



Budapest University of Technology and Economics

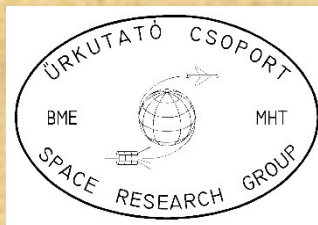
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
Űrkutató Csoport

Szabó József

**A fedélzeti energiaellátás kérdései:
architektúrák, energiaegyensúly.**

Űrtechnológia

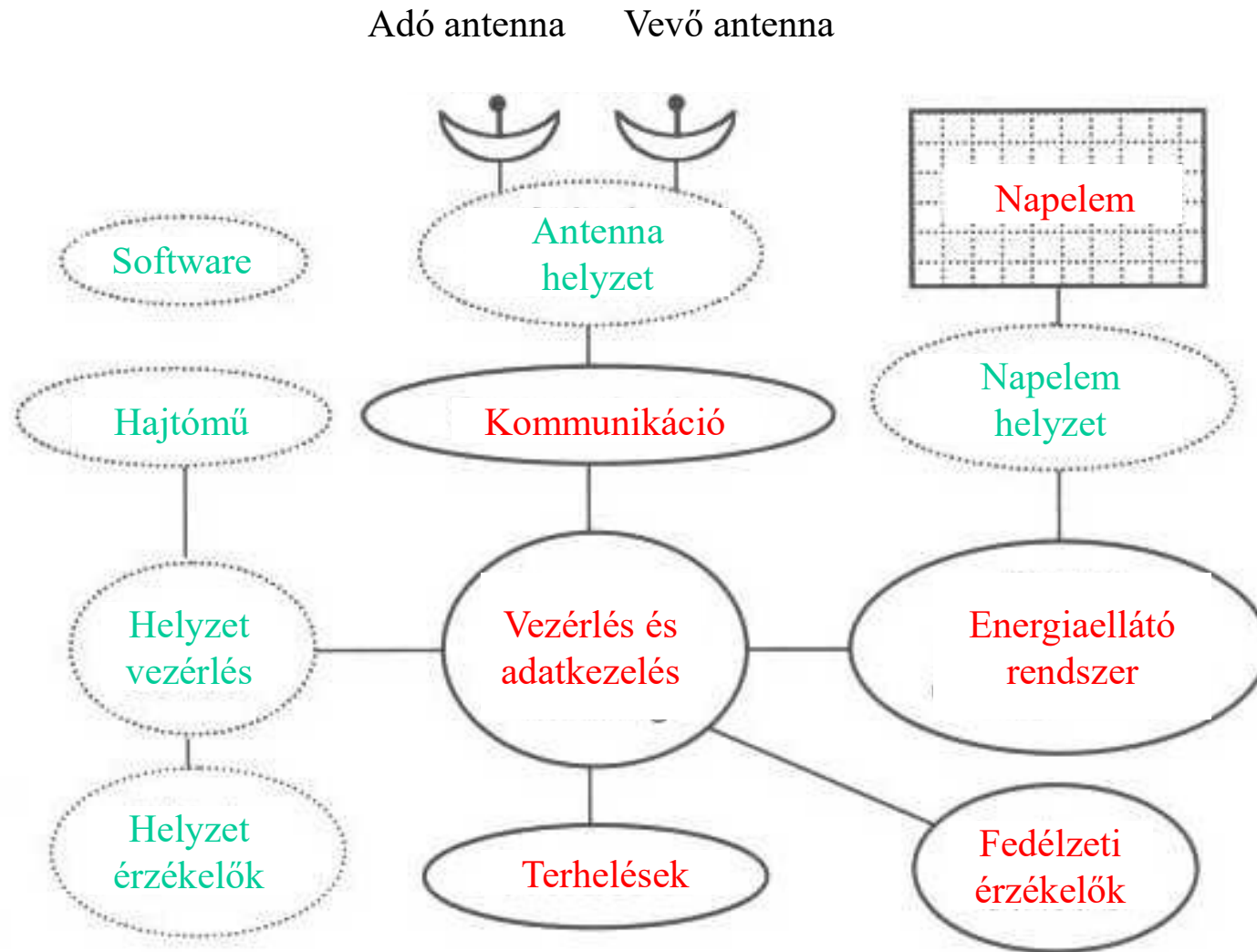
Budapest, 2023. április 17.



Műholdfedélzeti szolgálati rendszerek

- Felügyeleti, telemetria és telekommand rendszer
- Kommunikáció, adatkezelés
(parancs, adat és telemetria vonalak)
- Energiaellátás (generálás, tárolás, kezelés, szabályozás és szétosztás)
- Pálya és helyzet koordináció (szenzorok, aktuátorok, antenna és kamera platformok)
- Termikus szabályozás (passzív, aktív)
- Struktúra és mechanika (konfiguráció)
- Meghajtás (korrekciós hajtóművek)

Műholdfedélzeti szolgálati rendszerek



Az energia ellátó alrendszer architektúráját meghatározó tényezők.

- 1. Missziós célok és időtartam**
- 2. Missziós célokhoz illeszkedő pályák**
- 3. Missziós célokhoz illeszkedő műhold orientáció**
- 4. Missziós berendezések követelményei**
 - Rendszerplatform elemei (S/S)
 - Célberendezések (P/L)

Az energia ellátó alrendszer architektúráját meghatározó tényezők.

1. Missziós célok:

- Tudományos kutató programok (Föld, Hold, bolygók/holdjaik, kisbolygók, Nap és egyéb égitestek)
- "Földünk a világűrben" programok (távérzékelés, erőforrás kutatás, környezetvédelem, időjárás)
- Kommunikációs és navigációs programok
- Technológiai kísérleti programok (Föld, Hold)
- Emberes űrrepülési programok
- Rakéta fejlesztő programok

Szemponatok: energia mennyiség és energia hozzáférés

Az energia ellátó alrendszer architektúráját meghatározó tényezők.

2. Missziós célokhoz illeszkedő pályák:

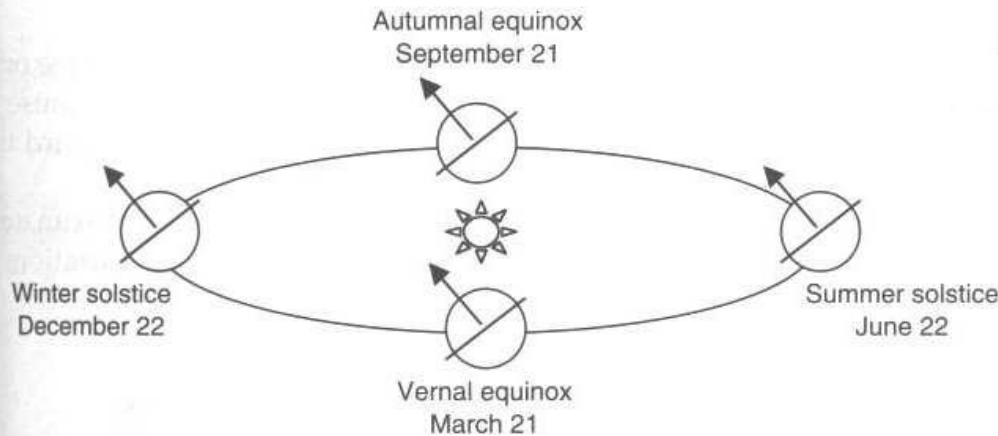
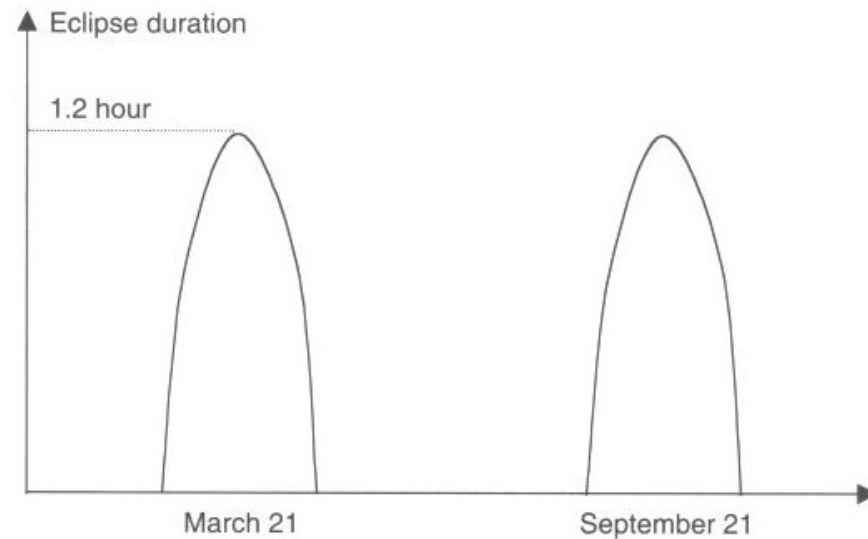
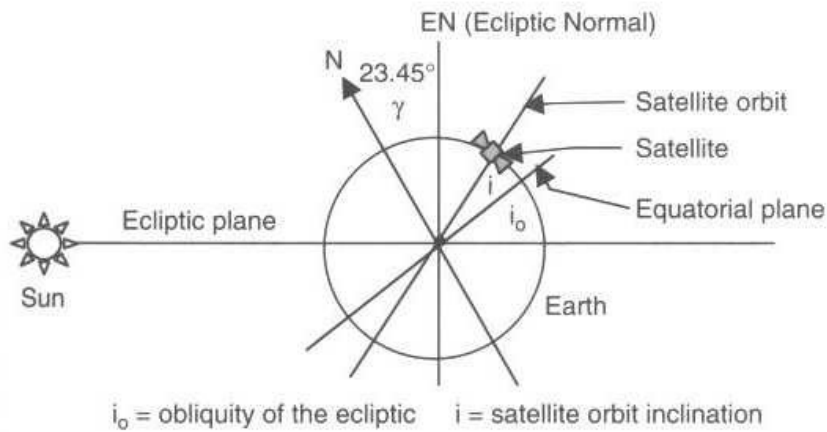
- Föld körüli pályák
 - Geoszinkron (geostacionárius, 1-2 óra Föld árnyék, Hold árnyék)
 - **HEO** (Molniya, Föld árnyék, Hold árnyék)
 - **LEO** (napszinkron, 1/2 óra Föld árnyék, Hold árnyék)
- Nap körüli pályák
- **Speciális pályák**

3. Missziós célokhoz illeszkedő műhold orientáció (gravitációs, mágneses, **spin, egy vagy három tengely**)

4. Missziós berendezések követelményei

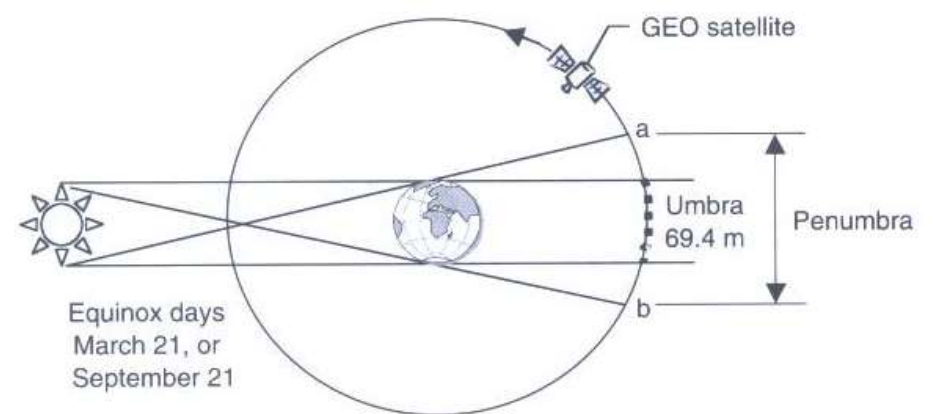
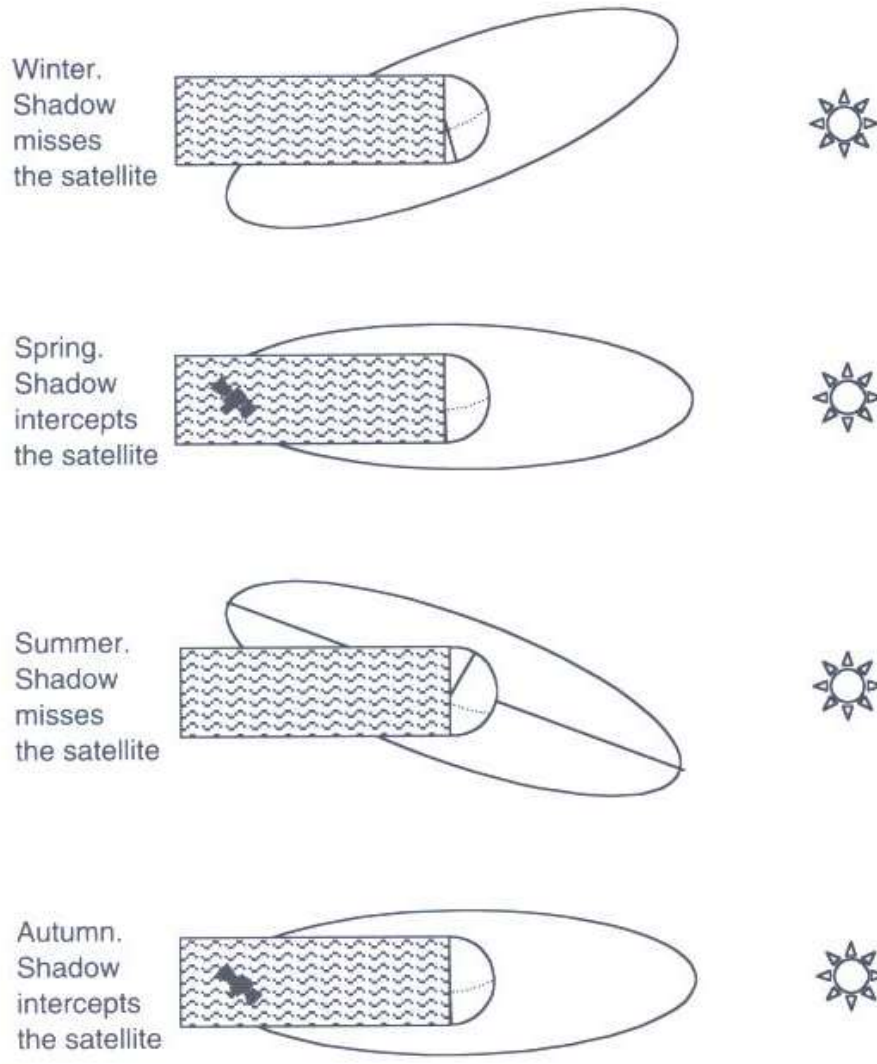
Interfészek (energia, kommunikációs és mechanikai)

Pályák és árnyék viszonyok évszakok szerinti változása

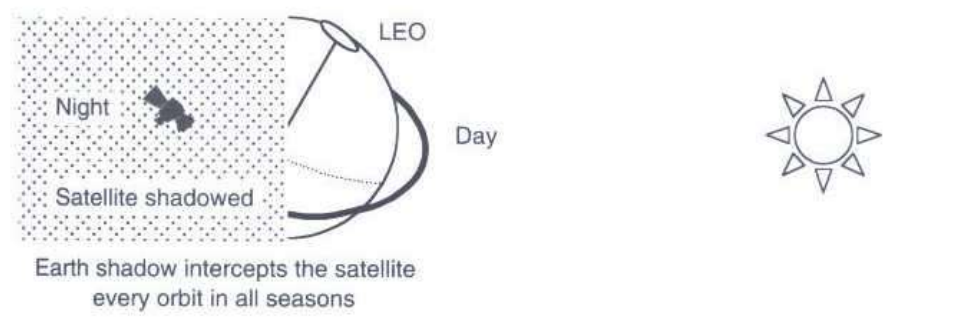


Geostacionárius pálya

Pályák és árnyék viszonyok évszakok szerinti és napi változása



Geostacionárius pálya



LEO pálya

Az energiaellátó alrendszer architektúráját meghatározó tényezők.

4. Missziós berendezések követelményei (folyt.)

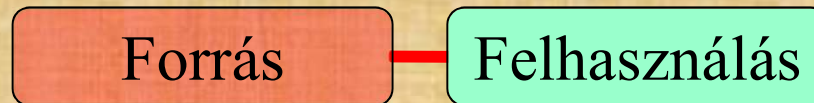
- **Platform rendszerelemek meghatározási szempontok:**
 - Fellövés, pályára állás és működés környezete
 - Megbízhatóság (meghibásodás, minőség biztosítási követelmények)
 - Gazdasági környezet (technológia)
- **Platform rendszerelemek kiválasztása:**
 - Vezérlő és adatkezelő
 - Kommunikáció (földi vezérlő állomás(ok))
 - Energia ellátó (generálás, tárolás, kezelés, szétosztás)
 - Mozgás koordináció (műhold, antenna, napelem, spec.)
- **Energiaellátó alrendszer követelmények rögzítése**
- **Energia ellátó alrendszer definiálása**

Szünet

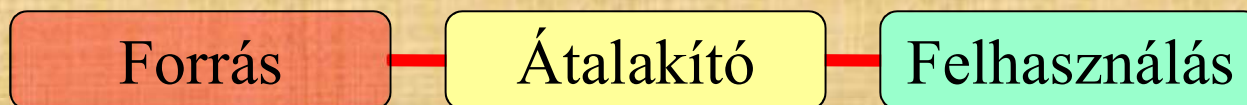
Our planet Earth

Energia generálás, tárolás, felhasználás

1. Forrás paraméterek megfelelőek

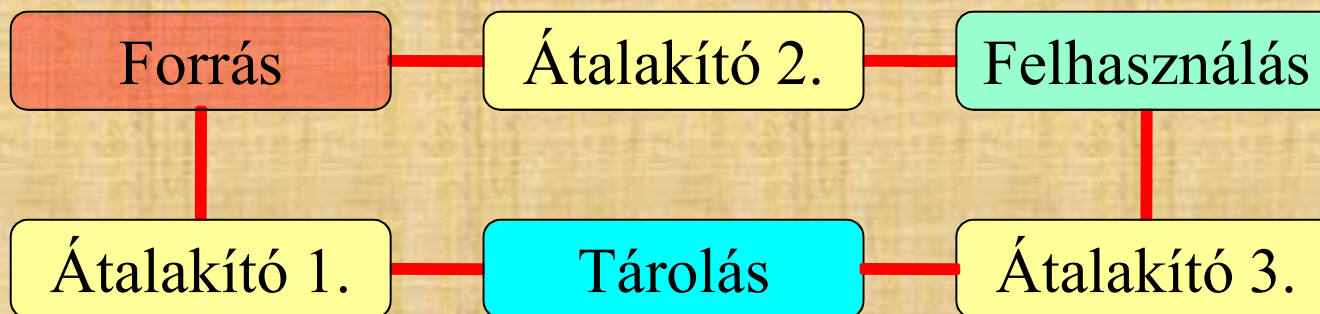


2. Forrás paraméterek illesztése



3. Forrás paraméterek és tároló paraméterek illesztése

- 1968 az első MPPT (Maximum Power Point Tracker)
"Önillesztő DC átalakító üreszközök tápellátására" (A.F. Boehringer és J.Hauseman)
- 70-es évek forrás, tárolás felhasználás szétválasztása
"Háromszög koncepció" (A. Poncin és Y. Robin-Jouan)



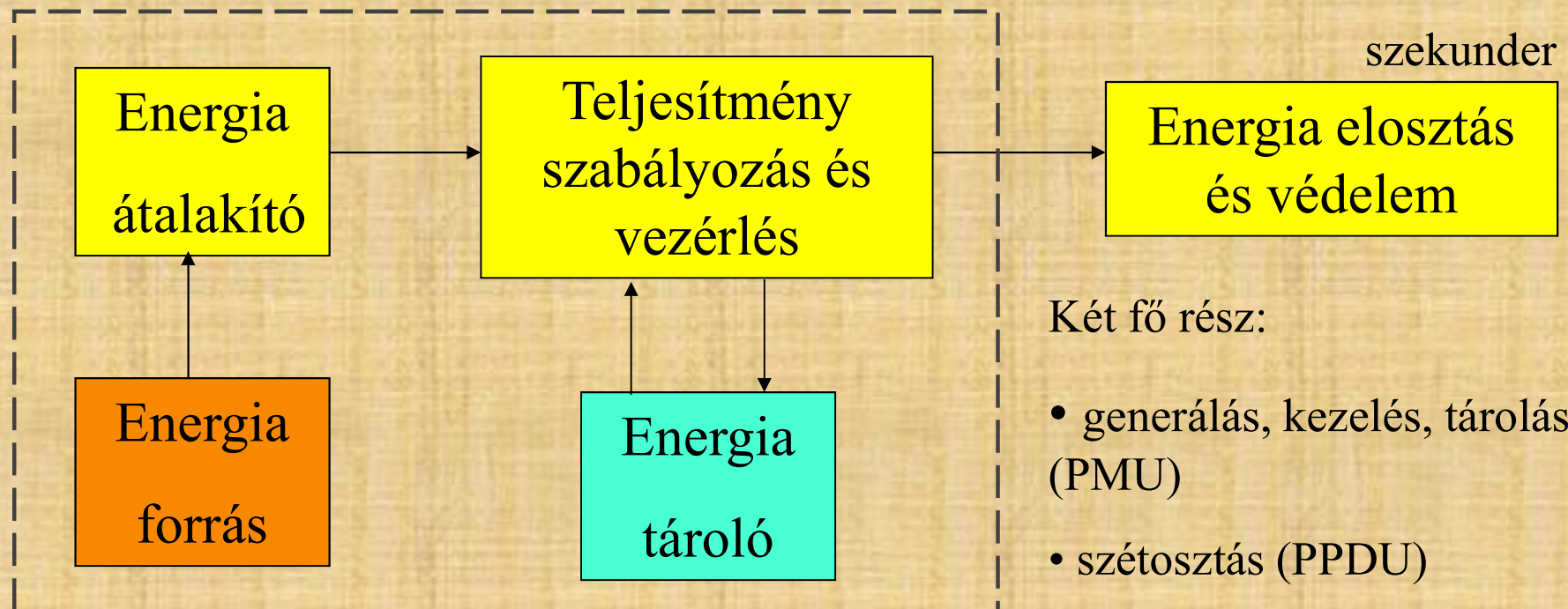
Műholdfedélzeti energia ellátó rendszer alapvető összefüggések

Energia egyensúly: $E_{\text{napelem}} = E_{\text{terhelés}} + E_{\text{sönt}}$ BOL
(hosszú idejű) $E_{\text{napelem}} = E_{\text{terhelés}}$ EOL

Pillanatnyi teljesítmény egyensúly:

$$p_{\text{forrás}}(t) = p_{\text{terhelés}}(t) + p_{\text{tárolás}}(t)$$

Primer

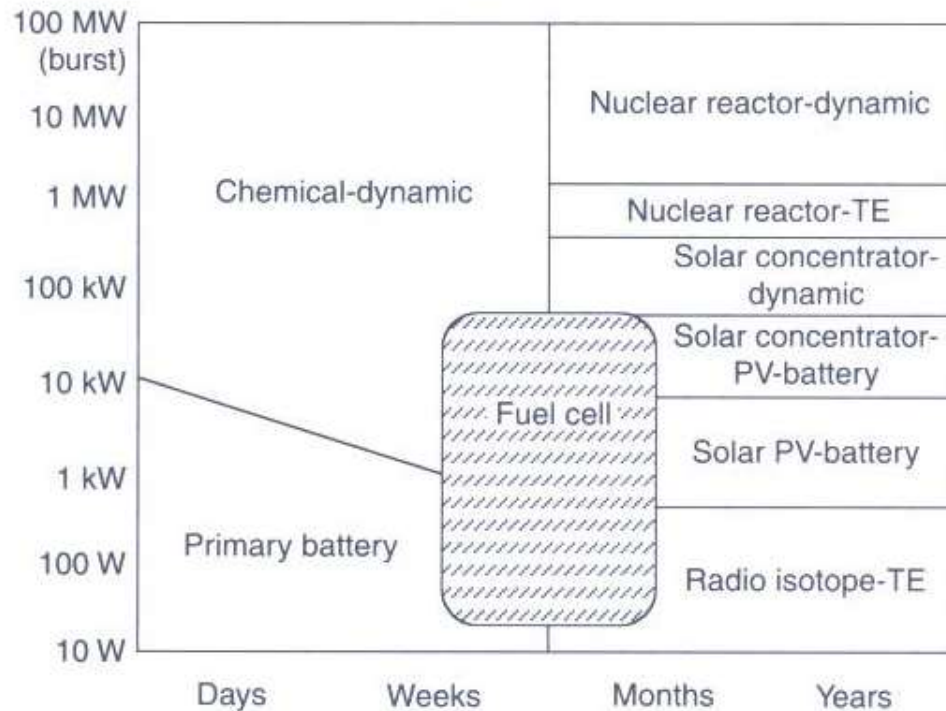


Két fő rész:

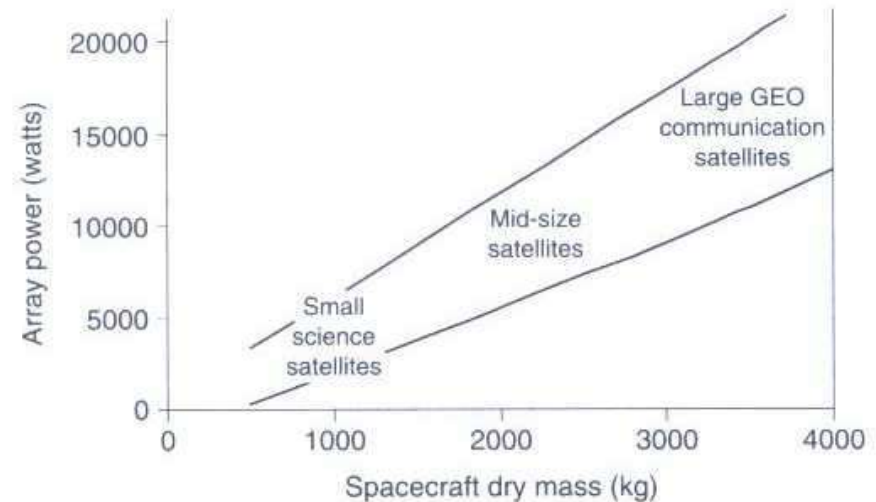
- generálás, kezelés, tárolás (PMU)
- szétosztás (PPDU)

Energiaforrás kiválasztása

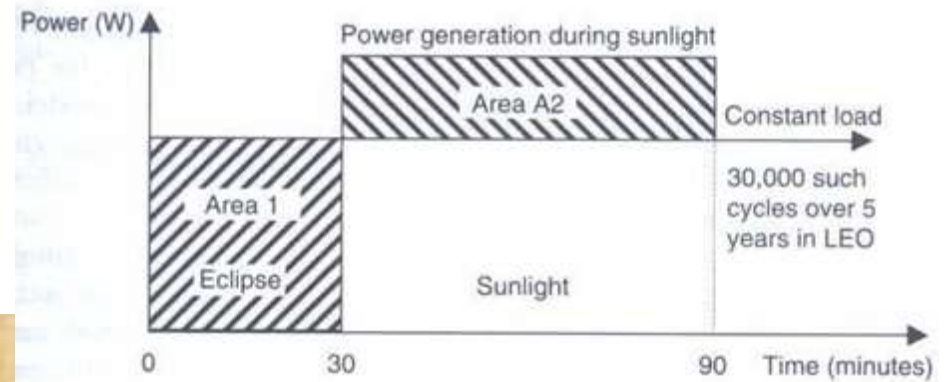
(teljesítmény-missziós időtartam
teljesítmény-tömeg,
ciklikus energia egyensúly)



Teljesítmény-missziós időtartam



Teljesítmény-tömeg összefüggés



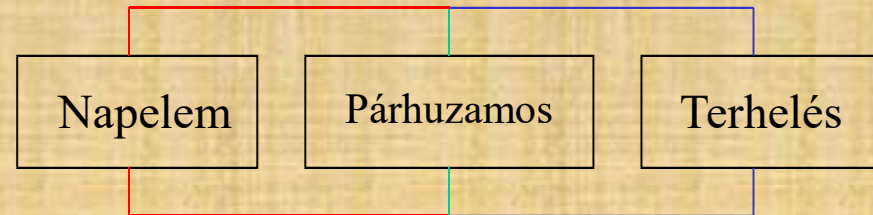
Energiaegyensúly egy körülfordulás alatt

Energiaellátó rendszer alapvető architektúrák

- Párhuzamos szabályozás (DET)

$$I_{\text{napelem}} = I_{\text{sönt}} + I_{\text{terhelés}}$$

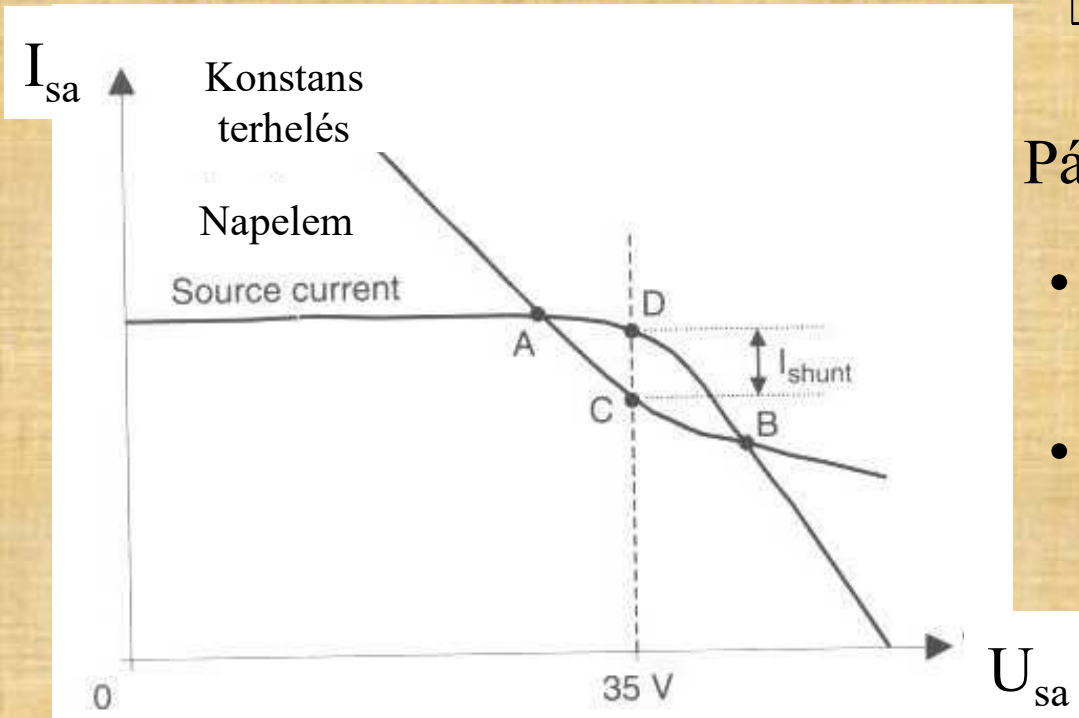
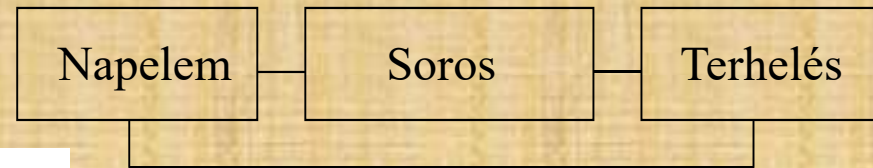
feszültség konstans



- Soros szabályozás (PPT)

$$U_{\text{napelem}} = U_{\text{soros}} + U_{\text{terhelés}}$$

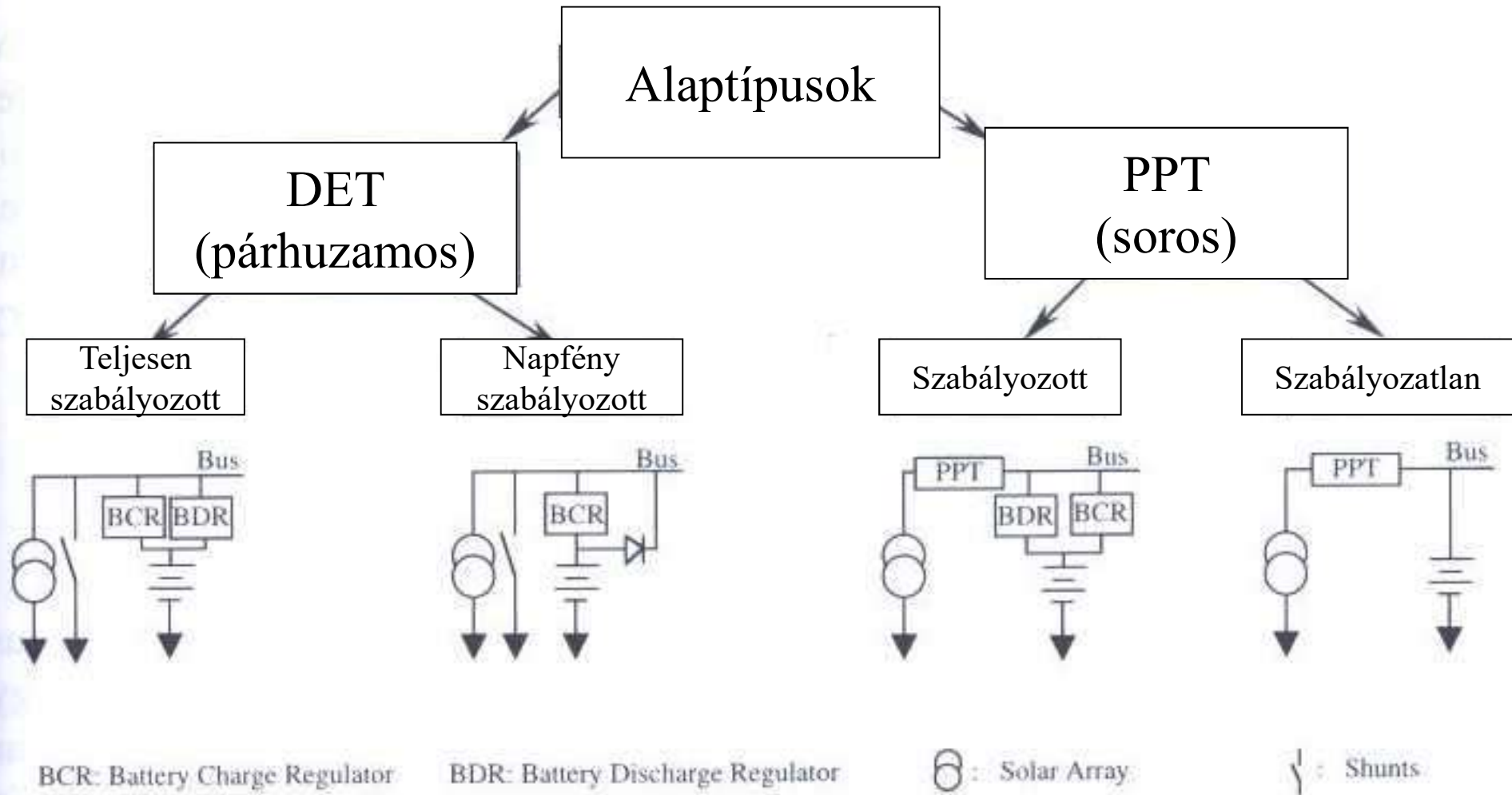
áram konstans



Párhuzamos szabályozás (DET)

- A és B pont
 $P_{\text{napelem}} = P_{\text{terhelés}}$
- C és D pont
 $P_{\text{napelem max}} = P_{\text{terhelés}} + P_{\text{sönt}}$

Energiaellátó architektúrák osztályozása



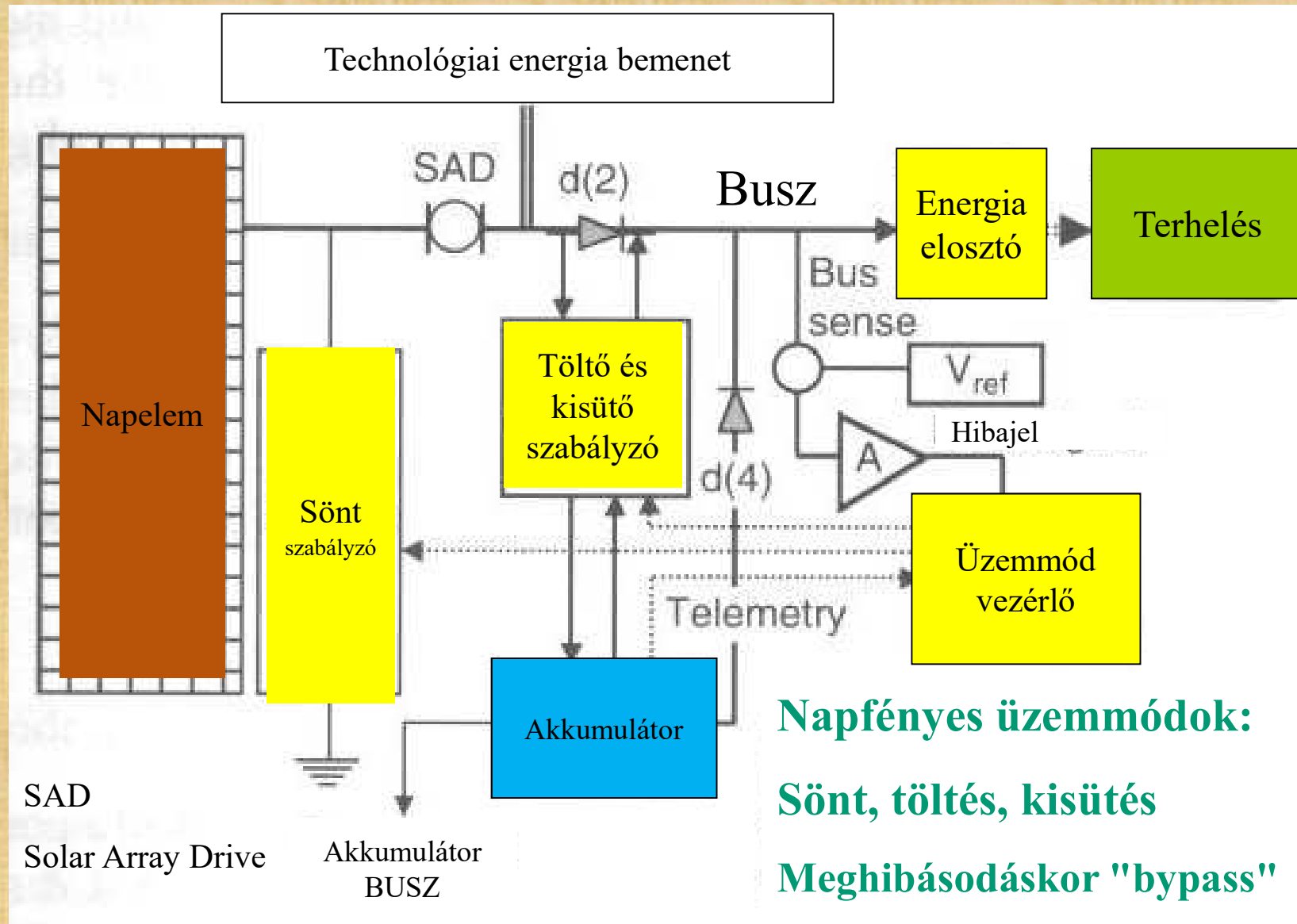
N: Sönt szabályzás-BCR
É: akkumulátor-BDR

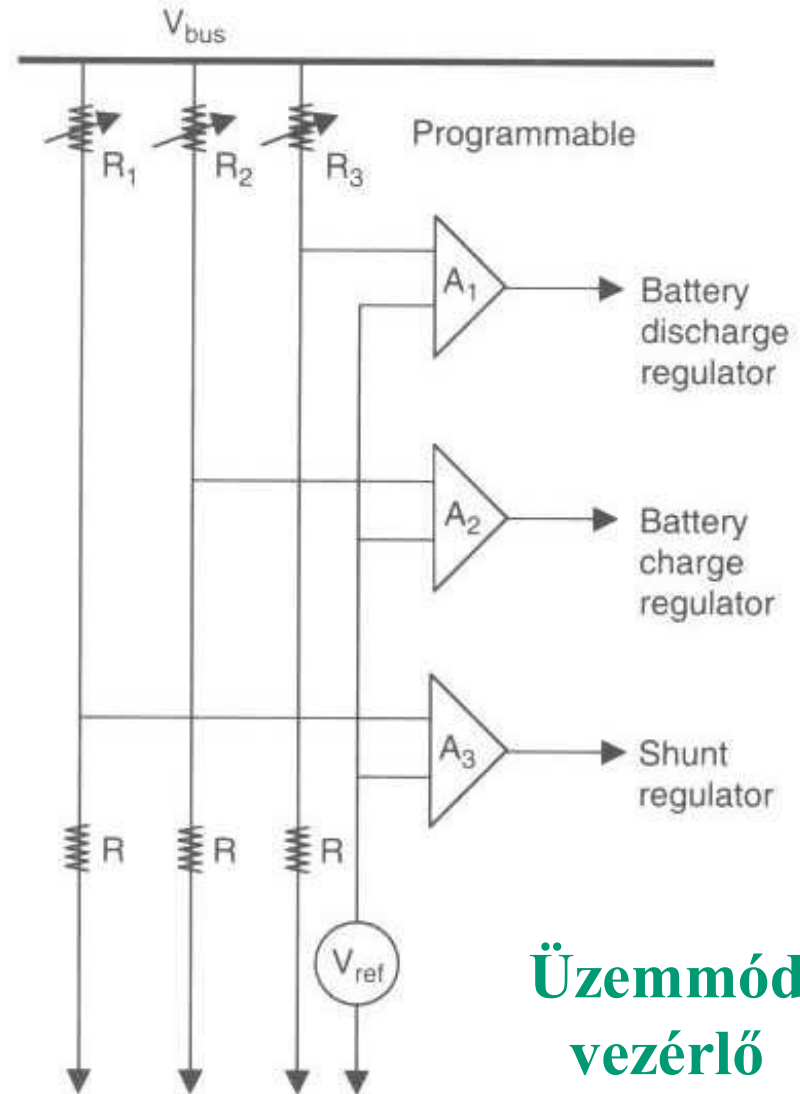
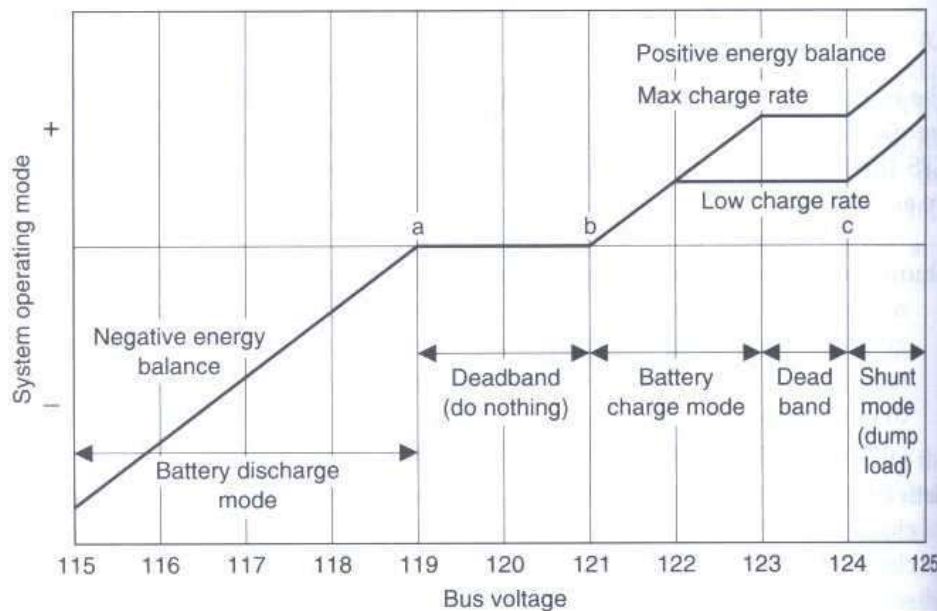
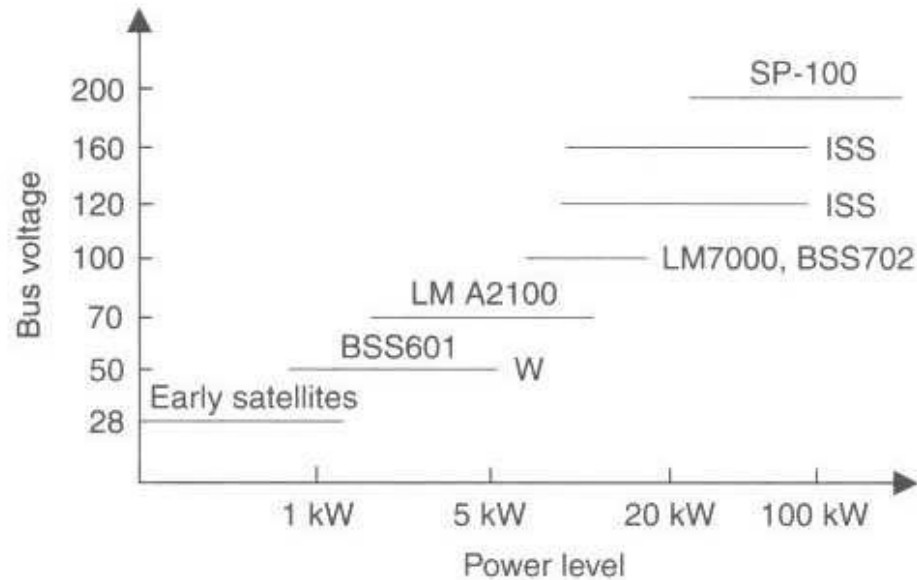
N: Sönt szabályzás-BCR
É: akkumulátor-dióda

N: Soros sz. (PPT)-BCR
É: akkumulátor-BDR

N: Soros (PPT)-akku
É: akkumulátor

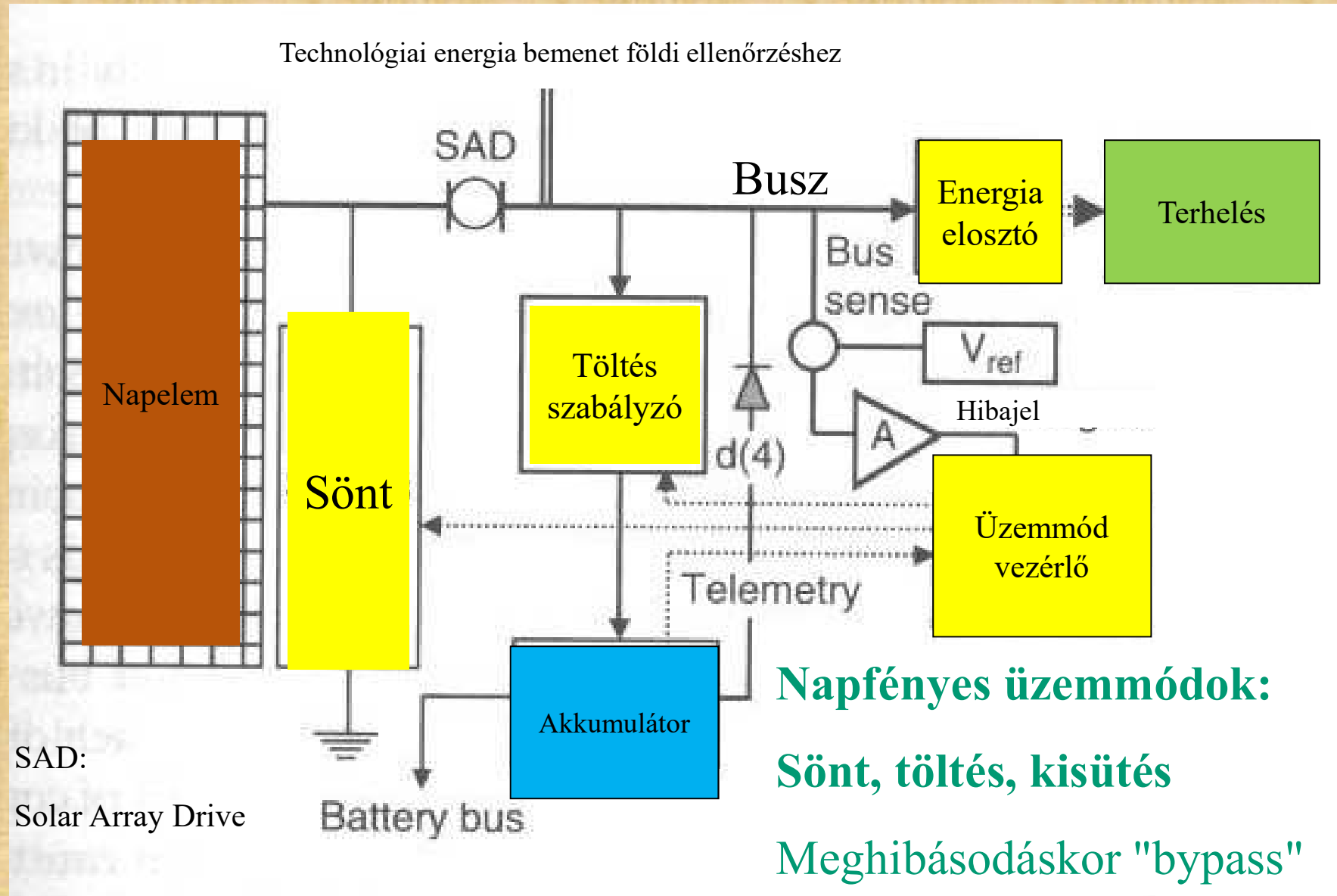
Teljesen szabályozott busz (DET)





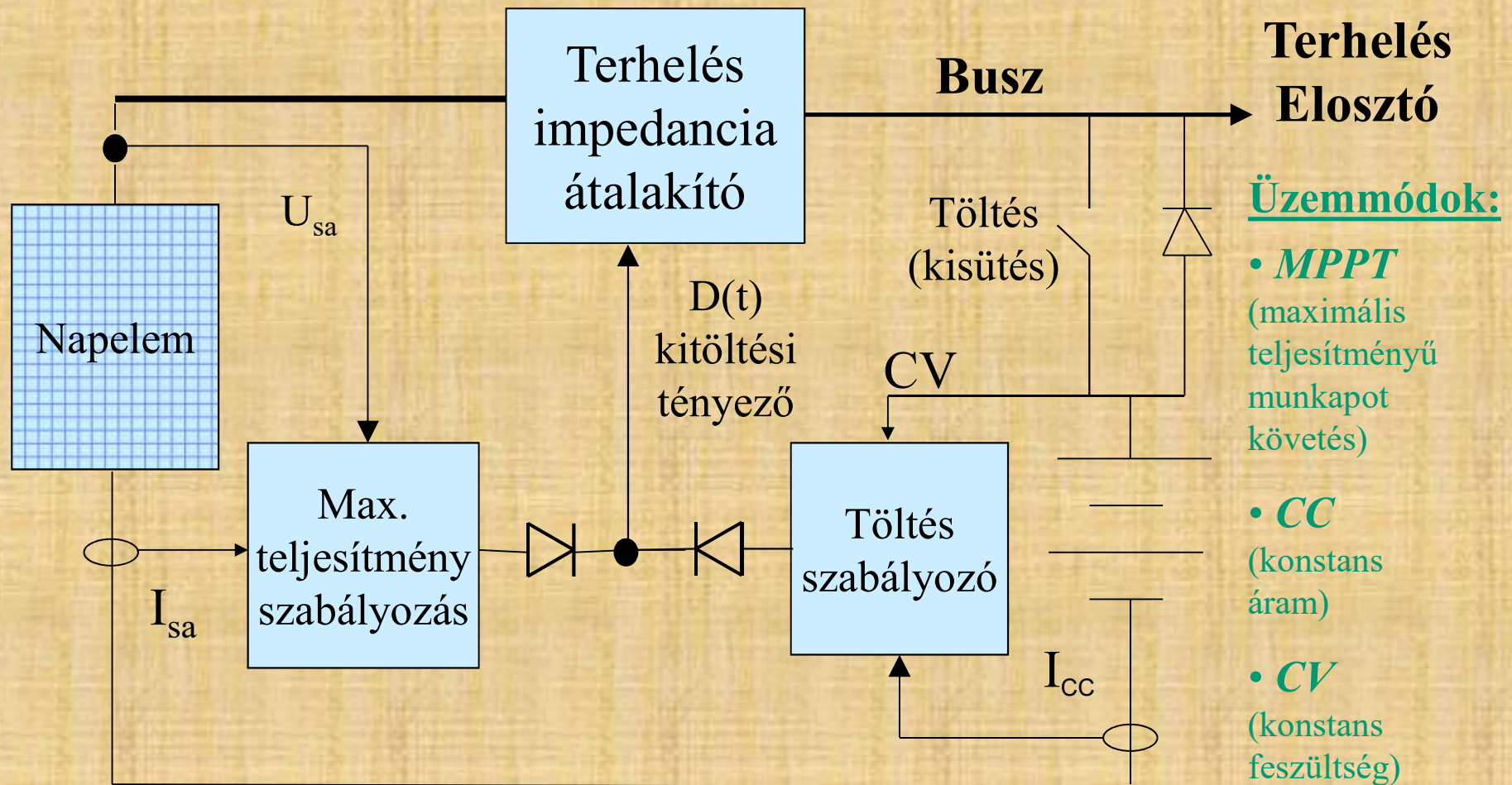
Üzem mód
vezérlő

Napfény szabályozott busz (DET)



Napelem maximális teljesítményű munkaponti szabályozása (PPT)

$$R_{be} = f_{\text{átalakító}}(D) * R_{\text{szumma terhelés}}$$



Az anyaghoz kapcsolódó kérdések

- Sorolja fel és röviden indokolja az energia ellátó rendszer architektúráját meghatározó fontosabb tényezőket!
- Rajzolja fel a műholdfedélzeti forrásenergia áramlás szabályozásának két alapvető elektronikus módszere blokkvázlatát napelemes rendszerben!
- Rajzolja fel a teljesen szabályozott energia busz blokkvázlatát napelemes rendszerben és röviden írja le a működését!
- Rajzolja fel a napelemes műholdfedélzeti rendszer blokkvázlatát a maximális teljesítményű munkapont soros szabályozása esetén és röviden írja le a működését! Melyek a fontosabb üzemmódok?
- Magyarázza el a hosszú idejű energia egyensúly és a pillanatnyi teljesítmények egyensúlya jelentését, milyen a kapcsolat közöttük?

