) választjuk.

A megfelelő térfogati légáram és nyomásszint biztosítására az A jelű ventilátort ~10%-kal magasabb fordulatszámon kell járatnunk, ami 31.4%-kal magasabb fogyasztást, nagyobb disszipációt (melegedést),



#### 10| Két különböző ventilátor összehasonlítása

A fenti példában a két eszköz fizikai méreteit tekintve csak a vastagságukban van különbség.

jelentős többletjárat és a csapágy megemelkedő terhelése miatt jelentősen csökkenő élettartamot jelent.

A melegedés negatív hatása tovább rontja a várható élettartamot, ami ott mutatkozik meg igazán, ha figyelembe vesszük az egyes szakértők szerinti tényt, hogy a ventilátormotor tartós 10°C-os hőmérsékletemelkedése 20.000 óra (kb. 40%) élettartamcsökkenést okoz.

A fentiekből látható, hogy az adott rendszerre vonatkozó hűtési megoldások választásakor érdemes tartalékot képezni a szükséges légáram terén, érdemes egy, lehető legnagyobb fizikai méretű hűtőventilátort alkalmazni, akár a névlegesnél alacsonyabb fordulatszámon járátva, ha ezt a rendszer méretezése lehetővé teszi.

Ha valamilyen oknál fogva nagyobb statikus nyomásra vagy nagyobb térfogati légáramra van szükség, az elrendezéstől függően több lehetőség is van: emelhetjük a fordulatszámot és alkalmazhatunk több (soros vagy párhuzamos elrendezésű) hűtőventilátort is.

Mіндеzen esetekben gondosan meg kell vizsgálni, hogy az adott megoldás milyen tényleges többlet előnnyel bír és mekkora befektetésigénye van, mert sokszor előfordul rossz méretezésnél, hogy például több ventilátor melegedése nagyobb, mint amekkora többlethűtést a rendszer számára az extra eszköz jelent.

Emellett a gazdaságosságot is vizsgálni kell, a második, harmadik ventilátor ára, a matematikai meghibásodási valószínűség emelkedése, a fogyasztás emelkedése mind kihat a végtermék árára és üzemeltetési költségeire.

Felhasznált irodalom:

[1] Claudius Klose – elektromechanikus komponensek termékmenedzsere - Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH. – „Proper fan selection”

[2] NMB-MAT fan catalogue – „Fan engineering