

Transzformátor- rendelés titkai

XXIV. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia
Balatonkenese

Gurszky Gábor
- 2026 Március 26 -



Valahol Budán, 1884 körül

Transzformátorrendelés titkai

Tartalom

1. Követelmények változása
2. Transzformátor rendelés folyamata
3. Példa – 66/22/10.5kV 75MVA

Kritikus infrastruktúrák

- A kritikus infrastruktúrák általában kölcsönösen függenek egymástól, ami növeli a sebezhetőséget.
- Az energiarendszer tekinthető talán a legfontosabbnak, mivel számos létesítmény folyamatos, jó minőségű villamosenergia-ellátásra támaszkodik.



Villamos hálózati koncepciók

- **Megbízhatóság**

- *Arra a képességre utal, hogy a felhasználók számára folyamatosan, elfogadható minőségű és mennyiségű energiát tudjon biztosítani, még meghibásodás esetén is.*

- **Robusztusság**

- *A rendszer azon képességére utal, hogy zavarok esetén is képes fenntartani funkcionalitását.*
- *A magas szintű robusztusság törékennyé teheti a rendszert.*

- **Sebezhetőség**

- *Egy energiarendszer érzékenysége külső zavarokra vagy belső meghibásodásokra.*

- **Kockázat**

- *Bekövetkezés valószínűsége × Az esemény súlyossága.*

- + **Reziliencia**

- *A zavarok, többek között a szélsőséges időjárási események és kibertámadások utáni talpra állás képessége. Célja a széles körű, hosszan tartó áramkimaradások megelőzése és a gyors helyreállítás.*

Rugalmasság

Túlélőképesség

Reziliencia

Reziliens hálózat definíciója

- Nagyon eltérő definíciók és integrált jellemzők.
- Egyszerű megközelítés: A szélsőséges eseményeknek való ellenállás és az azokból való gyors felépülésnek kritikus funkciónak kell lennie. A rendszer robusztusságának és reagálási képességének növelése.
- A robusztus tervezési, kivitelezési és üzemeltetési stratégiák célja a zavarok, kiesések áramellátásra gyakorolt hatásának minimalizálása. Ezáltal csökken az áramkimaradás valószínűsége.
- Áramkimaradás esetén a rendszer gyorsan képes behatárolni a problémát, és megakadályozni, hogy az más területekre is áttérjedjen. Valamint átirányítani az energiaszállítást.
- Áramkimaradás után egy reziliens energiarendszer célja az áramellátás helyreállítása és a leállási idő minimalizálása.



Hálózati reziliencia növelése

- Új mérőszámok, módszerek a tervezés, reagálás és helyreállítás reziliencia szintjének mérésére.

“Software”

- Új algoritmusok a dinamikus hálózati topológiaváltozások kezelésére a különböző fenyegetések sajátosságai alapján.

Pl. átirányítás, védekező szigetépítés, több mikrohálózatból történő felépítés.

- K+F a jövő technológiái és a kapcsolódó komponensek fejlesztésére.

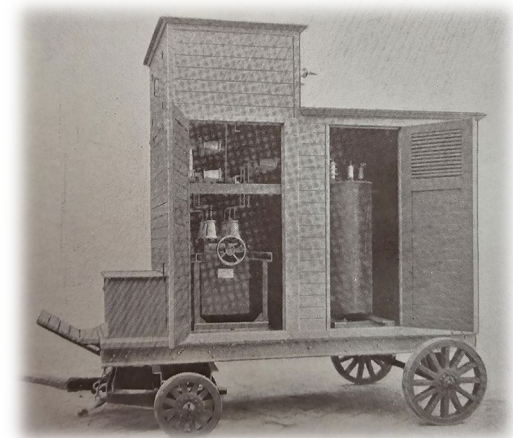
Pl. intelligens hálózat, fejlett infrastruktúra felügyelet (monitoring), energiatárolás, elosztott energiaforrások, hálózati automatizálás, mesterséges intelligencia és gépi tanulás.

- A jövőbeli hálózati elemekre vonatkozó új követelmények azonosítása és meghatározása.
- A meglévő és jövőbeli eszközök „megerősítése” a jobb túlélőképesség érdekében.
- További eszközök telepítése a rugalmasság vagy a redundancia növelése érdekében.
- A helyreállításhoz szükséges felszerelések újragondolása.

“Hardware”

Reziliens hálózat transzformátorai

- A külső igénybevételekkel szembeni ellenállási szint növelése („megerősítés”).
Pl. Offshore, GIC (földáram), hálózati tranziensek, felújítás.
- A katasztrofális meghibásodások hatásának csökkentése.
Pl. Belső ívelés-álló kialakítás, Nem gyúlékony folyadékok, Biológiailag lebomló folyadékok.
- Speciális transzformátorok a hálózat rugalmasságának növelése érdekében.
Pl. PST (fázisforgató transzformátor), VSR (szabályozható söntreaktor).
- Az áramkimaradások idejének csökkentése gyors helyreállítással.
Pl. mobil és multi-transzformátorok átkapcsolható feszültséggel és/vagy változtatható impedanciával.
- Speciális egységek elosztott/megújuló energia integrációjához.
Pl. fotovoltaikus, szélenergia, energiatárolás (BESS).
- Az alkatrészek állapotának jobb ismerete.
Pl. továbbfejlesztett érzékelők, online monitorozás, Health Index, Digital Twins.
- Újszerű megoldások.
Pl. moduláris, beépített védelemmel ellátott egységek.

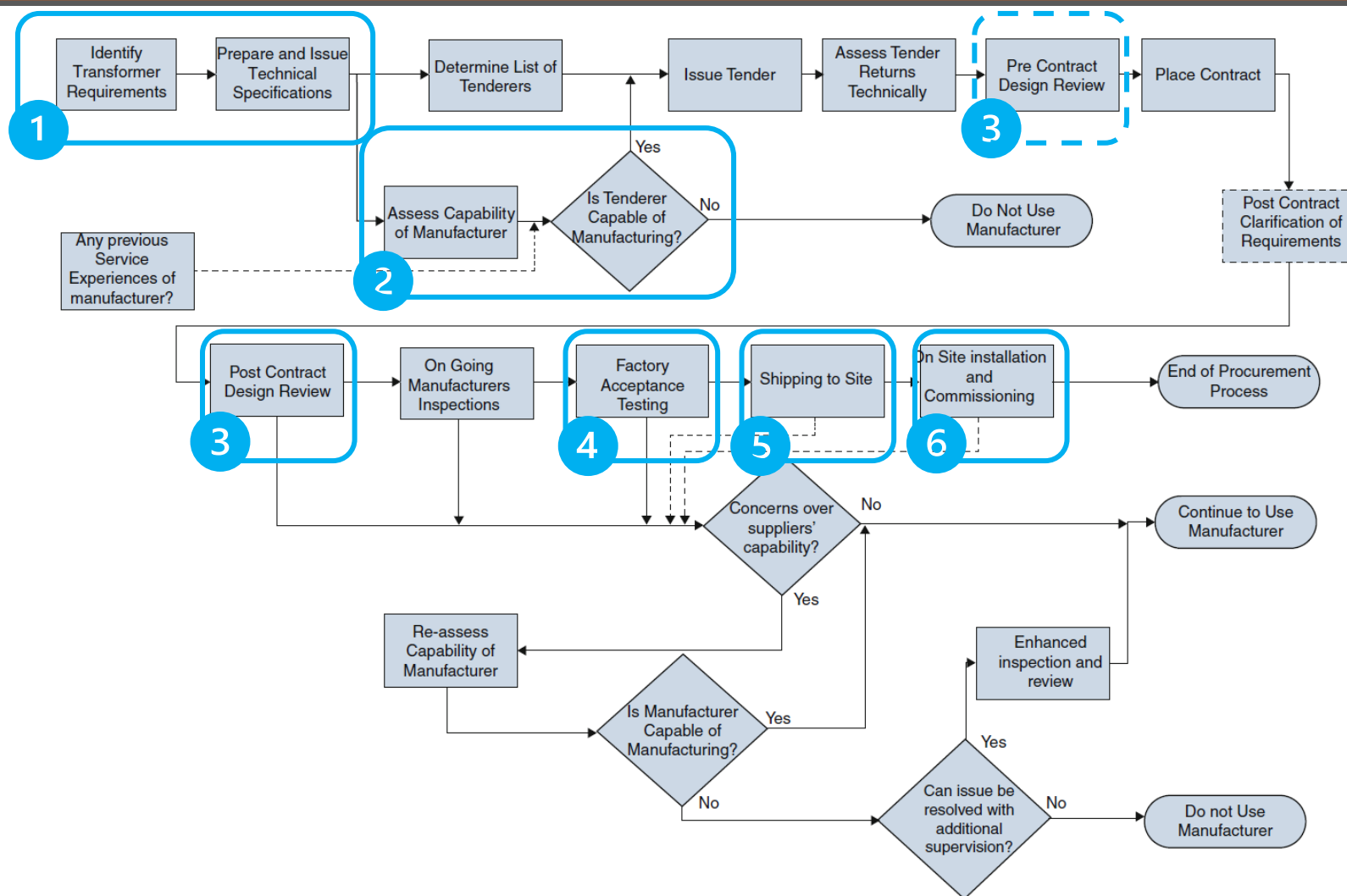


Transzformátor rendelés folyamata

Tartalom

1. Főbb lépések
2. Nehézségek
3. Segítség...

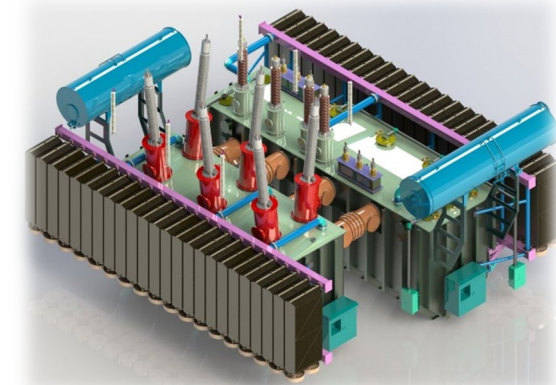
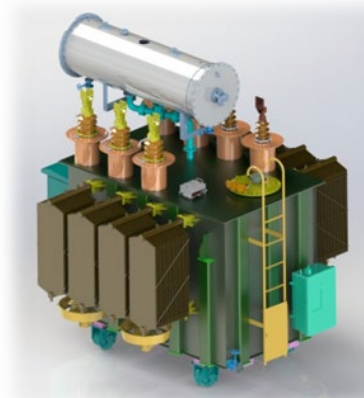
Transzformátor rendelés folyamata



1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák

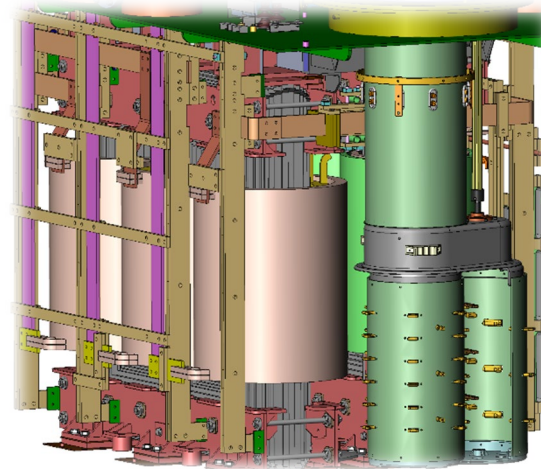
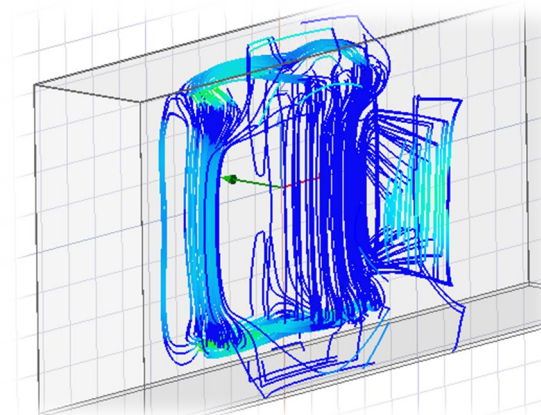
Specifikációs kihívások (vevő)

- A beszerzési specifikáció meghatározza az egység összes működési jellemzőjét a következő évtizedekre.
 - *Minden műszaki kommunikáció alapja.*
 - *Egyértelműnek és helyesnek kell lennie.*
 - *Kerülni kell a fejezetek közötti és a hatályos szabványokkal való ellentmondásokat.*
- Az transzformátor célját és a kapcsolódó üzemeltetési feltételeket pontosan meg kell határozni.
 - *Nem hagyományos vagy speciális alkalmazás.*
 - *Rendszerüzemeltetési feltételek.*
 - *Környezeti feltételek, különös tekintettel a figyelembe veendő szélsőséges eseményekre.*
- Ki kell emelni és el kell magyarázni azokat a követelményeket, amelyek eltérnek a standard elvárásoktól, vagy meghaladják azokat.
- A vásárló korábbi rendelésein és tapasztalatain kívül eső követelményeket vagy jellemzőket gondosan meg kell határozni.



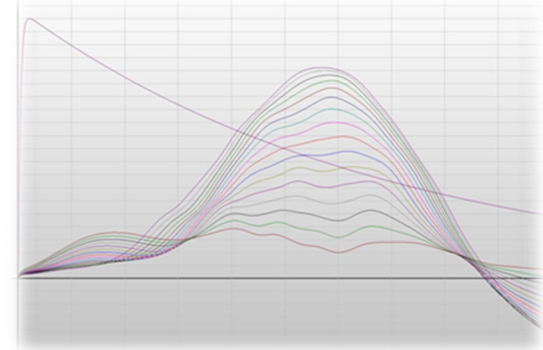
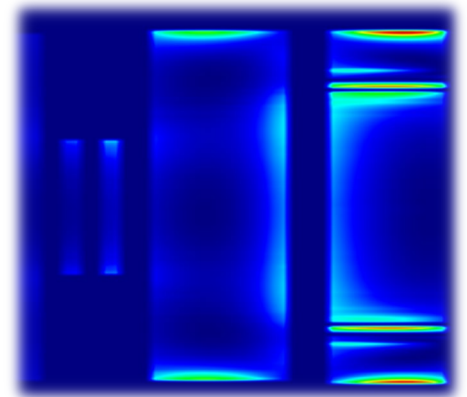
Tervezési kihívások (gyártó)

- A beszerzési specifikációt alaposan át kell tanulmányozni.
 - *A kérdéses pontokat és kétségeket tisztázni kell az ügyféllel.*
 - *A teljesíthetetlen pontokat egyértelműen meg kell jelölni.*
- Az új vagy szokatlan követelményekhez tartozó számítási képességeket validálni kell.
 - *Megfelelőek-e a megszokott tervezési szabályok és eszközök?*
 - *Szükségesek-e további szimulációk vagy kísérletek?*
 - *Szükségesek-e prototípus(ok) és/vagy speciális tesztek?*
- A tervezési eredményeket meg kell vitatni a termelési, minőségügyi, próbatermi és karbantartási osztályokkal.
 - *Szükségesek-e eszközökbe vagy kompetenciákba való befektetések?*
 - *Megfelelőek-e a vizsgálati létesítmények?*
 - *Szükséges-e frissíteni a karbantartási szabályokat és módszereket?*



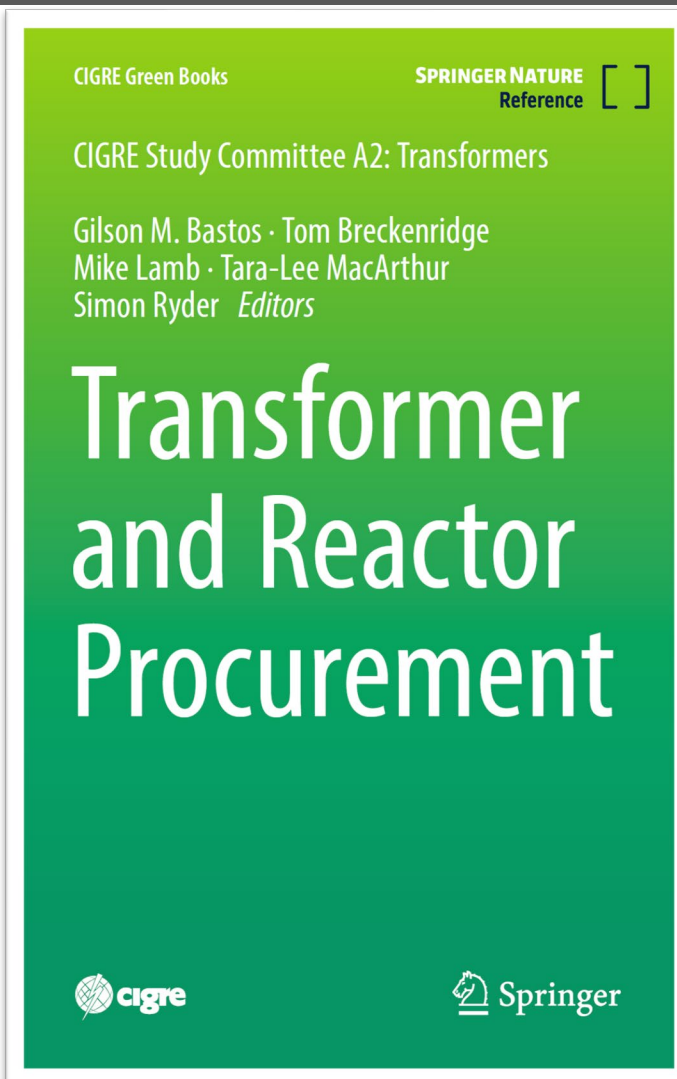
Tervzsűri kihívásai (vevő + gyártó)

- A tervfelülvizsgálatot mindkét félnek lehetőségnek kell tekintenie a közös célok elérésére és a jövőbeni problémák elkerülésére.
 - *A műszaki és egyéb (pl. szállítás) követelményekkel kapcsolatban egyértelmű és kölcsönös megértést kell elérni.*
 - *A terv megfelelőségét részletesen ellenőrizni kell.*
 - *A vásárló releváns tapasztalatait érdemes megosztani a fejlesztési lehetőségek megtalálása érdekében.*
- A szállítónak joga van szellemi tulajdonának védelmére, de...
 - *A vásárlónak joga van megérteni, hogy az elvárásai hogyan teljesülnek.*
 - *Egy személyes vagy online találkozó mindig jó módja annak, hogy elmagyarázzuk a tervezési filozófiát anélkül, hogy bizalmas dokumentumokat kellene átadnunk.*
- Mindkét félnek felkészültnek kell lennie, hogy elkerüljék a végeláthatatlan megbeszéléseket.
 - *A tervzsűri hatályát előre tisztázni kell, lehetőleg a specifikációban.*
 - *A gyártó bemutatója lehet rövid, de lényegretörőnek, tartalmasnak kell lennie.*



Segítség: CIGRE kiadványok

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák



Transzformátor és Fojtó beszerzés

Átfogó könyv a beszerzés teljes folyamatának bemutatására.

- Tender kiírás
- Specifikáció
 - *Funkcionális követelmények*
 - *Konstrukció*
 - *Alkatrészek és szerelvények*
 - *Hatékonyági mutatók*
- Gyártó kiválasztása
- Projekt menedzsment
- Tervezési módszerek
- Gyártás
- Próbák, mérések
- Szállítás
- Tárolás
- Telepítés, próbaüzem

[Transformer and Reactor Procurement | Springer Nature Link](#)

Segítség: CIGRE kiadványok TB528

1. Specifikáció

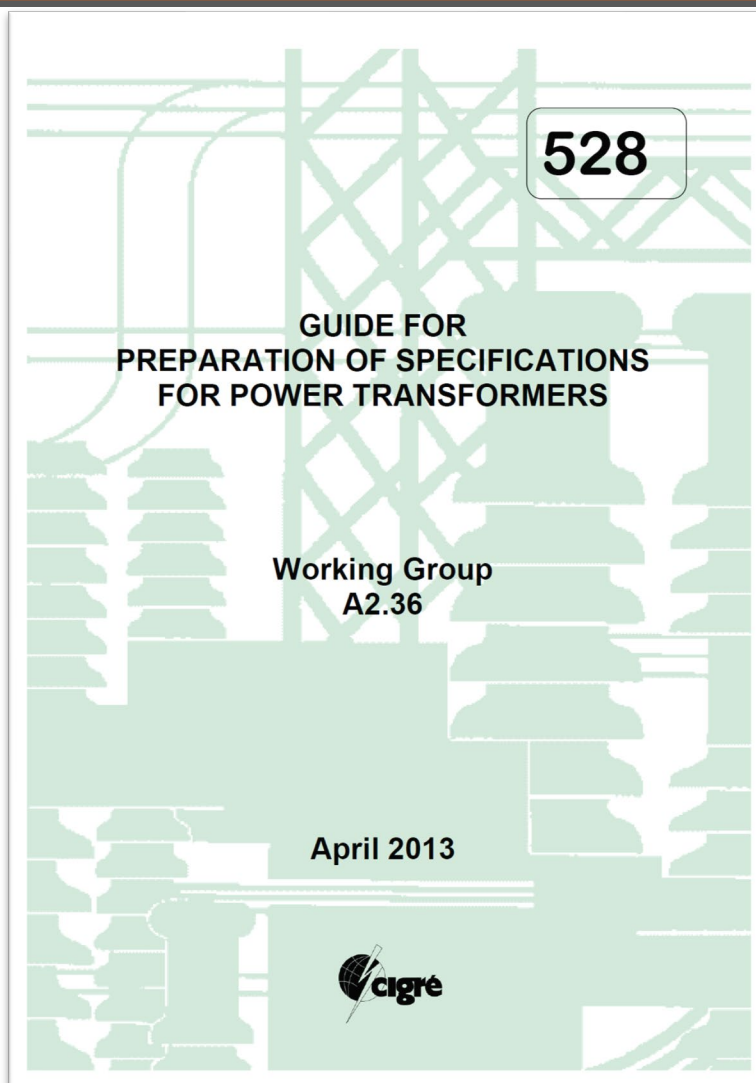
2. Gyártó minősítése

3. Tervzsűri

4. Gyári próbák

5. Szállítás

6. Telepítés, helyszíni próbák



Transzformátor specifikáció készítése

A műszaki brosúra (TB) célja, hogy kiemeljen néhány fontos témát, amelyeket figyelembe kell venni a beszerzési dokumentációban.

- Beszerzés tartalma
- Hálózati követelmények
- Helyszínnel kapcsolatos követelmények
- Szerződéses követelmények
- Környezeti megfontolások
- Szállítás
- Munkabiztonság
- Műszaki követelmények
- Minőség biztosítás
- Gyári és helyszíni próbák
- Garantált értékek
- Javasolt adatigénylés (schedule)
- Veszteség bonus-malus

[Transformer Procurement Process: Guide to Preparation of Specifications for Power Transformers - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Segítség: CIGRE kiadványok TB971;TB940

1. Specifikáció

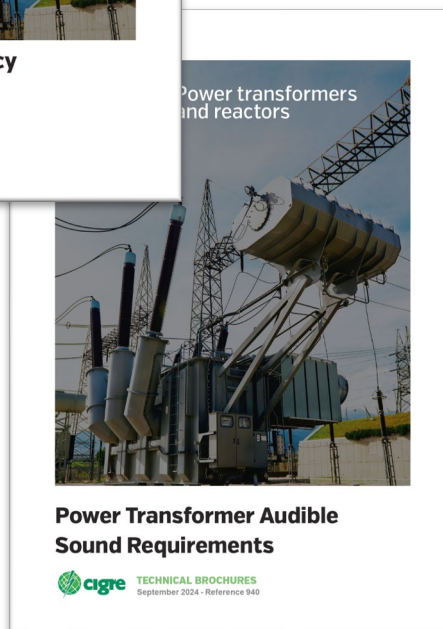
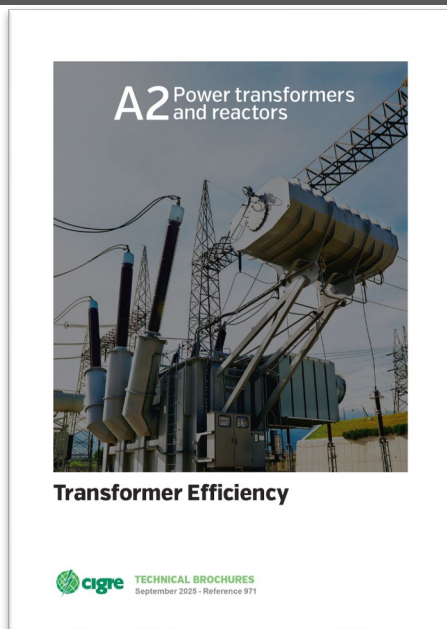
2. Gyártó minősítése

3. Tervzsűri

4. Gyári próbák

5. Szállítás

6. Telepítés, helyszíni próbák



Transzformátor specifikáció készítése

TB971: Transzformátor hatásfok
Elmagyarázza, hol keletkeznek a veszteségek, és hogyan lehet azokat csökkenteni

- Kapitalizáció módjai
- Magas hőosztályú szigetelések hatása
- Üzemeltetés aspektusai
- Hűtésvezérlés

[Transformer Efficiency - Technical Brochures | eCIGRE](#)

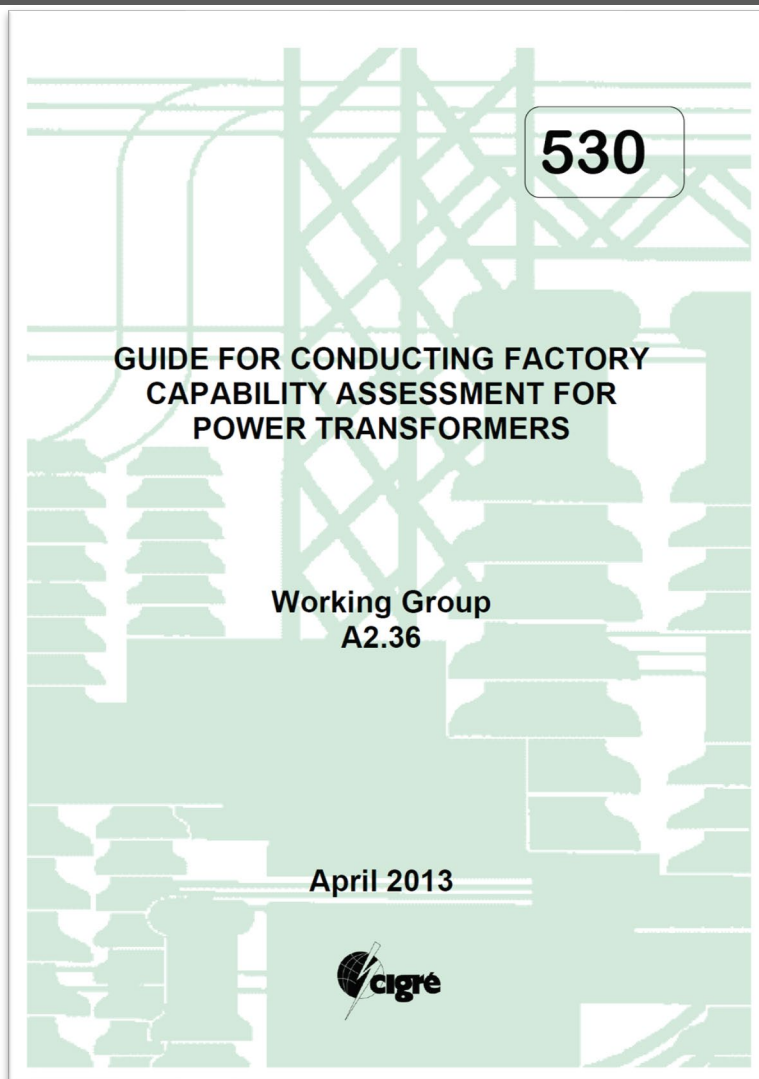
TB940: Zajkövetelmények
Lefedi a transzformátor zaj minden aspektusát, amelyek relevánsak az új transzformátorok beszerzésekor.

- Zaj komponensek
- Tipikus (megvalósítható) zajszintek
- Zajcsökkentés módjai

[Power Transformer Audible Sound Requirements - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Segítség: CIGRE kiadványok TB530

1. Specifikáció
- 2. Gyártó minősítése**
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák



Beszállítói képesség felmérése

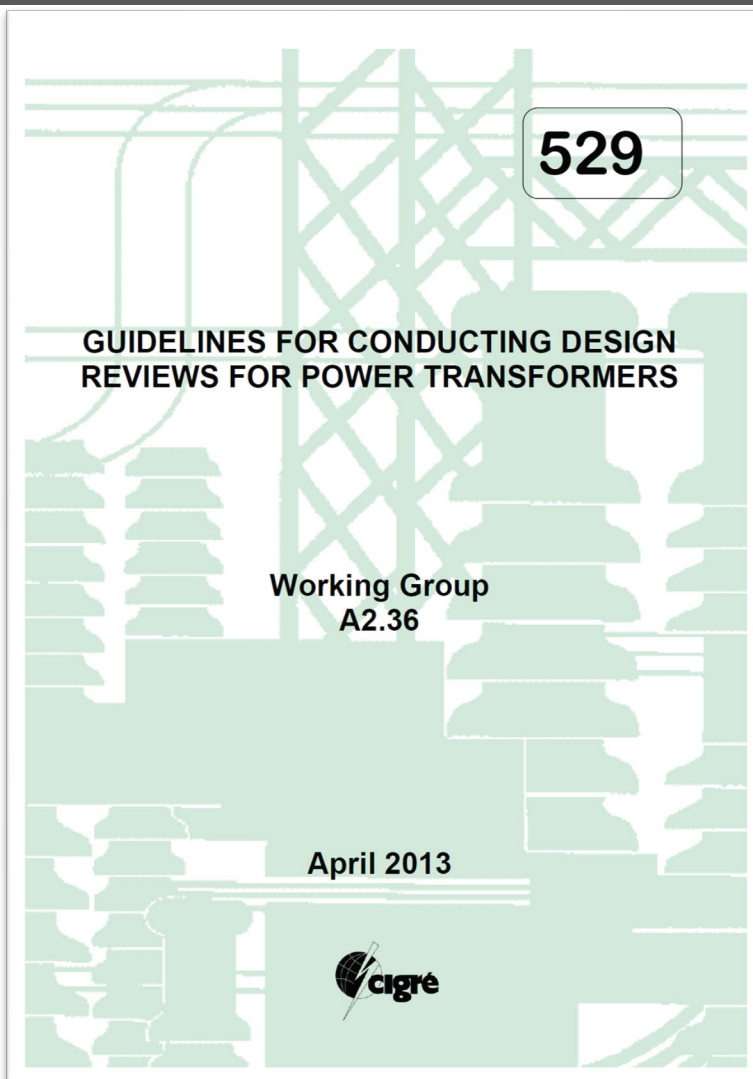
A TB segítség a beszerzőknek a gyártó alkalmasságának felmérésében. Iránymutatásokat és ajánlásokat ad a teljes szállítási folyamat értékeléséhez.

- Minőség menedzsment
- Technológiai háttér
- Tervezési kapacitás, képesség
- Beszerzés, szállítók kezelése
- Gyártási technológia
- Próbaterem
- Garancia és szolgáltatások
- Project menedzsment
- Humán erőforrás menedzsment
- Szállítási tapasztalat

[Transformer Procurement Process: Guide to the Assessment of the Capability of a Transformer Manufacturer - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Segítség: CIGRE kiadványok TB529

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
- 3. Tervzsűri**
4. Gyári próbák
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák



Tervzsűri

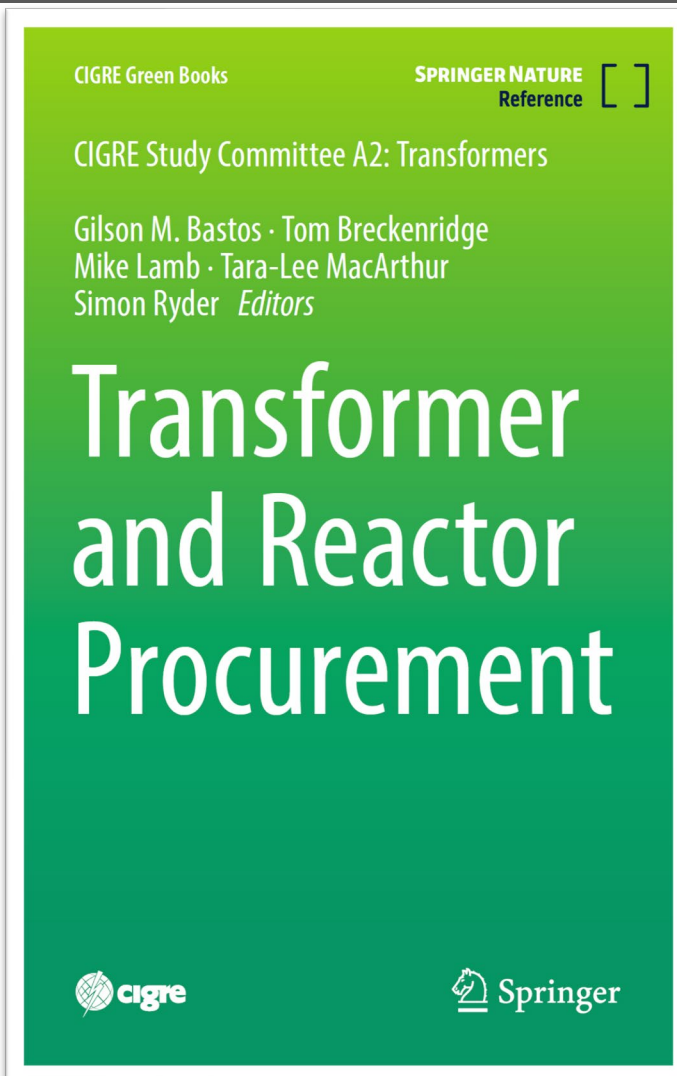
A tervezési felülvizsgálat teljes hangsúlya annak megállapítására irányul, hogy az ajánlott termék minden tekintetben megfelel-e a tervezett üzemi teljesítménynek, és hogy a gyártó bevált anyagokat, tervezőeszközöket, módszertant és tapasztalatot használ-e ennek biztosítására.

- Aktív rész
- Vasszerkezet
- Hűtés
- Villamos szigetelés
- Zárlatállóság
- Egyéb specifikus követelmények
- Segédüzem
- Technológiai kérdések
- Adat igényléshez minta táblázatok
- Jóváhagyási rajzok

[Transformer procurement process: Guide to design review for power transformers - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Segítség: CIGRE kiadványok

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
- 4. Gyári próbák**
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák



Gyári próbák

Transzformátor és Fojtó beszerzés könyvben több fejezet foglalkozik a gyári próbákkal (§12; §13; §14).

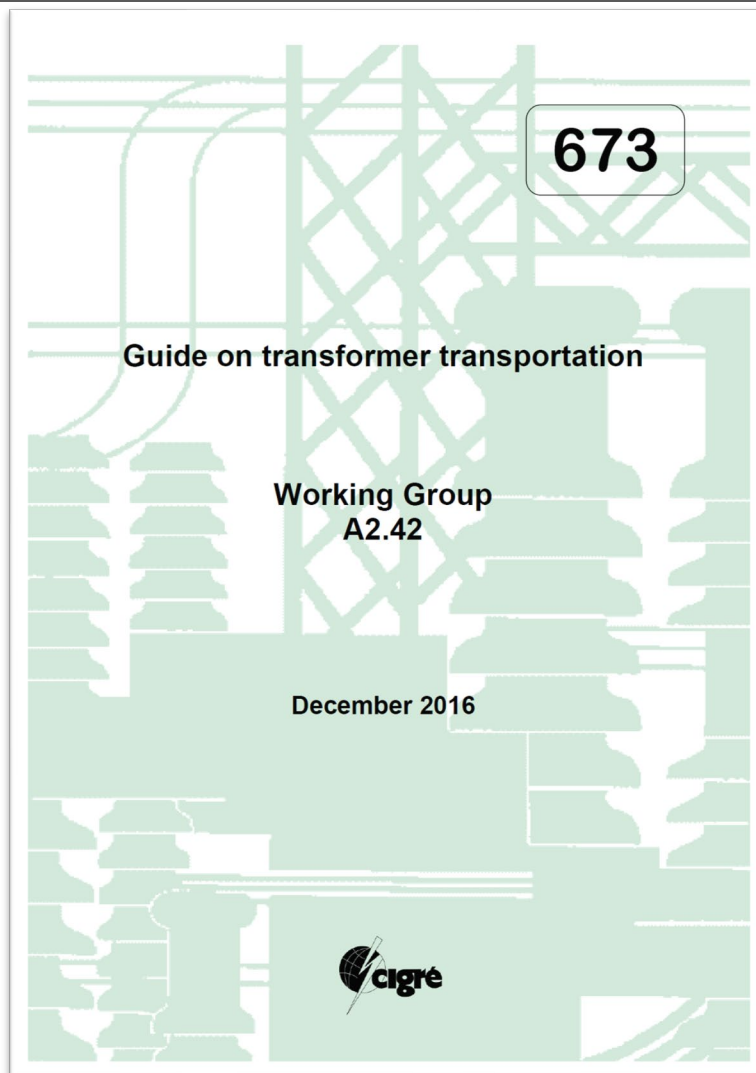
Kifejezetten a próbákkal foglalkozó TB nincs. Több TB foglalkozik kapcsolódó vagy részproblémákkal:

- Termikus szimulációk (TB659)
- Hálózati tranziensek (TB577)
- Nagyfrekvenciás Tr. Modell (TB900-904)
- Részleges kisülés (TB662; TB676; TB861)
- Nedvességtartalom (TB741)
- HGA értelmezése, monitoring (TB771; TB783)
- Egyenáram (DC-bias) hatása (TB944)

[Transformer and Reactor Procurement | Springer Nature Link](#)

Segítség: CIGRE kiadványok TB673

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
- 5. Szállítás**
6. Telepítés, helyszíni próbák



Szállítás

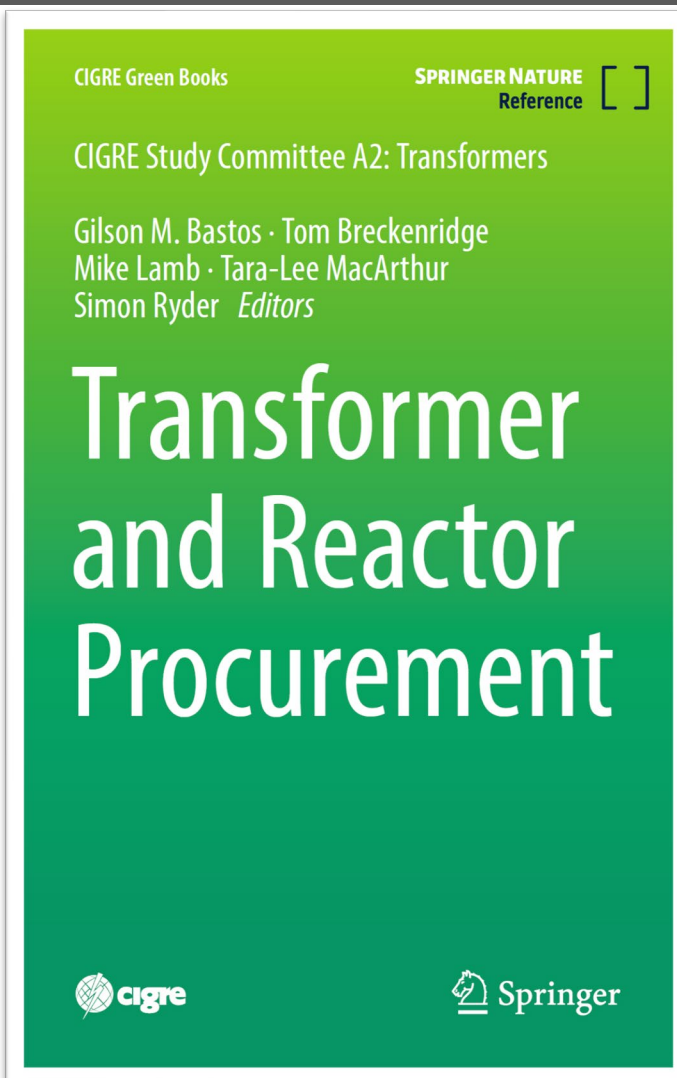
Ez a TB áttekinti a transzformátorok szállításával kapcsolatos összes jelentős szempontot. Három részből áll: szállítási események, tervezési irányelvek és kapcsolódó kérdések, valamint a szállítási folyamat.

- Balesetek és okaik
- Szállítási módok
 - *Közúti*
 - *Vasúti*
 - *Tengeri és folyami*
 - *Légi szállítás*
- Méretezéshez kapcsolódó követelmények
- Gyorsulásmérők és használatuk
- Szállítási folyamat részletei
- Ajánlások (pl. rögzítési módok)

[Guide on transformer transportation - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Segítség: CIGRE kiadványok

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
5. Szállítás
- 6. Telepítés, helyszíni próbák**



Helyszíni szerelés és vizsgálatok

Transzformátor és Fojtó beszerzés könyvben több fejezet foglalkozik a gyári próbákkal:

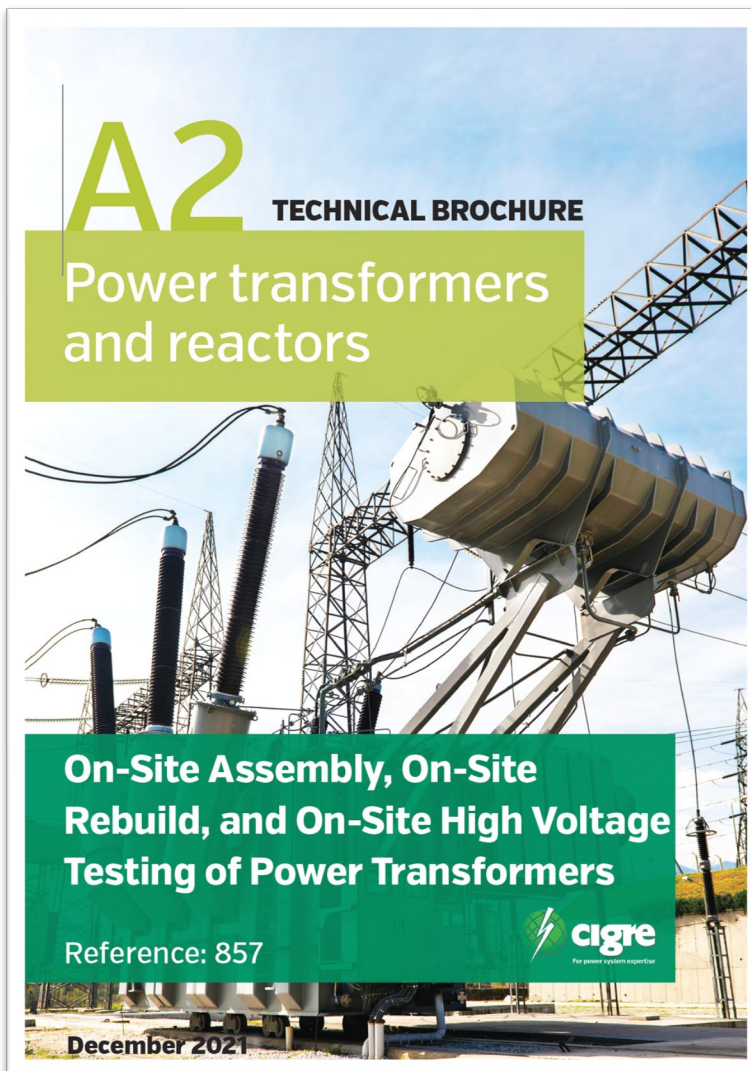
- §16 – Tárolás
- §17 – Szerelés
- §18 – Üzembe helyezés
- §19 – Próbaüzem

Kifejezetten a helyszíni munkálatokkal foglalkozó TB nincs.

[Transformer and Reactor Procurement | Springer Nature Link](#)

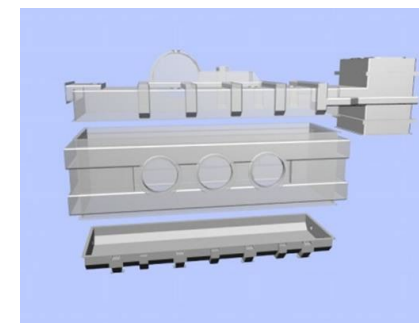
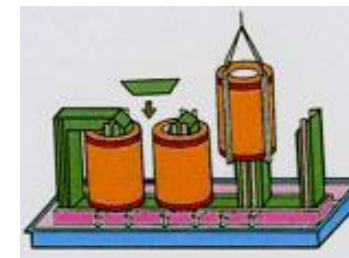
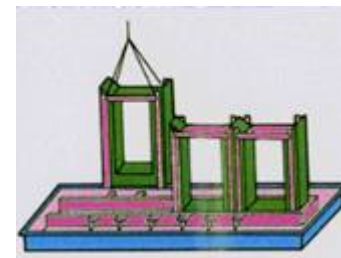
Segítség: CIGRE kiadványok TB857

1. Specifikáció
2. Gyártó minősítése
3. Tervzsűri
4. Gyári próbák
5. Szállítás
6. Telepítés, helyszíni próbák
- 7. Helyszíni összeszerelés, újjáépítés**



Helyszíni összeszerelés, helyszíni újjáépítés és nagyfeszültségű helyszíni vizsgálatok

Ez a dokumentum a helyszíni összeszerelés és a helyszíni újjáépítés eseteit tekinti át. Bemutatja a lehetséges ill. már kipróbált eljárásokat.



[On-Site Assembly, On-Site Rebuild, and On-Site High Voltage Testing of Power Transformers - Technical Brochures | eCIGRE](#)

Példa: 66/22/10.5kV 75MVA

Tartalom

1. Extra járulékos veszteség a tekercsekben
2. Túlfeszültség probléma

Specifikáció

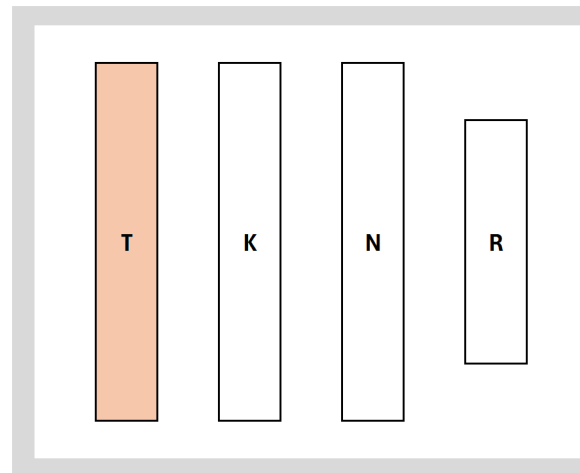
3 fázisú 3 tekercseléses transzformátor
(vevő számára szabványos transzformátor)

Feszültségek: 66/22/10.5 kV

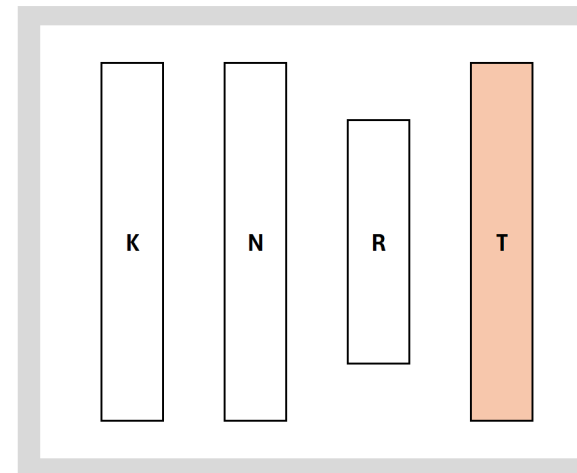
Teljesítmény: 75/75/25 MVA

Kapcsolási csoport: Yyn0+d (tercier kiegyenlítő tekercs, nincs kivezetve)

Általánosan használt tekercs-elrendezések:



Belső Tercier tekercs



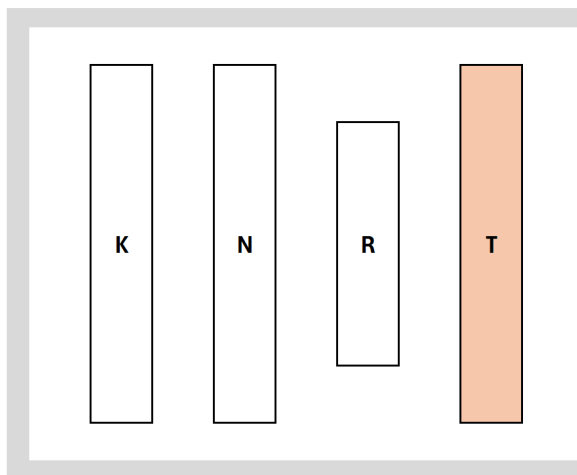
Külső Tercier tekercs

1. Számú beszállító

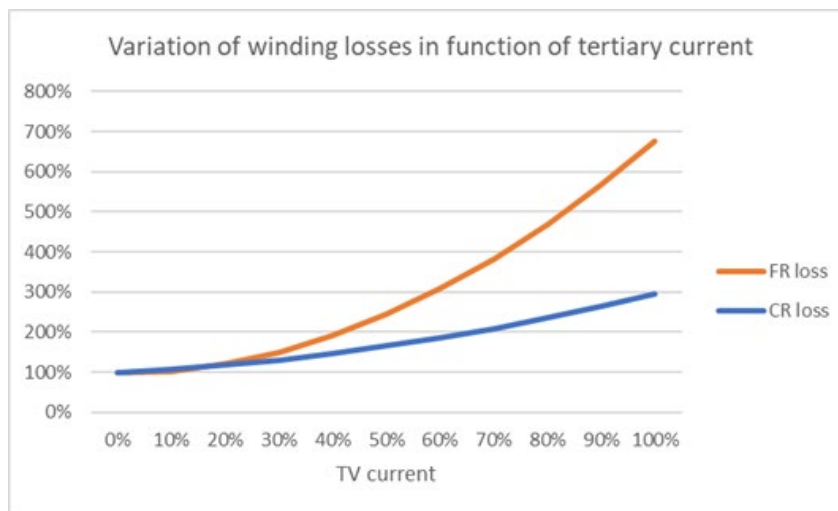
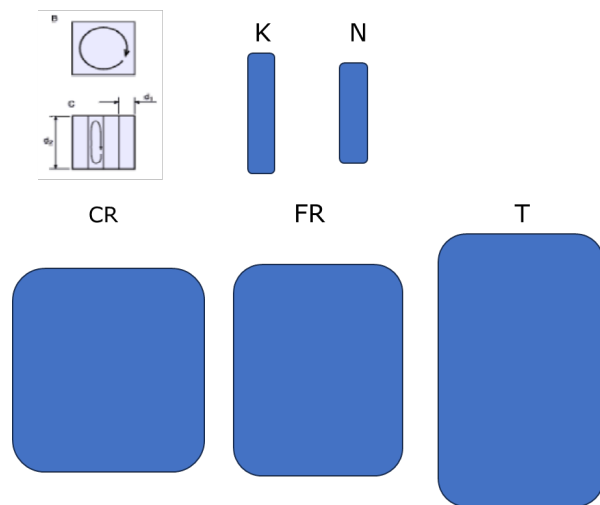
Választott elrendezés: Külső tercier tekercs

Hiba: Nagy keresztmetszetű anyagok használata

Következmény: Teljes zérus-sorrendű áram esetén a szabályzó tekercs vesztesége a tervezett 7-szeresére nő!



Külső Tercier tekercs

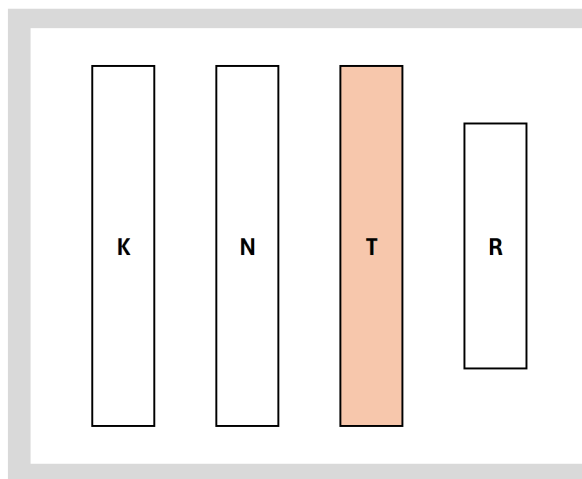


2. Számú beszállító

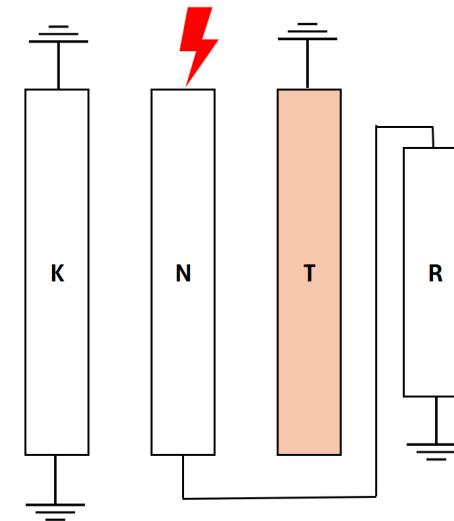
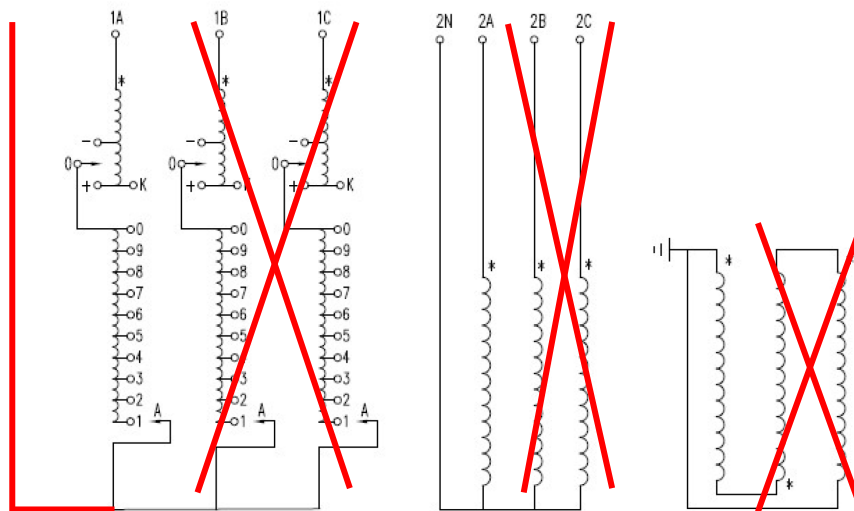
Választott elrendezés: Tercier tekercs az N és szabályzó között!

Hiba: Impulzus jellegű túlfeszültségek szimulációja hibás volt.

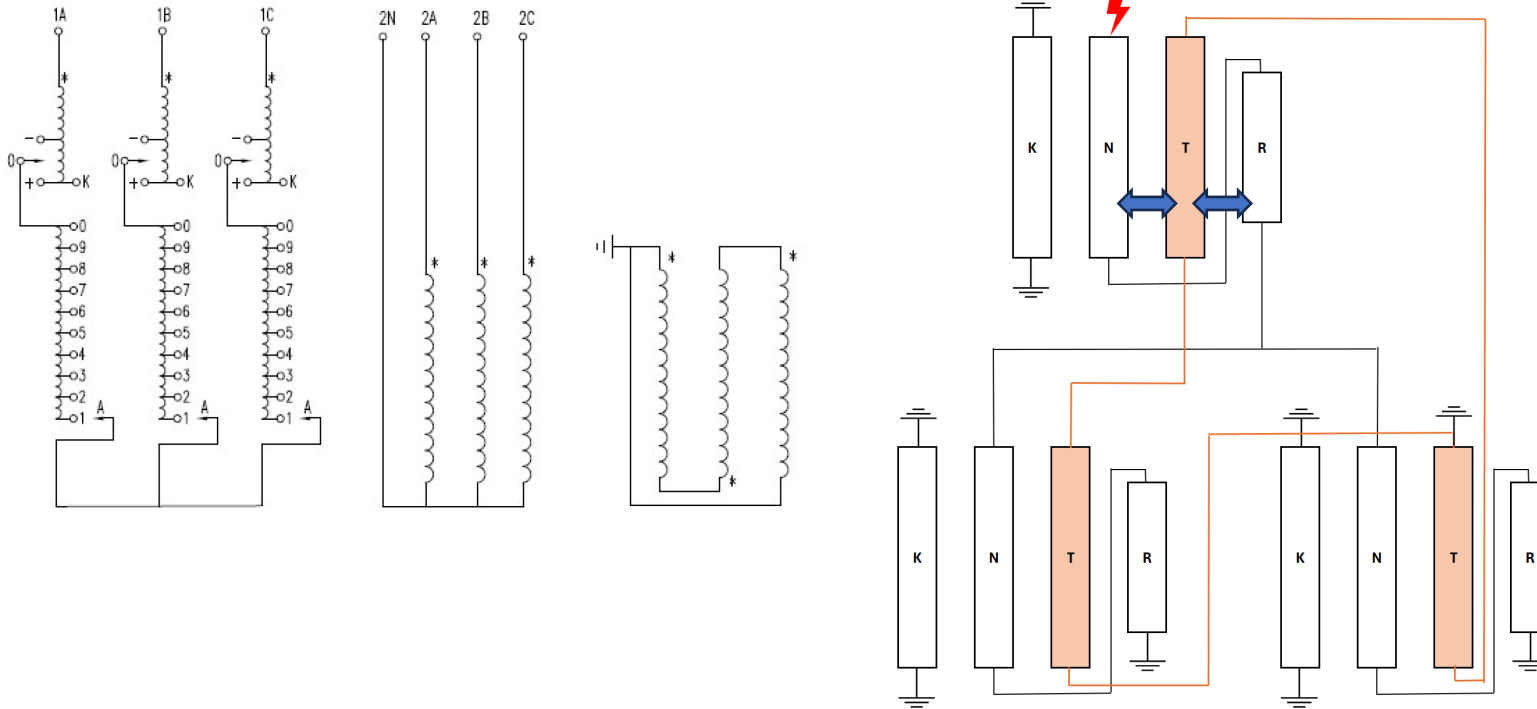
Következmény: Valóságos feszültségigénybevétel a tekercsek között a próbafeszültség körülbelül 2-szerese!



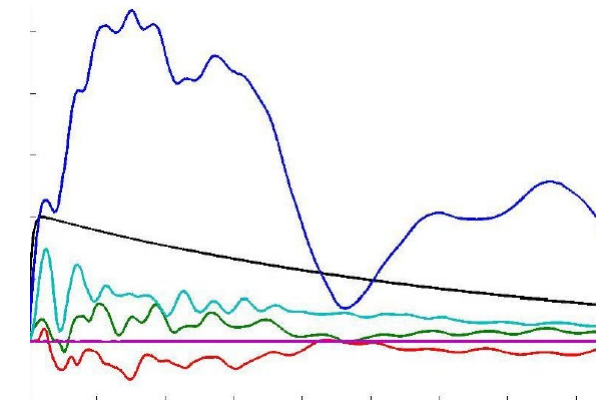
Tercier tekercs kapcsolt tekercsek között



2. Számú beszállító



A tercier tekercs túllendül, mert gyakorlatilag szabad potenciálon van.



Próbafeesztés: **325kV**

Tényleges igénybevétel N - T ill. T - R között: **>600kV**

Köszönöm a
figyelmet!



R.I.P. Valahol Franciaországban...