

Elektronikus indítású, energiatakarékos szinkron kismotor

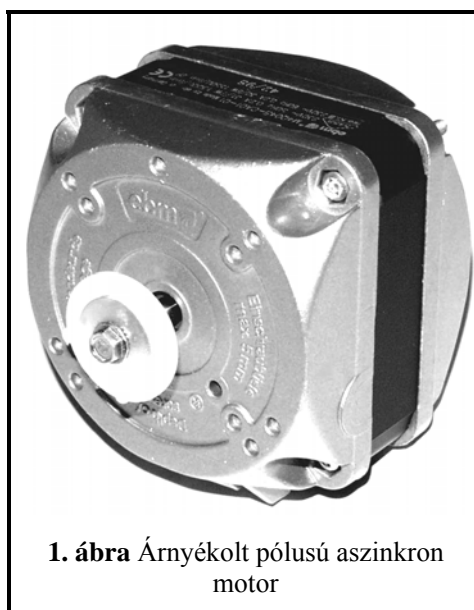
Dr. Lelkes András¹, Dr. Szabó Loránd²

¹) ebm Werke GmbH & Co. KG, Mulfingen / Németország
lelkes@ieee.org

²) Kolozsvári Műszaki Egyetem / Románia
Lorand.Szabo@mae.utcluj.ro

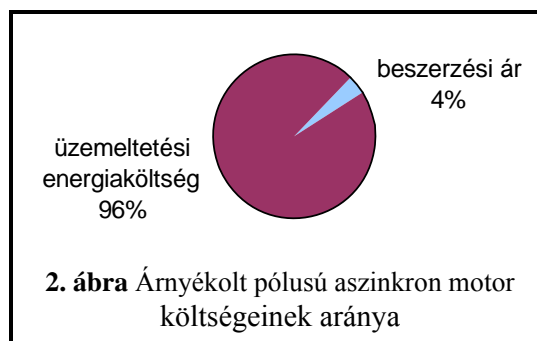
1. Bevezetés

A legolcsóbb aszinkron kismotor a nagy sorozatban gyártott egyfázisú, árnyékolt pólusú motor. Ennek fő hátránya a teljesítményéhez képest magas anyagigénye, korlátozott élettartama, rossz teljesítménytényezője, alacsony hatásfoka és kicsi indító nyomatéka. Legelterjedtebben ventilátorok meghajtására használják, mivel ezek nem igényelnek nagy indító nyomatékot. Az **1. ábrán** egy 4-pólusú árnyékolt pólusú motort láthatunk. Ezt a motort leginkább hűtőpultokban, klímaberendezésekben és hőcserélőkben használják. A motor 5 W névleges leadott mechanikai teljesítménynél 16%-os hatásfokkal és $\cos \varphi = 0,69$ teljesítmény tényezővel dolgozik. Ez az alacsony hatásfok azt jelenti, hogy az 5 W mechanikai teljesítmény előállításához a motor 31 W villamos teljesítményt vesz fel a hálózatról. A 26 W különbség hőenergiává alakul és fűti a motort, valamint annak környezetét. Ez utóbbi különösen a hűtőpultokban igen hátrányos.



1. ábra Árnyékolt pólusú aszinkron motor

A **2. ábrán** láthatjuk a motor beszerzési árának és üzemeltetési energiaköltségének arányát. A motor belsejének magas hőmérséklete ezenkívül erősen csökkenti a csapágyak várható élettartamát. Így a motor olcsó beszerzési árát hamar kompenzálja a számottevő üzemeltetési energiaköltség és a berendezéseknek a motor rövid élettartamából adódó magas karbantartási ráfordítása.



2. ábra Árnyékolt pólusú aszinkron motor költségeinek aránya

2. Energiatakarékos alternatívák

A hűtőpultok, klímaberendezések és hőcserélők ventilátorainak meghajtására más típusú motorok is használhatók. A továbbiakban meg fogjuk vizsgálni ezek hatékonyságát energetikai szempontból.

A segédfázisú, üzemi kondenzátoros aszinkron motorok kiváló teljesítmény tényezővel ($\cos \varphi \approx 1$) rendelkeznek és némileg magasabb hatásfokkal dolgoznak mint az árnyékolt pólusú aszinkron motorok. Azonban lényeges hatásfoknövelést az egyfázisú aszinkron motorokkal nem lehet elérni. Ezeken az alkalmazási területeken a kommutátoros univerzális motorok általában nem jöhetnek szóba a korlátozott élettartamuk miatt, mivel a ventilátoroknak sok esetben állandó üzemmódban kell működniük. A kapcsolt reluktancia motorokat magas zajuk miatt nem használják szellőzőkben. Így a szóban forgó alkalmazási területeken csak állandó gerjesztésű szinkron motorokkal lehet magas hatásfokot elérni.

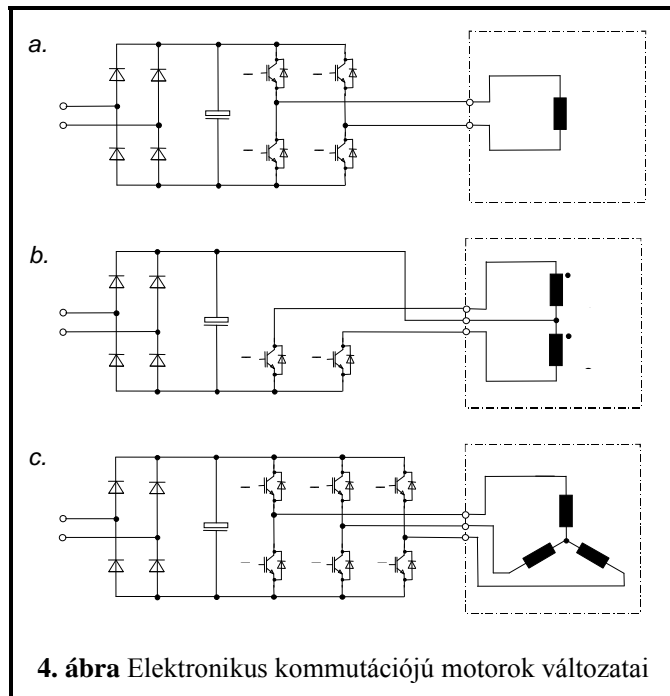
A kefenélküli egyenáramú motoregység egy speciálisan kiképzett szinkron motorból és egy elektronikus kommutációs egységből áll.



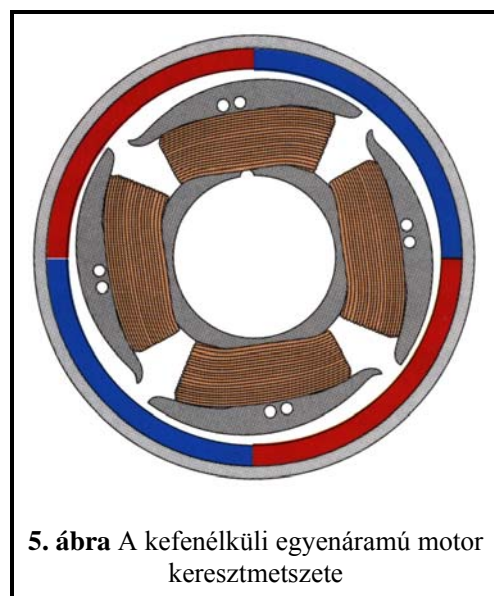
3. ábra Külső forgórészű kefenélküli egyenáramú motor

A **3. ábrán** egy ilyen külső forgórészű kefenélküli motort láthatunk. Ezek a külső forgórészű motorok elsősorban kompakt ventilátorok gyártásánál igen előnyösek. A kefenélküli egyenáramú motorokat (más néven elektronikus kommutációjú motorok) leginkább egy, két és három tekercsű kivitelben gyártják (**4. ábra**). Az egy és két tekercsű motorok állórésze csak lüktető mágneses teret tud létrehozni. Emiatt ezeket a motorokat magas nyomaték lüktetés jellemzi. Az indítás kritikus, mert a forgórész bizonyos helyzeteiben a motor nem tud nyomatékot kifejteni. Ezért ezeknek a motoroknak általában speciálisan kiképzett állórészük van, amelyet a forgórésztől egy változó magasságú légrés választ el (**5. ábra**). Az ezáltal keletkezett reluktancia nyomaték megakadályozza, hogy a motor kikapcsolása után a forgórész az indítás szempontjából kritikus helyzetben maradjon.

Az egy tekercsű motor elektronikai egységéhez négy teljesítmény tranzistorra van szükség.



4. ábra Elektronikus kommutációjú motorok változatai



5. ábra A kefenélküli egyenáramú motor keresztmetszete

Különösen hálózati üzemű motorok esetében, a viszonylag magas tápfeszültség miatt, ezek a tranzistorok és a meghajtó áramkörök költségesek. A két tekercsű motor táplálása csak két tranzisztort igényel, ellenben ezek zárási feszültségének a tekercsek szoros induktív csatolása miatt lényegesen magasabbnak kell lennie. A magas transzformátoros feszültség ugyanakkor a motor tekercsének szigetelését is megdrágíthatja. Mivel a két tekercs a rendelkezésre álló horony felületen osztozik, a tekercs ellenállása nagyobb, ezért a motor hatásfoka alacsonyabb, mint az egy tekercsű gépé. Emiatt ezt a motortípust újabban egyre ritkábban alkalmazzák.

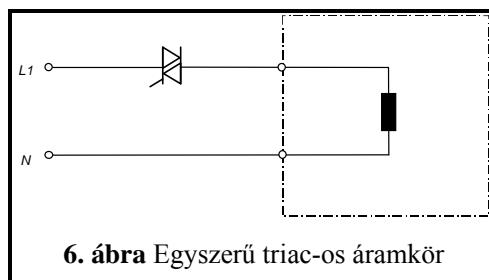
A három tekercsű motorok biztos indíthatóságuk, alacsony nyomatéklüktetésük és magas hatásfokuk miatt igen kedveltek. A motorok zaját speciális vezérlési elektronikával tovább lehet csökkenteni [5]. Gyártási költségük azonban a bonyolultabb tekercselés és a vezérlésükhöz szükséges több tranzistor miatt némileg magasabb.

Az elektronikus kommutációjú motorok további előnye jó hatásfokuk és hosszú élettartamuk mellett az, hogy névleges fordulatszámuk a tekercs menetszámának megfelelő méretezésével rugalmasan választható, valamint hogy az elektronikus fordulatszám vezérlésük vagy szabályozásuk egyszerűen megvalósítható. Ha azonban nincs feltétlenül szükség változtatható fordulatszámra, egy hálózati táplálású egyfázisú szinkron motor egy gazdaságilag kedvező alternatívát kínál, különösen az alacsony hatásfokú árnyékolt pólusú aszinkron motorok kiváltására.

3. Energiatakarékos szinkron kismotor hálózati üzemre

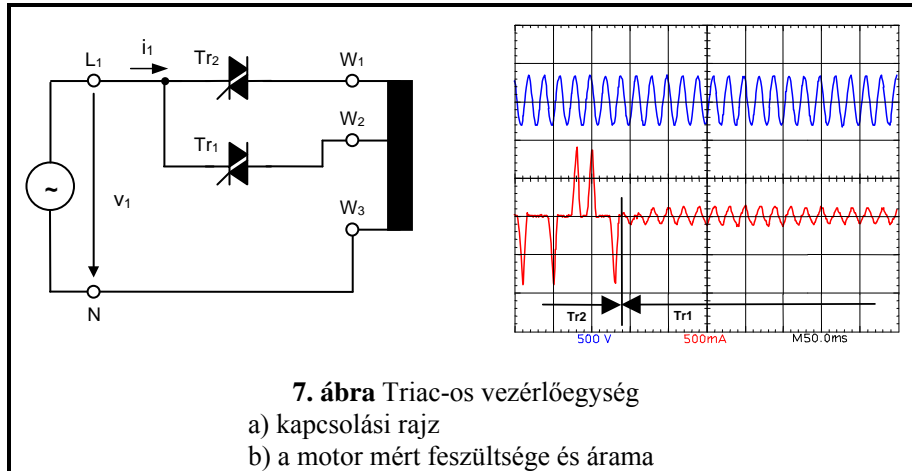
Az egyfázisú, állandó gerjesztésű szinkron motor előnye a jó hatásfok, hátránya a csak a pólusszámtól és a hálózati frekvenciától függő, konstans fordulatszám, valamint kritikus indítása. Egyes lassan forgó, sokpólusú szinkron kismotorok, melyek általában körömpólusú kivitelben készülnek, indíthatóak közvetlenül a hálózatra kapcsolva, ha a terhelési nyomaték és a teher tehetetlenségi nyomatéka nem túl nagy. Ilyenkor a motor a hálózati feszültség egy fél periódusa alatt eléri a szinkron fordulatszámot. Ha ezek a feltételek (alacsony szinkron fordulatszám, alacsony indítási terhelés, alacsony tehetetlenségi nyomaték) nem teljesülnek, más módon kell a biztos indítást megvalósítani. A hiszterézis motorok és a vegyes, kalickás aszinkron és állandómágneses szinkron forgórészből álló motorok mellett lehetőség van a szinkron motor elektronikus indítására is [1-4].

Ehhez csak egyetlen statikus elektronikus kapcsolóra, például egy triac-ra, van szükség (6. ábra). Ha a triac-ot egy gyújtó impulzussal bekapcsoljuk, a fél periódus végéig áram folyik a motor tekercsében, amely átlagban vagy gyorsító vagy lassító nyomatékot eredményez. Emiatt a triac-ot úgy kell vezérelni, hogy csak akkor kapcsoljon be, ha így gyorsító nyomatékot érünk el. Ehhez szükség van a forgórész szöghelyzetének és a hálózati feszültség fázishelyzetének ismeretére. A vezérlés további feladata biztosítani, hogy az áramcsúcs az állandó mágnesű forgórészt a legkedvezőtlenebb feltételek (maximális hálózati feszültség és ferrit mágnes esetén minimális hőmérséklet) mellett se mágnesezze le. Ha a forgórész elérte a szinkron fordulatszámot, a vezérlés a motort a triac-on keresztül tartósan a hálózatra kapcsolja.



A motor méretezését nehezíti, hogy más tekercsszám lenne optimális a biztos és lemágnesezés mentes indításhoz, illetve más a maximális hatásfokhoz szinkron üzemben. Erre megoldást kínál egy tovább fejlesztett kapcsolás, melynél az állórész tekercselése egy

megcsapolással rendelkeznek (7.a ábra). Az indító elektronika két triac-ot tartalmaz, az egyik (Tr1) vezérli a megcsapolt tekercsrészt az indítás alatt, a szinkron fordulatszám elérése után a másik triac (Tr2) a teljes tekercset a hálózatra kapcsolja. Ezáltal csökken a motor árama és a felvett elektromos teljesítmény (7.b ábra). Ha a terhelés nagy tehetetlenségi nyomatékkal rendelkezik, a szinkronizáláshoz további szabályozási funkciókra lehet szükség [4, 6].

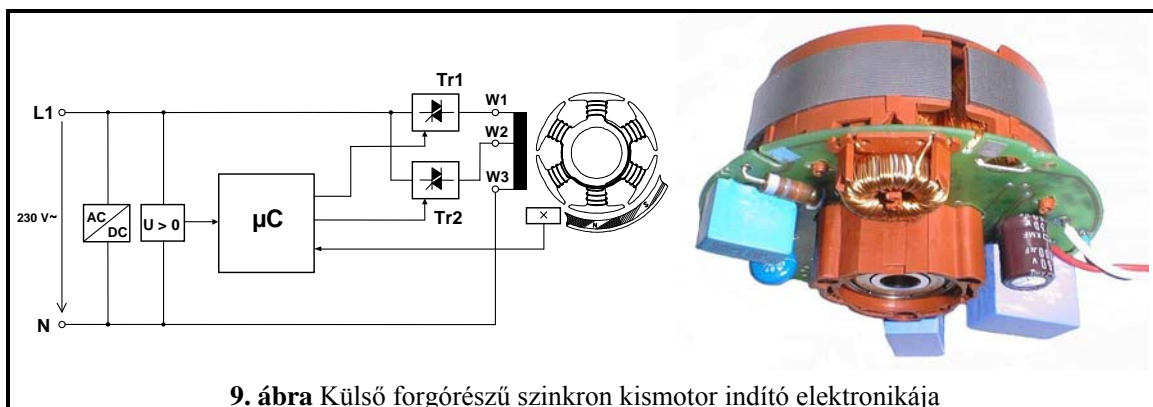


4. Mérési eredmények

A kísérleti külső forgórésű szinkron motor a milliós darabszámban gyártott kefenélküli egyenáramú motorok, valamint az árnyékolt pólusú motorok mechanikus részeinek felhasználásával készült (8. ábra).

Indító elektronikája (9. ábra) a motor csapágyának pajzsába van beépítve.

Állórészén helyezkedik el az egyfázisú tekercselés. A külső forgórészt kedvező árfekvésű, műanyagba ágyazott ferrit mágnes gerjeszti.



A vezérléshez szükséges a forgórész szöghelyzete, amit egy Hall-szenzor érzékel. A viszonylag összetett gyújtási stratégiát egy 8 bites mikrokontroller valósítja meg. Ez az indító elektronika kisebb, olcsóbb és mivel közbenső köri kondenzátort nem tartalmaz, kevésbé hőmérséklet érzékeny, mint egy hálózatról táplált, kefenélküli egyenáramú motor kommutációs elektronikája.

A **10. ábrán** egy ilyen motorral felszerelt radiális szellőző látható. Mint látható, a külső forgórészű motor közvetlenül a légörvény közepében van. Az ekképp biztosított kiváló hűtés megnöveli a motor várható élettartamát. A motor nem foglal külön helyet, ezért a szellőző lényegesen tömörebb, mint hagyományos (belső forgórészű) motorok esetén.

A **11. ábra** összehasonlításképpen az árnyékolt pólusú aszinkron motor, valamint az itt tárgyalt szinkron kismotor teljesítményfelvételét mutatja. Látható, hogy a szinkron motorunk hatásfoka lényegesen magasabb (60%) az árnyékolt pólusú motoréhoz képest (16%).

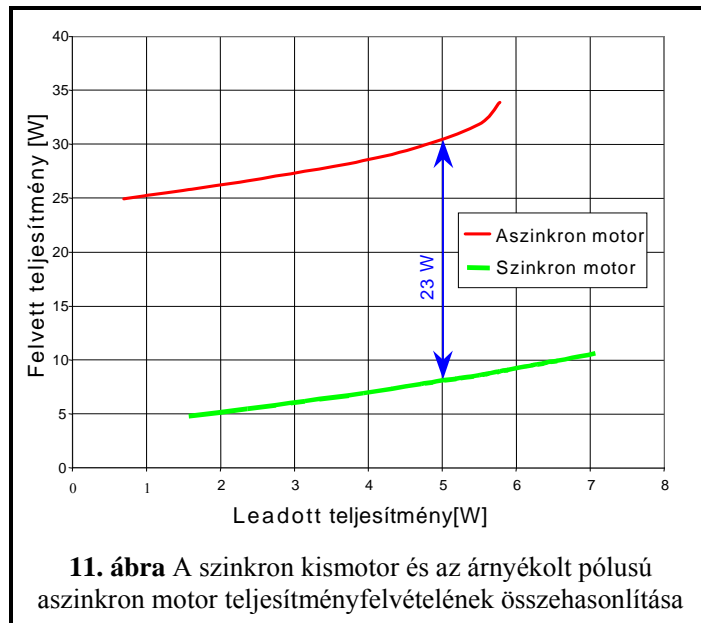
Egy adott esetben, 5 W leadott mechanika teljesítmény esetén, a felvett hálózati teljesítmény 31 W-ról 8 W-ra csökken ha ezt a típusú motort használjuk. Állandó üzem esetén, ami például hűtőpultok esetén gyakori, az évi közvetlen megtakarítás motoronként 227 kWh. Ezenkívül a motor kevésbé melegíti környezetét, ami hűtőpultok esetén további energia megtakarítást jelent.

Míndez azért jelentős, mivel ezek a kismotorokat igen nagy számban használják számos alkalmazási területen. Csak a németországi ebm Werke GmbH & Co. KG

(Muldingen) magyarországi leányvállalatában Súlysápon évi 1-2 milliót gyártanak belőlük. A szinkron kismotor 88%-kal kevesebb veszteséggel dolgozik, mint egy hasonló teljesítményű árnyékolt pólusú aszinkron motor (26 W helyett csak 3 W a veszteségi teljesítménye), így a tekercselés melege 53 K helyett csak 14 K-t ér el. Az alacsony csapághőmérséklet lényegesen növeli a motor élettartamát.



10. ábra Radiális szellőző állandó mágnesű, külső forgórészű motorral



11. ábra A szinkron kismotor és az árnyékolt pólusú aszinkron motor teljesítményfelvételének összehasonlítása

A szellőző rendkívüli tömörsége lehetővé teszi a motor tengelyének nagyon jó kiegyensúlyozását, ami tovább csökkenti a csapágy igénybevételét. Így a jelentős energia megtakarítás mellett a berendezések karbantartási költségei is számottevően csökkennek.

Irodalomjegyzék

- [1] Lelkes, A.; Krotsch, J.: *Energy saving mains-fed PM synchronous motor with integrated solid state starter*, PCIM Europe, 37th International. Intelligent Motion Conference, Nürnberg 2000. Proceedings (ZM Communications GmbH, ISBN 3-928643-25-8) pp. 257-262.
- [2] Lelkes, A.; Krotsch, J.: *Netzbetriebener Energiesparmotor kleiner Leistung*, SPS/IPC/Drives, 11. Fachmesse & Kongress, Nürnberg 2000. Tagungsband (Hüthig Verlag, ISBN 3-7785-2836-X) S. 531-539.
- [3] Lelkes, A.: *Elektronisch gestarteter, netzbetriebener Synchronmotor*, VDE-Tagung "Innovative Klein- und Mikroantriebe", Mainz 2001, Tagungsband (VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2612-2) S. 163-170.
- [4] Lelkes, A., Krotsch, J.: *Single-phase external rotor synchronous motor*, EPE 2001, 9th European Conference on Power Electronics and Applications, Graz 2001. Proceedings (EPE Association Belgium, ISBN 90-75815-06-9) DS1.2-1 (CD-ROM: PP00079.pdf).
- [5] Krotsch, J.; Lelkes, A.; Zoller, Th.: *Low-noise, sensorless commutation of brushless DC motors*, PCIM Europe, 38th International Intelligent Motion Conference, Nürnberg 2001. Proceedings (ZM Communications GmbH, ISBN 3-928643-28-2), pp. 151-156.
- [6] Lelkes, A.; Krotsch, J.: *Synchronous AC motor*, US Patent & Trademark Office, US 2001/0011877 A1, 2001 augusztus 9.