



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve:

Pintér Péter

2022.

Hallgató törzskönyvi száma:

T007389/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Pintér Péter

Szaktervezési száma: SZD21090213452964

Törzskönyvi száma: T007389/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: A Pannon Hőerőmű Zrt. 51. számú vízlágyítói transzformátor betáplálási helyének áthelyezése

A dolgozat címe angolul: Relocation of the Pannon Hoeromu Zrt's number 51 water softener transformer controller centre

A feladat részletezése: 1. Szakirodalmi kutatás (termékkatalógusok, szabványok, folyóirat cikkek):

hazai és nemzetközi trendek, berendezései, elvárások

2. Berendezések kiválasztása, méretezése

3. Kiviteli terv elkészítése

4. Költségek és megtérülési idő számítása

Intézményi konzulens neve: Dr. Pálfi Judith

Külső konzulens neve: Góra András

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 05. 13.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

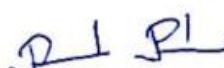
.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. május 15.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Bevezetés	- 4 -
1. A Pécsi Pannon Hőerőmű története.....	- 6 -
1.1 A kezdetek: a szénbányászat hőskora	- 6 -
1.2 A zöldítés időszaka	- 6 -
1.3 Napjaink körforgása	- 7 -
2. A villamos vezénnyelű sűrített levegő rendszer megszüntetéséről.....	- 8 -
2.1 A korábbi rendszer ismertetése	- 8 -
2.2 A meglévő rendszer ismertetése.....	- 9 -
2.3 Az erőmű berendezéseinek betáplálásai.....	- 10 -
2.4 Az erőmű vízlágyítói rendszer betáplálásai, a feladat meghatározása	- 11 -
2.5 A primer berendezések alkalmasságának ellenőrzése.....	- 12 -
3. Felhasznált szabvány bemutatása (MSZ EN IEC 61936-1:2016).....	- 13 -
3.1 Szabvány előzményei.....	- 13 -
3.2 MSZ EN IEC 61936-1:2016 ismertetése	- 13 -
3.3 A szabvány általunk használt része.....	- 14 -
4. Tűzvédelmi tervezet	- 15 -
5. A transzformátor működése	- 16 -
5.1 Működési alapelv	- 16 -
5.2 Valós transzformátor működése és veszteségei	- 17 -
5.3 A 3 fázisú transzformátor működése.....	- 18 -
6. A betáplálendő transzformátor adatai.....	- 19 -
7. Az új betáplálási pont miatt kialakuló új zárlati áram számítása	- 20 -
7.1 Zárlatszámítási alapok (elmélet)	- 20 -
7.2 Zárlatszámítás „X” módszerrel:	- 20 -
7.3 Minimum zárlati áram meghatározása	- 23 -
7.4 Maximum zárlati áram meghatározása	- 27 -
8. Védelmi koncepció	- 31 -
8.1 A védelmi rendszer átfogó ismertetése	- 31 -
8.2 3 kV-os betáplálás, üzemi és tartalékvédelme	- 31 -
8.3 3/0,4 kV-os transzformátor leágazás, 1., 2. sz.	- 35 -
9. A kiépítendő rendszer ismertetése	- 39 -

9.1	Primer átalakítás.....	- 39 -
9.2	Áramváltó körök (2.számú rajz)	- 39 -
9.3	Működtető körök (3.számú rajz)	- 40 -
9.4	SF6 gáz kevés.....	- 41 -
9.5	0,4 kV ki (pl.: 4.számú rajz).....	- 41 -
9.6	Jelzések (pl.: 5.számú rajz)	- 41 -
9.7	Transzformátor hőfok jelzés és védelem.....	- 42 -
9.8	Reteszelések (6.számú rajz)	- 42 -
9.9	Írányítástechnikai kapcsolatok (pl.: 7.számú rajz)	- 43 -
10.	A megszakítók működése, feladatai, fajtái	- 45 -
10.1	Megszakítók feladatai	- 45 -
10.2	Villamos ív	- 45 -
10.3	Váltakozó áramú ív „oltása”	- 45 -
10.4	A villamos ív oltásának lehetséges módszerei	- 45 -
10.5	Megszakítók csoportosítása ívoltage szempontjából:	- 46 -
10.6	Megszakítókkal szemben támasztott követelmények	- 46 -
11.	Kiválasztott megszakító ismertetése	- 47 -
11.1	Kiválasztott megszakító bemutatása	- 47 -
11.2	A megszakító előnyei	- 47 -
11.3	Megszakító adatai.....	- 48 -
12.	Kiválasztott alapvédelem ismertetése	- 49 -
12.1	Kiválasztott védelem bemutatása	- 49 -
12.2	A védelmi készülék előnyei	- 49 -
12.3	Mérési, diagnosztikai funkciók	- 49 -
12.4	Védelmi funkciók.....	- 50 -
13.	A kiválasztott tartalékvédelem ismertetése.....	- 52 -
13.1	Kiválasztott tartalékvédelem bemutatása	- 52 -
13.2	A tartalékvédelmi készülék főbb jellemzői.....	- 52 -
13.3	Beépítés, kivitelezés	- 52 -
13.4	Műszaki adatok	- 53 -
14.	A kiszámított adatok összevetése a beállítási és védelmi feladatokkal	- 54 -

14.1 Zárati tűrképesség ellenőrzése	- 54 -
14.2 A védelem beállítása	- 55 -
Összefoglalás	- 56 -
Angol nyelvű összefoglalás	- 57 -

Bevezetés

A tanulmányaimhoz szükséges gyakorlatot a Pannon Hőerőműnél végeztem. Ott adódott egy olyan lehetőség számomra, hogy felkínáltak nekem egy jövőben megvalósuló projektet szakdolgozat témának kidolgozásra, melyet örömmel elfogadtam. A téma, amit kaptam, az egy fejlesztési beruházás volt. A beruházás célja az, hogy teljes mértékben leépítsék az erőmű sűrített levegős rendszerét, mely már elavult és idejét múlt. Ennek a célnak az elérése viszont több lépcsős és már évekkel ezelőtt el is kezdődött. A következő lépcsőfok az én szakdolgozat témaköröm, az 51-es számú vízlágyítói 3/0,4 kV-os transzformátor betáplálási pontjának áthelyezése. Ez a feladat egy eléggé összetett téma, melynek első lépéseként ismertetni fogom az erőműnek a történetét, az említett rendszer korábbi felépítését és azt, hogy ebből már mi került leépítésre. Továbbá szó lesz a szükséges felhasználandó szabványokról, tűzvédelemről és magáról a transzformátorról is mind elméleti mind gyakorlati szempontból. Ezek után számításokat fogok végezni, hogy milyen nagyságú zárlati áramok kialakulására lehet számítani, ami alapján ismertetni fogom a védelmi koncepció kialakítását és a kiépítendő rendszert is. Ezek után már csak az lesz a feladatom, hogy kiválasszam a megfelelő megszakítót és védelmi berendezéseket. Végül fontos lépés, hogy ezeket az információkat összegezzem, ami alapján könnyen átlátható lesz a rendszer működés szempontjából, és így kiderül az, hogy működőképes lesz-e az általam felépített koncepció.

1. A Pécsi Pannon Hőerőmű története

„Pécs Magyarország első olyan megyei jogú városa, ahol a távfűtéshez felhasznált hőenergia teljes mértékben megújuló forrásból származik. Pedig nem volt ez mindig így, hiszen a város évtizedekig a hazai szénbányászat központja volt, és sokáig ennek ikonikus létesítménye volt a pécsi erőmű. Azonban a városképet is meghatározó épületegyüttes másfél évtizede megkezdett korszerűsítése napjainkra meghozta a gyümölcsét. Az immár a Veolia Energia Magyarország Zrt. érdekeltségbe tartozó Pannon Hőerőmű Zrt. ma már hazánk legnagyobb, tisztán megújuló energiaforrásokat hasznosító kogenerációs erőműve, amelyre Európa-szerte a fenntartható városi energiagazdálkodás gyakorlati megvalósulásának egyik legjobb referenciájaként tekintenek.

1.1 A kezdetek: a szénbányászat hőskora

A hajdani, még Pécsi Hőerőmű Vállalat néven futó szénerőmű építését az 50-es évek második felében regnáló nehézipari miniszter, Czottner Sándor indította el 1958-ban. Az áramtermelés a rákövetkező évben indult meg a Mecsek szénbányáinak ásványianyag-készleteire alapozva. Az első párhuzamos kapcsolásra több mint hatvan évvel ezelőtt, 1959 decemberében került sor. A vállalat 1964-től a mecseki szénre alapozott villamosenergia-termelést kiegészítette Pécs városának egyre terebélyesedő távfűtési hálózatának hőenergiaellátásával. A létesítmény első nagy volumenű rekonstrukciójára 1983-ban került sor a berendezések nagyfokú elhasználódása miatt.

1.2 A zöldítés időszaka

Több éves szakmai előkészítést követően az erőmű 2004-ben tért át részben földgáz, részben fässzárú tüzelőanyagok felhasználására. Azóta is Pécssett üzemel Közép-Európa legnagyobb, 49,9 MW beépített villamos teljesítményű biomassza-tüzelésű erőműi blokkja. A biomassza-alapú energiatermelés kedvező tapasztalataira alapozva pedig nem sokkal később megkezdődött a második, immár bálázott lágyszárú biomassza-tüzelésű erőműi blokk építésének előkészítése is, amelyet végül 2013-ban helyeztek üzembe. Az erőmű ekkor már a francia szakmai befektető, a Veolia Energia Magyarország Zrt. leányvállalataként működött, amely 2007-ben vásárolta meg az akkor még Pannonpower néven futó létesítmény részvényeinek 99,94 százalékát.

1.3 Napjaink körforgása

Az erőmű meghatározó szerepet tölt be a régió lakosainak életében. A faapríték-tüzelésű blokkban minden év januárjában energetikai célokra használják fel a kidobásra ítélt karácsonyfákat. Eközben pedig a lágyszárú biomassza-tüzelésű blokkban a régió termelői által erőműbe juttatott szalmabálák elégetése során keletkező hamut is visszajuttatják a gazdáknak, ugyanis a hamu lúgos kémhatása jótékony hatással van a környező, többnyire savas mezőgazdasági területek termőképességére. A körforgásos gazdaság jegyében 2019 novemberétől egy újabb tüzelőanyag, az ún. Mecsek Mix alkalmazását is megkezdték a faapríték-tüzelésű blokkban. Ez a speciális termékminősítéssel rendelkező, kereskedelmi forgalomban kapható minőségbiztosított tüzelőanyag biomasszát, valamint Pécsről és környékéről származó előválogatott, papírból, textilből és anyagában már nem újrahasznosítható, PVC-mentesített műanyagot tartalmaz. A Mecsek-Mix hasznosítása pedig lehetővé teszi, hogy a lakosság által gyűjtött háztartási hulladékok közül leválogatott, anyagában már nem újra feldolgozható frakciót is eltérítsék a hulladéklerakóktól.”^[1]

Ugyan a vállalat folyamatosan fejlődik, változik, módosul, de még mindig van több olyan technológia, amely az eredeti, több mint 70 éves elemeket tartalmazza. Ilyen elem az 51-es transzformátor betáplálási rendszere. A meglévő 101-es számú betáplálási pontban még mindig az eredeti PTK típusú levegő oltóközegű megszakító működik.

A PTK típusú megszakító oltóközege sűrített levegő. A szükséges 10 bar-os levegő előállítása jelentős költségekkel jár, ilyen költségek a kompresszorok, nyomástartó edények karbantartása.

A Hőerőmű célja azontúl, hogy kiváltja az elavult meghibásodásra hajlamos megszakítót, idővel meg tudja szüntetni a nagy fenntartási költségeket kívánó villamos vezénlyői sűrített levegő rendszert.

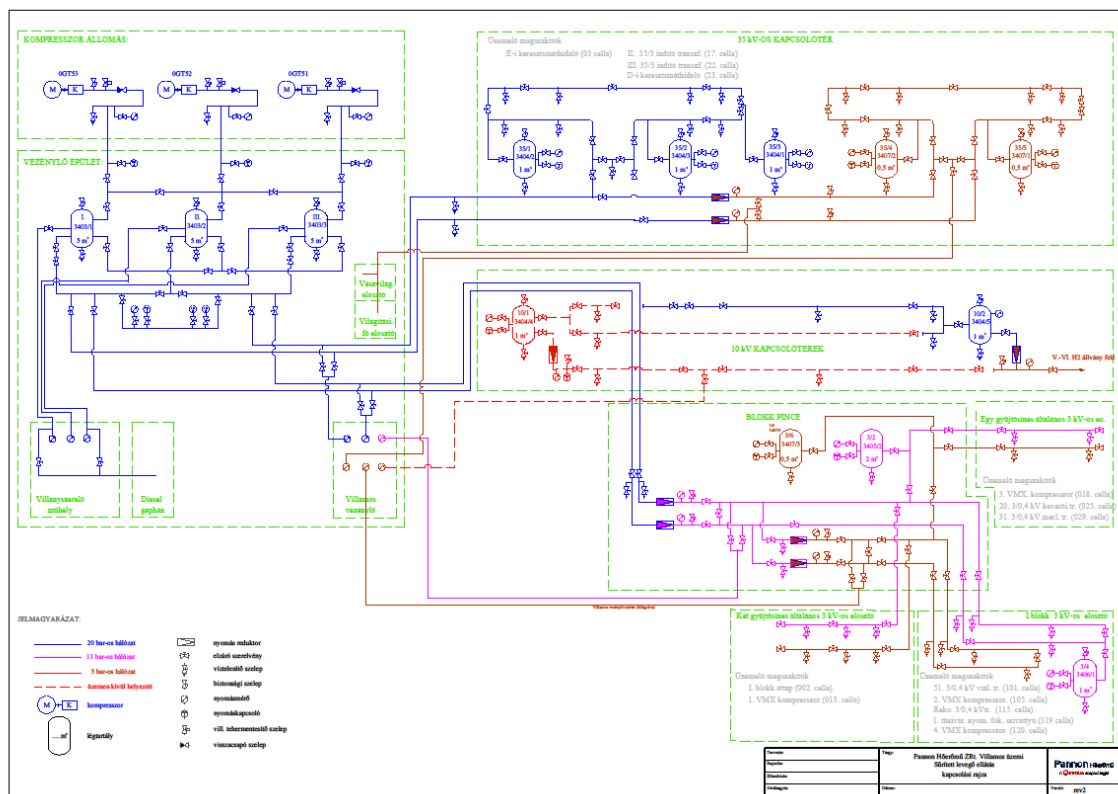
2. A villamos vezénylői sűrített levegő rendszer megszüntetéséről

2.1 A korábbi rendszer ismertetése

A villamos vezénylői sűrített levegő rendszer több nyomásszinten több funkciót látott el. 20 bar-os nyomást igényeltek a 35 kV-os megszakítók, 10 bar-os nyomáson üzemeltek a 3 kV-os megszakítók, 5 bar-t igényeltek a szakaszoló hajtások. Emellett sűrített levegőt (20 bar) igényelt a villamos vezénylői szükséggenerátorának indítása.

Az utóbbi években több rendszerelemben is változás következett be. [15]

Az eredeti rendszer rajza a következő volt:

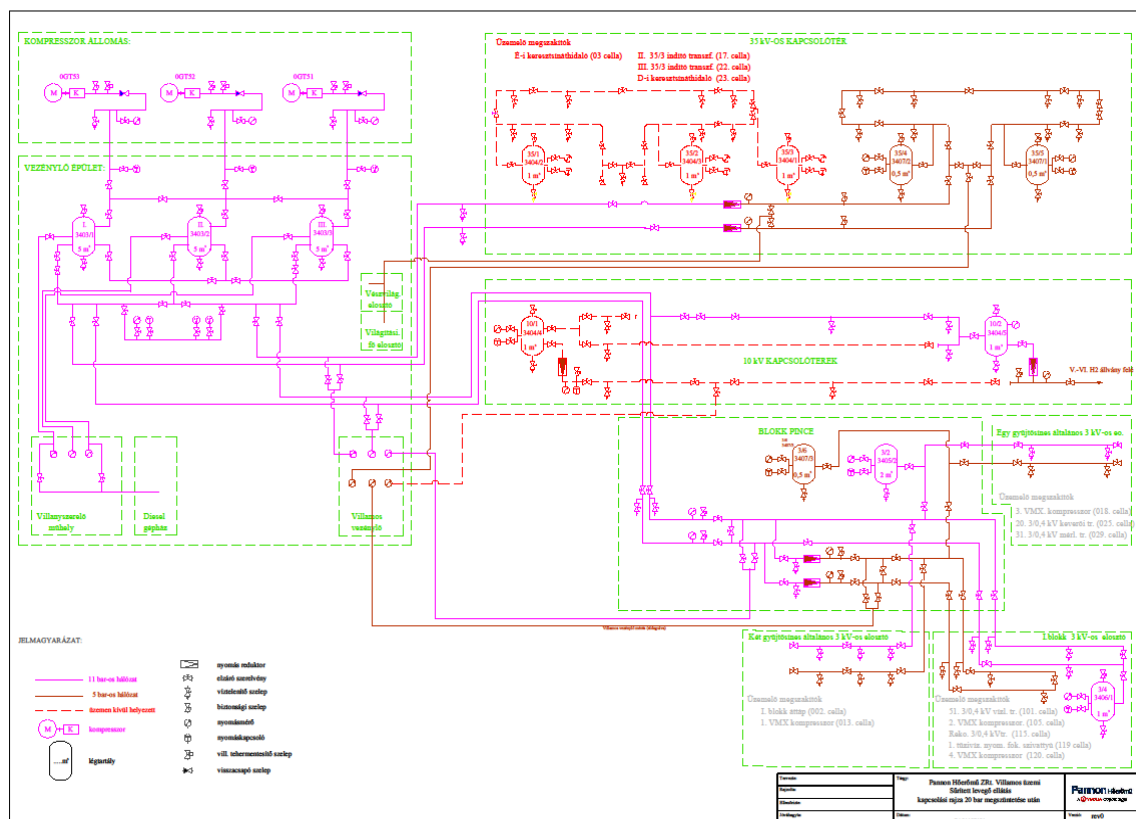


1.ábra: A korábbi levegő rendszer kapcsolási rajza [15]

2.2 A meglévő rendszer ismertetése

Az elmúlt évek során több rendszerelem kiváltásra került. Megszüntetésre kerültek a 35 kV-os rendszeren található 20 bar-os levegőellátást igénylő megszakítók.

Napjainkra már csak az I. sz. 3 kV-os elosztóban található 1. sz. tűzivíz nyomásfokozó szivattyú, a 4. sz. VMX kompresszor és az 51. sz. vízlágyítói transzformátor, valamint a kétgyűjtősínes általános 3 kV-os elosztóban található 1. sz. VMX kompresszor tartalmaz levegő működtetésű megszakítót. [15]



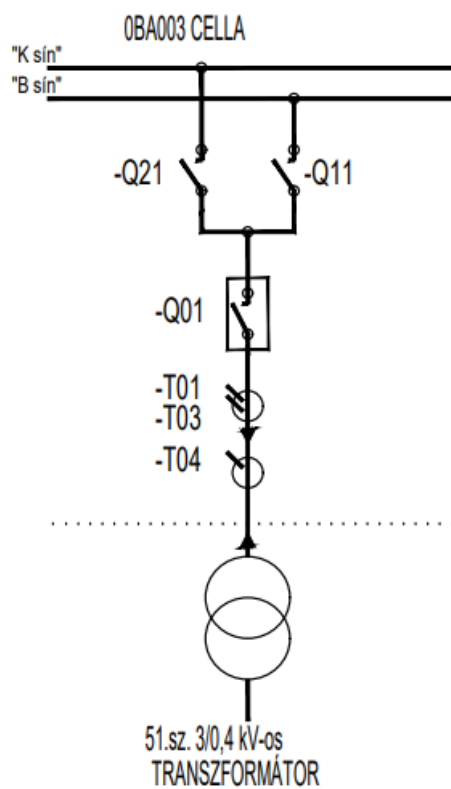
2.ábra: A jelenlegi levegő rendszer kapcsolási rajza [15]

Ezen elemek átépítése vagy áttelepítése után a villamos vezénylői 10 bar-os levegő ellátás – a maga nagy költségigényével együtt – megszüntetésre kerülhet. Mivel az 1. sz. 3 kV-os elosztó helyére más berendezés telepítését tervezi az Erőmű, így a szimpla megszakító csere helyett a betáplálási pont áthelyezése célszerű.

2.5 A primer berendezések alkalmasságának ellenőrzése

A munka következő részében ellenőrizni kell, hogy a beépített primer berendezésből mely elemek használhatóak fel az áthelyezés során.

A primer séma a következő:



5.ábra 51. számú vízlágyító 0,4 kV-os transzformátor primer betáplálási sémája [13]

Ahhoz, hogy a berendezések alkalmazhatóságát ellenőrizni tudjuk, el kell végezni az új betáplálási pont zárlati számítását.

Ennek célja kettős:

1. Meg kell vizsgálni, hogy a zárlati áramokat elviseli-e a beépített elemünk.
2. El tudjuk végezni az új betáplálási pontba beépítendő védelmek beállítását.

3. Felhasznált szabvány bemutatása **(MSZ EN IEC 61936-1:2016)**

3.1 Szabvány előzményei

Az MSZ 1610-es szabvány 1970-ben jött létre. A MSZ 1610 az 1000 V-nál nagyobb névleges feszültségű berendezések létesítésére vonatkozó szabványsorozat volt. A 1610-es szabvány csak létesítésre, felújításra vagy bővítésre szolgál, tehát nincs benne szó karbantartási, üzemeltetési vagy felülvizsgálati előírásokról. Ebből adódóan se minőségi, se gazdasági szempontokat nem vesz figyelembe csupán életvédelmi, üzembiztonsági és vagyonvédelmi előírásokat tartalmaz. Továbbá a szabvány nem foglalkozott semmi egyéb, villamos berendezésekhez közvetett vagy közvetlen módon kapcsolódó szakterületekkel, mint például a villámvédelemmel. ^[10]

3.2 MSZ EN IEC 61936-1:2016 ismertetése

Az egyik jelentős különbség az elődjéhez (MSZ 1610) képest, hogy sokkal könnyebben értelmezhető, sok benne a szemléltető ábra, mely alapján egyértelműen meghatározták a paraméterek. Továbbá több táblázatot is tartalmaz, mint a korábbi verzió, ezáltal praktikusabb is. Mindenre kiterjedő igen pontos és részletes leírásokat tartalmaz. ^[10]

3.3 A szabvány általunk használt része

A szabvány számunkra egyik legfontosabb része a minimálisan betartandó légközőkre és határtávolságokra vonatkozik. Részletesen kitér a szabadtéri (kerítések falak mentén), és az elzárt villamos kezelőterben használatos minimum távolságokra és magasságokra. A mi esetünkben csak közvetlen érintésvédelemről kell gondoskodnunk, mivel minden érintett területen csak szakképzett személy tartózkodhat. Ezen értékeket is ábrákkal szemléltetik az egyértelmű értelmezhetőség kedvéért, továbbá táblázatokba is foglalja ezen méreteket. ^[10]

Létesítmény legnagyobb feszültsége	Névleges rövid idejű ipari frekvenciájú próbafeszültség	Névleges lökőhullámú próbafeszültség	Fázisvezető és föld közötti és fázisvezetők közötti minimális légköz N	
U_m (effektív érték) [kV]	U_d (effektív érték) [kV]	U_p 1,2/50 μ s (csúcsérték) [kV]	Belsőtéri létesítmények [mm]	Szabadtéri létesítmények [mm]
3,6	10	20	60	120
		40	60	120
7,2	20	40	60	120
		60	90	120
12	28	60	90	150
		75	120	150
		95	160	160

1.táblázat Középfeszültség esetén szükséges minimális légközők [10]

Ezen táblázat alapján könnyen megállapítható a szükséges légköz mérete. Mivel az 51-es számú háziüzemű vízlágyítói transzformátor fedett, beltéri berendezés, ezért a szükséges légköz 60 mm-es kell legyen. Bár maga a sínezés megmarad, csak a kábelezés változik, de a meglévő sínek közti távolság ennek a szabványnak teljes mértékben megfelelnek. ^[10]

4. Tűzvédelmi tervezet

Minden olyan berendezés, amelyet az átalakítás érint, tűzvédelmi szempontból változatlan marad, tehát a tűzvédelmi besorolásuk továbbra is ugyanaz. Az erőmű valamennyi helyiségét az adott területen lévő mobil tűzoltó készülékek biztosítják.

A munkavégzés teljes folyamata során minden helyszínen dolgozó személynek kötelező betartania a Pannon Hőerőmű szabályzatát. ^[15]

Fokozottan figyelmet kell fordítani a Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) teljeskörű betartására minden egyes létesítés és szerelési munka végzése közben.

A kivitelezési munkák során minden, helyszínen dolgozó személynek dohányzás során kötelező az erre kijelölt helyet igénybe vennie.

A teljes fejlesztési folyamat során minden egyes munkafázisban (kiviteli tervezés, szerelési munkák, berendezés üzembehelyezése) kötelező betartani a tűzvédelmi előírásokat. A vonatkozó tűzrendészeti rendelet szerint a transzformátorállomás kapcsoló helyiségének, segédüzemi helyiségének és irányítástechnikai helyiségének tűzvédelmi besorolása „D” mérsékelten tűzveszélyes.

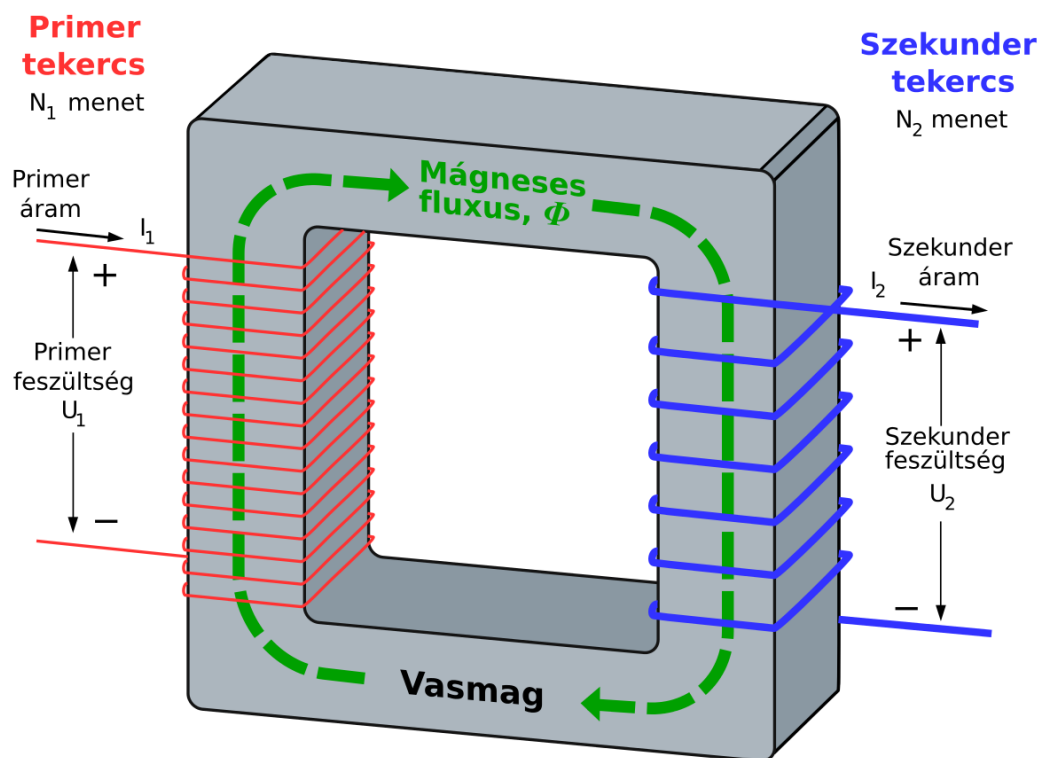
Az Üzemeltető illetékes szervei által meghatározott kikötések mindegyikét be kell tartani a kivitelezésre történő teljes munkaterület átadási bejárása során. A kivitelezési munkák során valamennyi menekülési útvonalat és tűzoltáshoz szükséges útvonalat teljes mértékben szabadon kell hagyni.

Az általános munkahelyi rend csökkenti a tűz keletkezésének esélyét. ^[14]

5. A transzformátor működése

5.1 Működési alapelv

Egy transzformátor létrehozásához szükség van két tekercsre, melyeket primer (elsődleges), és szekunder (másodlagos) tekercsnek hívunk. Ezen két tekercset rá kell helyezni egy (legtöbb esetben zárt) vasmagra. Ha a primer tekercsre feszültséget kapcsolunk, az mágneses erővonalakat hoz létre. A vasmag ezen erővonalak rendezésére szolgál. A szekunder tekercsben a mágneses erővonalak fluxust hoznak létre. Ha primer tekercs kapcsaira váltakozó feszültséget kapcsolunk, annak hatására a szekunder tekercsben egy folyamatosan változó fluxus fog létrejönni, mely feszültséget indukál. Ha lezárjuk a másodlagos tekercset egy terheléssel, akkor a létrehozott feszültség hatására a terhelésen át megindul a szekunder áram. [3]



6..ábra 1 fázisú transzformátor működési elve [4]

Mivel a szekunder feszültséget a primer oldalra csatlakoztatott betáplálás hozza létre, így a frekvenciájuk megegyezik egymással. A szekunder feszültség nagysága a tekercselések menetszámától függ, így aszerint kell létrehozni a primer és szekunder tekercselést, hogy

az adott feszültséget fel vagy le szeretnénk transzformálni, továbbá aszerint, hogy mekkora mértékkel szeretnénk változtatni az adott feszültséget. [3]

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad [3]$$

A primer és szekunder feszültség, valamint az áramok aránya mindig a tekercselés menetszámától függ.

5.2 Valós transzformátor működése és veszteségei

A valóságban a kimeneti feszültség nemcsak a primer és szekunder tekercsek menetszámainak arányától függ, ugyanis nem ideális anyagokból áll össze egy transzformátor, így több veszteség is van a tekercsek anyagából, a vasmagból és a szigetelőanyagból egyaránt.

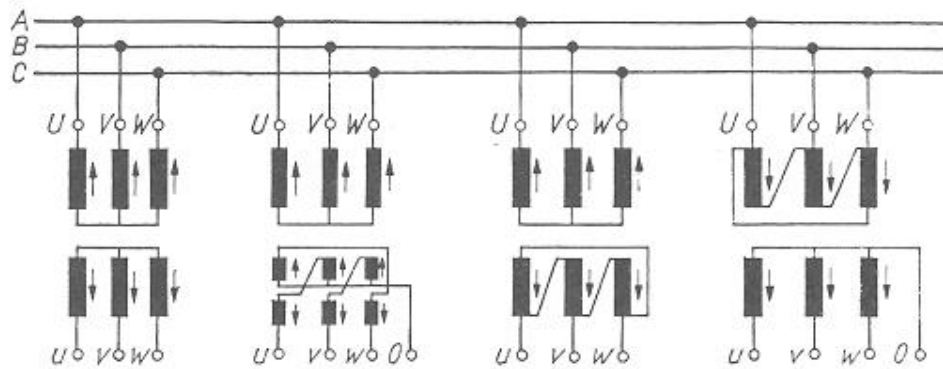
Veszteségek:

- **Hiszterézis veszteség:** Ez egy vasveszteség, amely abból adódik, hogy a vasmagot a váltakozó mágneses mező folyamatosan átmágnesezi, ami miatt hő formájában létrejön egy veszteség.
- **Örvényáram veszteség:** Szintén egy vasveszteség, mely abból adódik, hogy ha egy vezetőben periodikusan váltakozó fluxus jön létre, az feszültséget indukál az adott vezetőben (mely jelen esetben a vasmag) és a feszültség hatására áram jön létre, ami veszteséget okoz. Ez a veszteség hő formájában jön létre.
- **Ohm-os veszteség:** Az Ohm-os veszteség a tekercseken jön létre és az okuk az, hogy nem ideális vezetőből állnak a tekercsek, így van egy ellenállásuk, mely korlátozza a primer tekercs áramát és csökkenti a U_2 (kimeneti) feszültséget. Ezen veszteség mértéke függ a tekercs anyagától. Rézvezető esetén kisebb, míg a régebbi alumínium tekercselésű transzformátorok esetén ez nagyobb mértékű.
- **Kóbor veszteség:** A szivárgási mező miatt kialakuló veszteség. A kóbor veszteség mértéke (a többi veszteséghez viszonyítva) igen csekély, így elhanyagolható.
- **Dielektromos veszteség:** Ez a szigetelőanyagból alakul ki. Az az oka, hogy a transzformátorok szigetelőanyaga (ami lehet olaj vagy szilárd szigetelő is) folyamatosan romlik, akár a kialakuló ívek vagy szennyeződés vagy öregedés miatt. Ahogy a szigetelőanyag minősége csökken, a transzformátor hatásfoka úgy romlik. [3]

5.3 A 3 fázisú transzformátor működése

A 3 fázisú transzformátor alap működési elve teljesen megegyezik az 1 fázisú transzformátornál látottakkal. Itt is ugyanúgy szükség van egy vasmagra meg primer és szekunder tekercsre. A különbség az, hogy ebben az esetben egy 2 ablakos vasmagra lesz szükség és a 3 fázisból adódóan 3 primer és 3 szekunder tekercsre van szükség. Mivel a vasmagon csak 3 oszlop áll rendelkezésre és összesen 6 tekercs van, ezért minden oszlopra 2-2 tekercselés kerül. Továbbá 3 fázisú transzformátor esetén (mivel nemcsak 2x2 tekercs kivezetés van) nemcsak egyfajta kapcsolási mód lehetséges.

A gyakorlatban általában 4 fajta kapcsolás fordul elő: csillag-csillag, csillag-zegzug, csillag-delta, delta-csillag ^[3]



7...ábra 3 fázisú transzformátor kapcsolási módjai [5]

A transzformátor kialakítási fajtáját aszerint választják ki, hogy az adott transzformátor milyen szerepet tölt be (mit lát el).

6. A betáplálendő transzformátor adatai

Egy transzformátornak több paramétere is van, nemcsak az áttétele és a tekercsek kapcsolása, hanem sok egyéb olyan adata is van, amit fontos ismernünk mielőtt belefognánk a tervezésbe.

Típus	AKNT 800/35
Gyártási szám	94755
Gyártási év	1959
Névleges teljesítmény [kVA]	640
Primer feszültség [V]	3150
Szekunder feszültség [V]	400/231
Primer áram [A]	117,4
Szekunder áram [A]	924
Kapcsolási mód	DY05
Olajsúly [Kg]	700
Tekercselés	Alumínium
Drop [%]	5,5
Frekvencia [Hz]	50

2.táblázat 51. számú vízlágyítói transzformátor névleges adatai [15]

Ezen adatok megtalálhatóak a transzformátor adattábláján, amiből megtudhatunk minden számunkra fontos információt.

7. Az új betáplálási pont miatt kialakuló új zárlati áram számítása

7.1 Zárlatszámítási alapok (elmélet)

A transzformátor egyik fő védelmi formája a zárlat, túláram elleni védelem. Zárlat esetén a névleges áram többszöröse jelenik meg a hálózaton, és az azt tápláló transzformátoron egyaránt. Minél nagyobb áram folyik egy adott vezetéken vagy eszközön, annál nagyobb az áram eszközre gyakorolt hőhatása. A fémekben a mozgó szabad elektronok energiát adnak át az adott fém ionrácsának, ezáltal az felmelegszik. Tehát a melegedés mértéke az átadott energiától függ.^{[12],[2]}

Joule–Lenz-törvény: „Egy R ellenállású vezetékszakaszon leadott energia egyenesen arányos a vezetékszakasz ellenállásával, az áramerősség (I) négyzetével és az eltelt idővel (t).”^[2]

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \quad [3]$$

Ebből adódóan egy eszköz melegedése az áram növekedésének négyzetével nő. Mivel az ellenállás adott és nem változtatható, így a cél az, hogy az időt – amíg a zárlat fent áll – a lehető lekisebbre csökkentsük.

A megszakító kiválasztásához először figyelembe kell venni kettő fontos paramétert:

- A minimum áramot, amire a megszakító már bontja az áramkört
- A maximális áramot, amit még képes megszakítani

Ahhoz, hogy tudjuk mekkorák ezek az értékek, ki kell számítani a védeni kívánt eszközön kialakuló minimális és maximális zárlati áram értékét.^[12]

7.2 Zárlatszámítás „X” módszerrel:

Első lépésként célszerű, hogy felrajzoljuk a hálózat egyfázisú helyettesítő képét.

Második lépésként ki kell számolni az áramkör (amelyen a zárlati áram folyik) részeinek a reaktanciáit. A különböző hálózati elemeknek másként kell kiszámolni a reaktanciáját.

-*Mögöttes hálózat reaktanciája:* A mögöttes hálózatot a hálózat helyettesítő modelljében egy Thevenin generátor (Thevenin generátor egy ideális feszültségforrásból és egy vele sorba kapcsolt impedanciából áll).^[12]

A mögöttes hálózat reaktanciája az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$X_{MH} = \frac{(U_{n_{MH}})^2}{S_{z_{MH}}} [12]$$

Melyben a $X_{MH} [\Omega]$: Mögöttes hálózat reaktanciája

$U_{n_{MH}} [V]$: Mögöttes hálózat névleges feszültsége

$S_{z_{MH}} [VA]$: Mögöttes hálózat zárlati látszólagos teljesítménye

-Transzformátor reaktanciája: A transzformátorokat a helyettesítő képben egy darab reaktanciával helyettesíthetjük, melynek értéke attól függ, hogy a transzformátor kisebb vagy nagyobb feszültségű oldala alapján számítjuk ki (célszerű olyan feszültség alapján számolni, amelyen a zárlat fellép). [12]

A transzformátor reaktanciája az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$X_{TR} = \frac{\varepsilon_{TR}}{100} \cdot \frac{(U_{n_{TR}})^2}{S_{n_{TR}}} [12]$$

Melyben a $X_{TR} [\Omega]$: Transzformátor reaktanciája

$U_{n_{TR}} [V]$: Transzformátor névleges feszültsége

$S_{z_{MH}} [VA]$: Transzformátor zárlati látszólagos teljesítménye

$\varepsilon_{TR} [\%]$: Transzformátor dropja

-Generátor reaktanciája: A generátort csakúgy, mint a mögöttes hálózatot Thevenin helyettesítő képével helyettesíthetjük. [12]

A generátor reaktanciája az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$X_G = \frac{\varepsilon_G}{100} \cdot \frac{(U_{n_G})^2}{S_{n_G}} [12]$$

Melyben a $X_G [\Omega]$: Generátor reaktanciája

$U_{n_G} [V]$: Generátor névleges feszültsége

$S_{z_G} [VA]$: Generátor zárlati látszólagos teljesítménye

$\varepsilon_G [\%]$: Generátor dropja

-Vezeték reaktanciája:

A vezetékek, kábel reaktanciája az alábbi képlet alapján számítható ki:

$$X_V = X_f \cdot l_V [12]$$

Melyben a $X_V [\Omega]$: Vezeték, kábel reaktanciája

$X_f [\Omega/\text{km}]$: Vezeték, kábel kilométerenkénti fajlagos ellenállása

$l_V [\text{km}]$: Vezeték, kábel hossza

Következő lépésben, ha különböző feszültségek vannak, fontos, hogy kiszámoljuk a helyettesítő kép feszültségét az alábbi képletek alapján:

3 fázisú zárlat esetén:
$$U_g = \frac{U_{MH}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_K}{U_N}$$

2 fázisú zárlat esetén:
$$U_g = \frac{U_{MH}}{2} \cdot \frac{U_K}{U_N} \quad [12]$$

Melyben a U_g [V]: Helyettesítő kép generátorának feszültsége

U_{MH} [V]: Mögöttes hálózat feszültsége

U_K [V]: Transzformátor kisebb névleges feszültsége

U_N [V]: Transzformátor nagyobb névleges feszültsége

Ha szükséges azokat a reaktanciákat, melyeket nem a zárlati hellyel megegyező feszültség szinten vannak átszámíthatjuk a következő képlet alapján:

$$X_2 = X_1 \cdot \left(\frac{U_K}{U_N} \right)^2 \quad [12]$$

Melyben a X_2 [Ω]: Zárlati hely feszültség szintje szerinti reaktancia

X_1 [Ω]: Eredeti reaktancia

U_K [V]: Kisebb névleges feszültség szint

U_N [V]: Nagyobb névleges feszültség szint

Ezek után ki kell számolni az eredő reaktanciát, melyre nincs fix képlet. A soros elemeket összegezni kell, míg a párhuzamos ágakat repluszolni.

Majd a végén meghatározzuk a zárlati áram nagyságát. ^[12]

$$I_z = \frac{U_g}{X_e} \quad [12]$$

Melyben a I_z [A]: Zárlati áramerősség

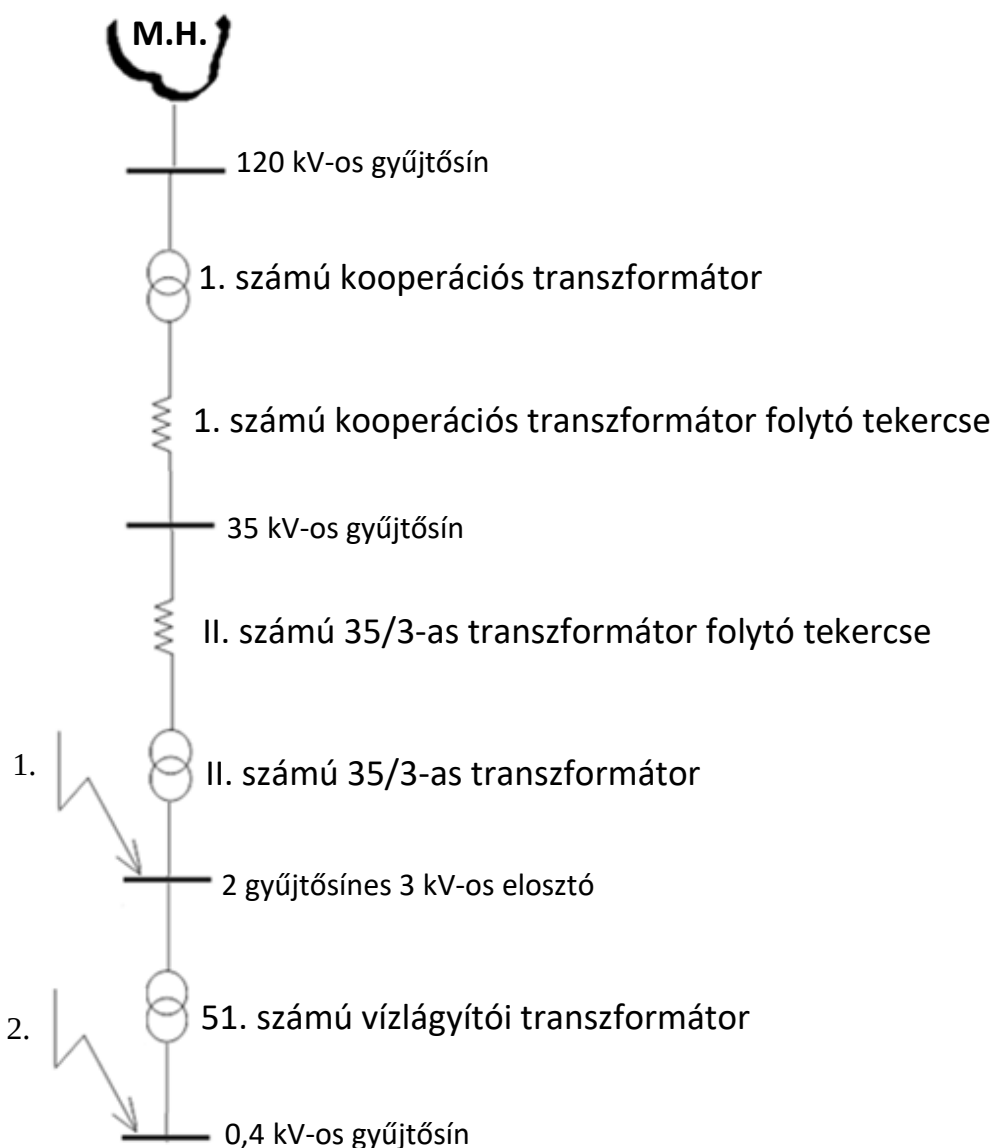
X_e [Ω]: Eredő reaktancia

U_g [V]: Helyettesítő generátor feszültsége

7.3 Minimum zárlati áram meghatározása

A zárlati áram úgy lesz a lehető legkisebb, ha 1 kooperációs transzformátor üzemel és a II 35/3 kV-os transzformátor és a vizsgált transzformátor előtt 2F zárlat következik be.

Hálózati séma:



8.ábra Az erőmű azon leágazása az 51 transzformátorig, melyen zárlat esetén a lehető legkisebb áram folyik [13]

A fenti rajz alapján 6 darab „berendezés” műszaki paramétereire is szükségünk lesz.

Alapadatok:

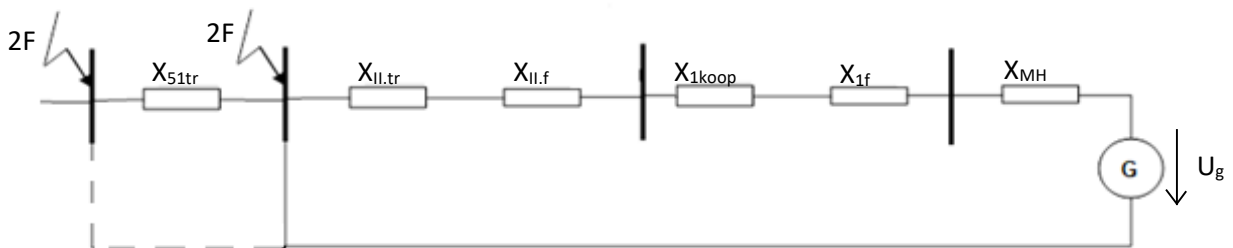
	S_n [MVA]	ε [%]	X_F [Ω]
Mögöttes hálózat	1039	-	-
1. koop trafó	40	11,35	-
1. koop folytó	-	-	0,97
II. 35/3-as trafó	8	7,4	-
II. folytó tekercs	-	-	4,8
51. számú trafó	0,64	5,5	-

3.táblázat A hőerőmű egyes berendezéseinek névleges adatai[15]

Ezek a paraméterek adottak, ismerjük a berendezések adattábláiról és a műszaki leírásokból.

Ezek alapján már el tudjuk készíteni az egyfázisú helyettesítő képét a zárlati áramkörnek a mögöttes hálózattól a vizsgált transzformátorig.

Egyfázisú helyettesítő kép:



9.ábra Zárlat esetén létrejövő áramkör egyfázisú helyettesítő kapcsolása[13]

Ebből már tisztán látszik, hogy egy soros áramkör fog kialakulni.

Számítások:

Reaktanciák 120 kV-on:

$$X_{MH}^{120} = \frac{U_{MH}^2}{S_{zMH}} = \frac{(130 \text{ kV})^2}{1039 \text{ MVA}} = 16,266 \Omega$$

Reaktanciák 35 kV-on:

$$X_{1koop}^{35} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{1koop}} = \frac{11,35 \%}{100} \cdot \frac{(35 \text{ kV})^2}{40 \text{ MVA}} = 3,476 \Omega$$

$$X_{1koop}^{35'} = X_{1koop}^{35} + X_{1f} = 3,476 \Omega + 0,95 \Omega = 4,426 \Omega$$

$$X_{ll.tr}^{35} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{ll.tr}} = \frac{7,4 \%}{100} \cdot \frac{(35 \text{ kV})^2}{8 \text{ MVA}} = 11,331 \Omega$$

$$X_{ll.tr}^{35'} = X_{ll.tr}^{35} + X_{ll.f} = 11,331 \Omega + 4,8 \Omega = 16,131 \Omega$$

Reaktanciák 3 kV-on:

$$X_{MH}^3 = X_{MH}^{120} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 16,266 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{120 \text{ kV}}\right)^2 = 0,01 \Omega$$

$$X_{1koop}^3 = X_{1koop}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 4,426 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 0,033 \Omega$$

$$X_{ll.tr}^3 = X_{ll.tr}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 16,131 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 0,119 \Omega$$

Reaktanciák 0,4 kV-on:

$$X_{MH}^{0,4} = X_{MH}^{120} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 16,266 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{120 \text{ kV}}\right)^2 = 0,181 \text{ m}\Omega$$

$$X_{koop}^{0,4} = X_{koop}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 4,426 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 0,58 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ll.tr}^{0,4} = X_{ll.tr}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 16,131 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 2,107 \text{ m}\Omega$$

$$X_{51.tr}^{0,4} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{51.tr}} = \frac{5,5 \%}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{0,64 \text{ MVA}} = 14 \text{ m}\Omega$$

Helyettesítő generátor feszültsége 3 kV-on:

$$U_g^3 = \frac{U_{MH}}{2} \cdot \frac{U_K}{U_N} = \frac{130 \text{ kV}}{2} \cdot \frac{3 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} = \frac{3,25}{2} \text{ kV}$$

Eredő ellenállás 3 kV-on számítás:

$$X_e^3 = X_{ll.tr}^3 + X_{MH}^3 + X_{1koop}^3 = 0,119 \Omega + 0,01 \Omega + 0,033 \Omega = 0,162 \Omega$$

Zárlati áram minimum értéke 3 kV-on:

$$I_z^3 = \frac{U_g}{X_e} = \frac{3,25 \text{ kV}}{2 \cdot 0,162 \Omega} = \mathbf{10,03 \text{ kA}}$$

A zárlati áramhoz tartozó látszólagos teljesítmény értéke:

$$S_z^3 = 2 \cdot U_n \cdot I_z = 2 \cdot 3 \text{ kV} \cdot 10,03 \text{ kA} = 60,18 \text{ MVA}$$

Helyettesítő generátor feszültsége 0,4 kV-on:

$$U_g^{0,4} = \frac{U_{MH}}{2} \cdot \frac{U_K}{U_N} = \frac{130 \text{ kV}}{2} \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} = \frac{0,433}{2} \text{ kV}$$

Eredő ellenállás 0,4 kV-on számítás:

$$X_e^{0,4} = X_{II.tr}^{0,4} + X_{MH}^{0,4} + X_{koop}^{0,4} + X_{51.tr}^{0,4} = 2,107 \text{ m}\Omega + 0,181 \text{ m}\Omega + 0,58 \text{ m}\Omega + 14 \text{ m}\Omega$$

$$X_e^{0,4} = 16,868 \text{ m}\Omega$$

Zárlati áram minimum értéke 0,4 kV-on:

$$I_z^{0,4} = \frac{U_g^{0,4}}{X_e^{0,4}} = \frac{0,433 \text{ kV}}{2 \cdot 16,868 \text{ m}\Omega} = \mathbf{12,83 \text{ kA}}$$

A zárlati áramhoz tartozó látszólagos teljesítmény értéke:

$$S_z^{0,4} = 2 \cdot U_n \cdot I_z^{0,4} = 2 \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 12,83 \text{ kA} = 10,264 \text{ MVA}$$

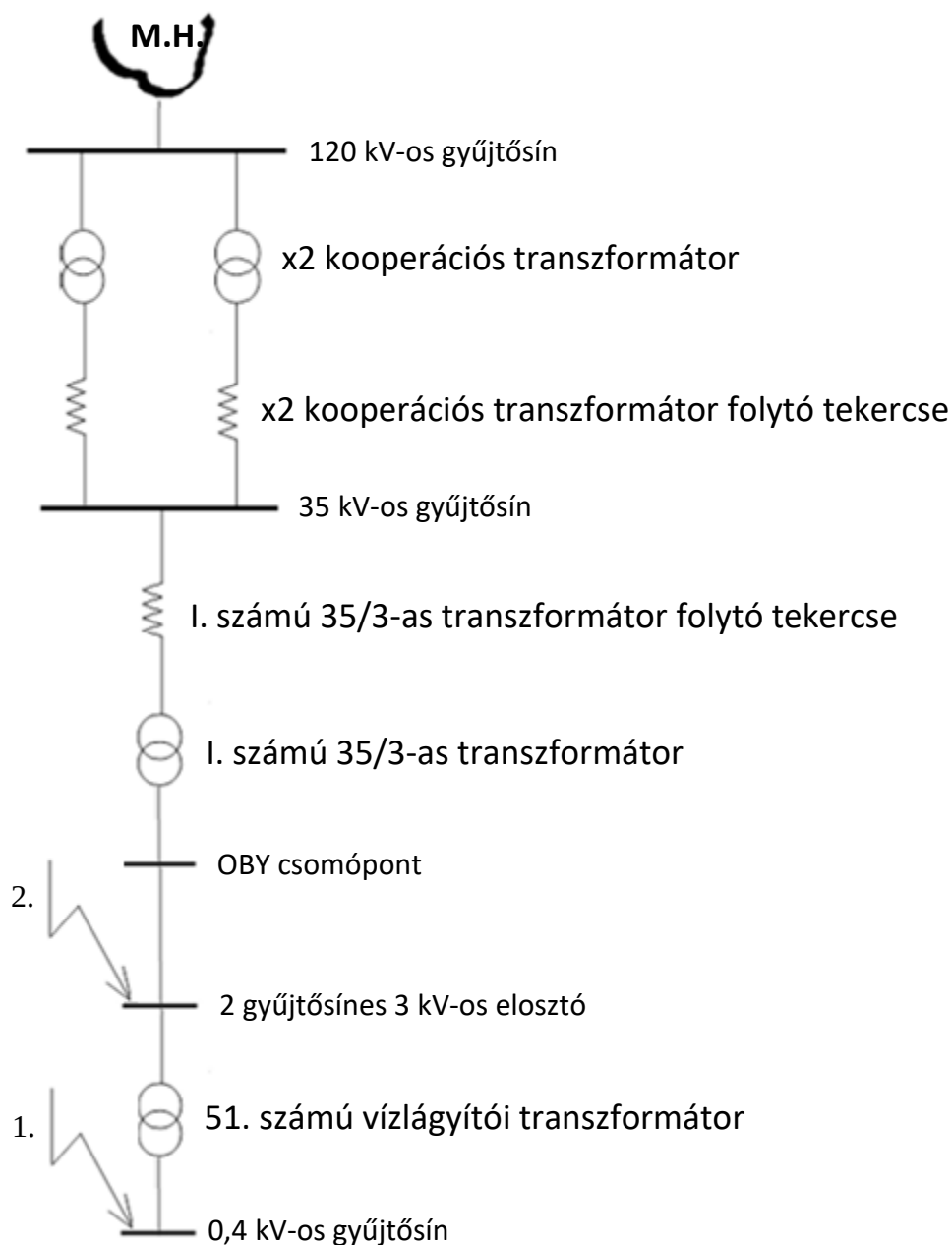
Ekkor a zárlati áram értéke a 3 kV-os oldalon:

$$I_{z_{0,4kV-on}}^3 = \frac{S_z^{0,4}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{10,264 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 3 \text{ kV}} = \mathbf{1,97 \text{ kA}}$$

7.4 Maximum zárlati áram meghatározása

A zárlati áram úgy lesz a lehető legnagyobb, ha mindkét koop. transzformátor üzemel és az I.35/3-as transzformátoron keresztül tápláljuk meg az 51-es vízlágyítói transzformátort és mögötte a 0,4 kV-os részen következik be egy 3F zárlat.

Hálózati séma:



10.ábra Az erőmű azon leágazása az 51 transzformátorig, melyen zárlat esetén a lehető legnagyobb áram folyik [13]

A fenti rajz alapján 6 darab „berendezés” műszaki paramétereire is szükségünk lesz.

Alapadatok:

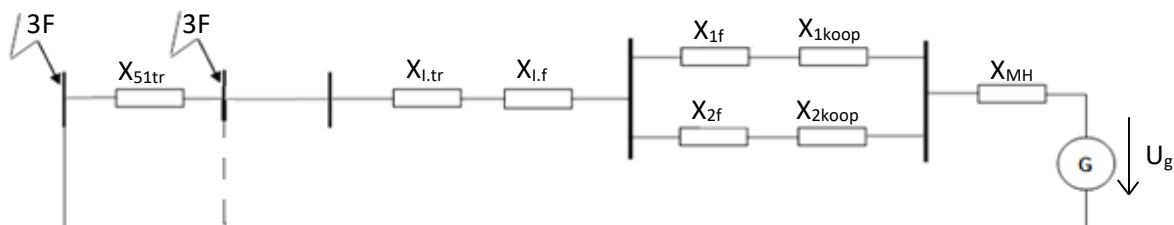
	Sn [MVA]	ε [%]	X_F [Ω]
Mögöttes hálózat	2104	-	-
1 koop trafó	40	11,35	-
1 koop folytó	-	-	0,97
I. 35/3-as trafó	8	7,4	-
I. folytó tekercs	-	-	4,8
51. számú trafó	0,64	5,5	-

4.táblázat A hőerőmű egyes berendezéseinek névleges adatai[15]

Ezeket a paraméterek adottak, ismerjük a berendezések adattábláiról és a műszaki leírásokból.

Ezek alapján már el tudjuk készíteni az egyfázisú helyettesítő képét a zárlati áramkörnek a mögöttes hálózattól a vizsgált transzformátorig.

Egyfázisú helyettesítő kép:



11.ábra Zárlat esetén létrejövő áramkör egyfázisú helyettesítő kapcsolása[13]

Ebből már tisztán látszik, hogy egy párhuzamos ág lesz, minden más sorosan helyezkedik el.

Számítások:

Reaktanciák 120 kV-on:

$$X_{MH}^{120} = \frac{U_{MH}^2}{S_{ZMH}} = \frac{(130 \text{ kV})^2}{2104 \text{ MVA}} = 8,032 \Omega$$

Reaktanciák 35 kV-on:

$$X_{1koop}^{35} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{1koop}} = \frac{11,35 \%}{100} \cdot \frac{(35 \text{ kV})^2}{40 \text{ MVA}} = 3,476 \Omega$$

$$X_{koop}^{35'} = \frac{X_{1koop}^{35} + X_{1f}}{2} = \frac{3,476 \Omega + 0,95 \Omega}{2} = 2,213 \Omega$$

$$X_{l.tr}^{35} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{l.tr}} = \frac{12 \%}{100} \cdot \frac{(35 \text{ kV})^2}{12 \text{ MVA}} = 12,25 \Omega$$

$$X_{l.tr}^{35'} = X_{l.tr}^{35} + X_{l.f} = 12,25 \Omega + 5,6 \Omega = 17,85 \Omega$$

Reaktanciák 3 kV-on:

$$X_{MH}^3 = X_{MH}^{120} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 8,032 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{120 \text{ kV}}\right)^2 = 5,02 \text{ m}\Omega$$

$$X_{1koop}^3 = X_{1koop}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 2,213 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 16,259 \text{ m}\Omega$$

$$X_{l.tr}^3 = X_{l.tr}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 17,85 \Omega \cdot \left(\frac{3 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 131,143 \text{ m}\Omega$$

Reaktanciák 0,4 kV-on:

$$X_{MH}^{0,4} = X_{MH}^{120} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 8,032 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{120 \text{ kV}}\right)^2 = 89 \mu\Omega$$

$$X_{koop}^{0,4} = X_{koop}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 2,213 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 0,29 \text{ m}\Omega$$

$$X_{l.tr}^{0,4} = X_{l.tr}^{35'} \cdot \left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2 = 17,85 \Omega \cdot \left(\frac{0,4 \text{ kV}}{35 \text{ kV}}\right)^2 = 2,331 \text{ m}\Omega$$

$$X_{51.tr}^{0,4} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_{51.tr}} = \frac{5,5 \%}{100} \cdot \frac{(0,4 \text{ kV})^2}{0,64 \text{ MVA}} = 14 \text{ m}\Omega$$

Helyettesítő generátor feszültsége:

$$U_g^{0,4} = \frac{U_{MH}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_K}{U_N} = \frac{130 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,4 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} = \frac{0,433}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

Eredő ellenállás számítás:

$$X_e^{0,4} = X_{l.tr}^{0,4} + X_{MH}^{0,4} + X_{koop}^{0,4} + X_{51.tr}^{0,4} = 2,331 \text{ m}\Omega + 89 \mu\Omega + 0,29 \text{ m}\Omega + 14 \text{ m}\Omega$$

$$X_e^{0,4} = 0,0167 \Omega$$

Zárlati áram maximum értéke 0,4 kV-on:

$$I_z^{0,4} = \frac{U_g^{0,4}}{X_e^{0,4}} = \frac{0,433 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 16,71 \text{ m}\Omega} = \mathbf{14,96 \text{ kA}}$$

A zárlati áramhoz tartozó látszólagos teljesítmény értéke:

$$S_z^{0,4} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_z^{0,4} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 14,96 \text{ kA} = 10,365 \text{ MVA}$$

Ekkor a zárlati áram értéke a 3 kV-os oldalon:

$$I_{z_{0,4kV-on}}^3 = \frac{S_z^{0,4}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{10,365 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 3 \text{ kV}} = \mathbf{1,99 \text{ kA}}$$

Helyettesítő generátor feszültsége 3 kV-on:

$$U_g^3 = \frac{U_{MH}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_K}{U_N} = \frac{130 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \cdot \frac{3 \text{ kV}}{120 \text{ kV}} = \frac{3,25}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

Eredő ellenállás 3 kV-on számítás:

$$X_e^3 = X_{l.tr}^3 + X_{MH}^3 + X_{koop}^3 = 131,143 \text{ m}\Omega + 5,02 \text{ m}\Omega + 16,259 \text{ m}\Omega = 152,422 \text{ m}\Omega$$

Zárlati áram maximum értéke 3 kV-on:

$$I_z^3 = \frac{U_g^3}{X_e^3} = \frac{3,25 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 152,422 \text{ m}\Omega} = \mathbf{12,3 \text{ kA}}$$

A zárlati áramhoz tartozó látszólagos teljesítmény értéke:

$$S_z^3 = 2 \cdot U_n \cdot I_z^3 = 2 \cdot 3 \text{ kV} \cdot 12,3 \text{ kA} = 73,8 \text{ MVA}$$

8. Védelmi koncepció

8.1 A védelmi rendszer átfogó ismertetése

Az ismertetésre kerülő leágazásokban alapvédelemként Schneider Electric gyártmányú, SEPAM típusú digitális védelmi készülékek kerültek alkalmazásra.

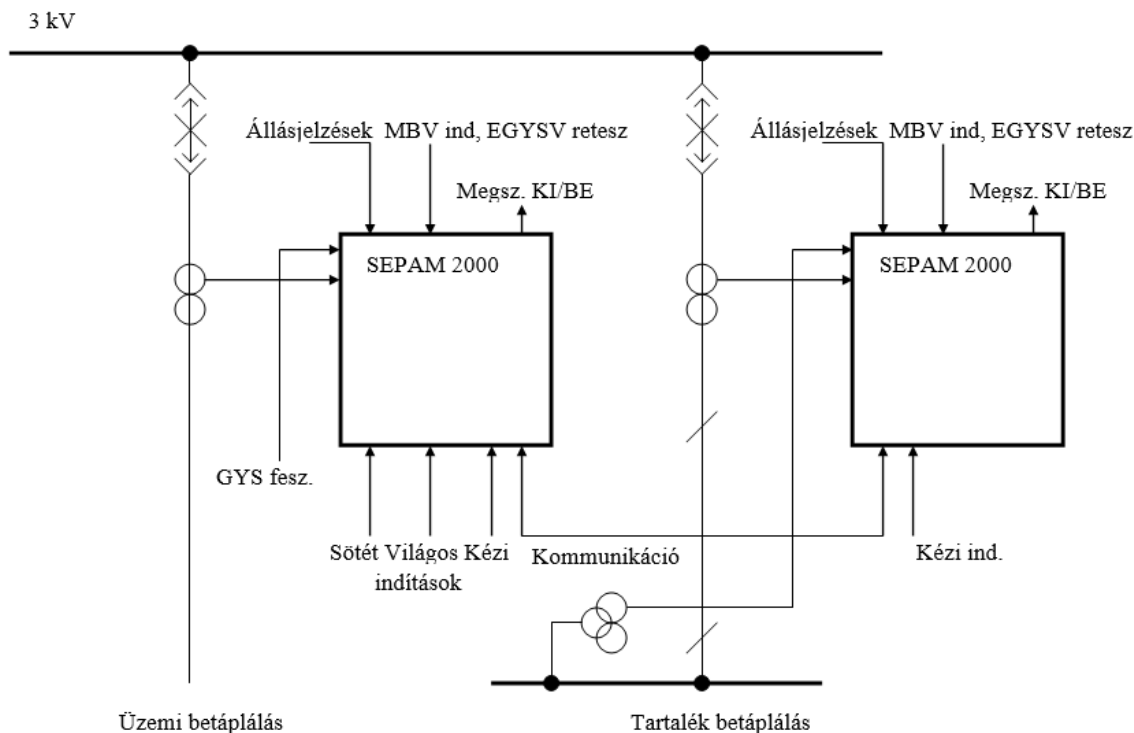
Tartalékvédelmi funkciókra a PROTECTA Kft. OmegaProt készülékcsaládjának megfelelő készülékei kerültek beépítésre.

Az alapvédelem és a tartalékvédelem táplálását és működtetését tekintve egymástól független. Az alap- és tartalékvédelem külön áramváltó magról és külön biztosított egyenáramú működtető feszültségről van táplálva, és külön-külön működtető tekercsét vezérli a leágazási megszakítónak.

A leágazási megszakítók működéselmaradása (beragadása) esetén a zárlatot megszakító beragadási védelem szünteti meg.

A védelmi rendszer kialakítását leágazásfajtánként részletesen a következőkben ismertetem.

8.2 3 kV-os betáplálás, üzemi és tartalékvédelme



12..ábra A 3kV-os betáplálás védelmének felépítése[7],[15]

A betáplálások védelmét és átkapcsoló automatika funkcióit egy-egy egyedi kialakítású SEPAM 2000 B04 típusú készülék látja el az alábbi tartalommal:

Késleltetett zárlati túláramvédelem

Feladata a 3 kV-os gyűjtősín fáziszárlat-védelme és a 3 kV-os hálózat fedővédelme.

A nagyáramú védelem megszólalási árama biztonsággal legyen kisebb, mint a 3 kV-os gyűjtősín kétfázisú zárlati árama, a kisáramú védelem megszólalási árama biztonsággal legyen kisebb, mint a 3/0,4 kV-os transzformátorok kétfázisú zárlati árama (három fázisba telepített védelemmel érzékelve).

Primer beállítási érték	Késleltetés
5000 A	0,7 s
2000 A	1,5 s

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának alapvédelmi tekercsére és jelzést ad. ^{[7],[14]}

Zérussorrendű feszültségnövekedési védelem

Feladata a galvanikusan összefüggő 3 kV-os hálózaton fellépő egyszarkú földzárlatok esetén a zárlat jelzése. ^{[7],[14]}

Primer beállítási érték (25 % fázisfeszültség)	Késleltetés
0,45 kV	0,9 s

Megszakító beragadási védelem

Feladata a 3 kV-os gyűjtősínre csatlakozó megszakítók beragadása (a megszakító kikapcsolódás elmaradása védelmi működéskor) esetén a beragadt megszakítóval azonos sínre kapcsolódó betáplálások kikapcsolásával a zárlat megszüntetése.

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának alapvédelmi tekercsére és jelzést ad. ^{[7],[14]}

Késleltetés

1,8 s

Egyenáramú gyűjtőszínvédelem

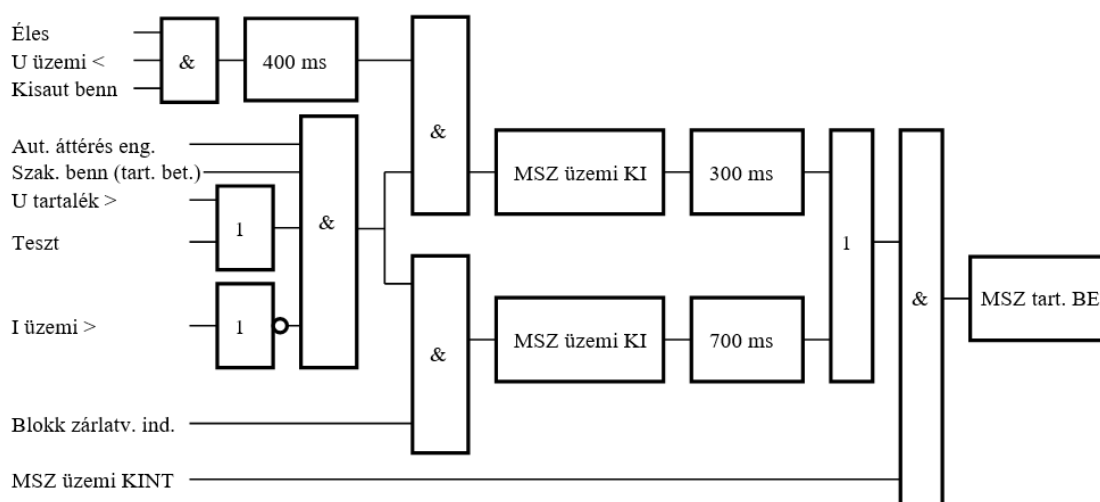
Feladata a 3 kV-os gyűjtőszín zárlatainak megszüntetése logikai szelektivitással.

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának alapvédelmi tekercsére és jelzést ad. [7],[14]

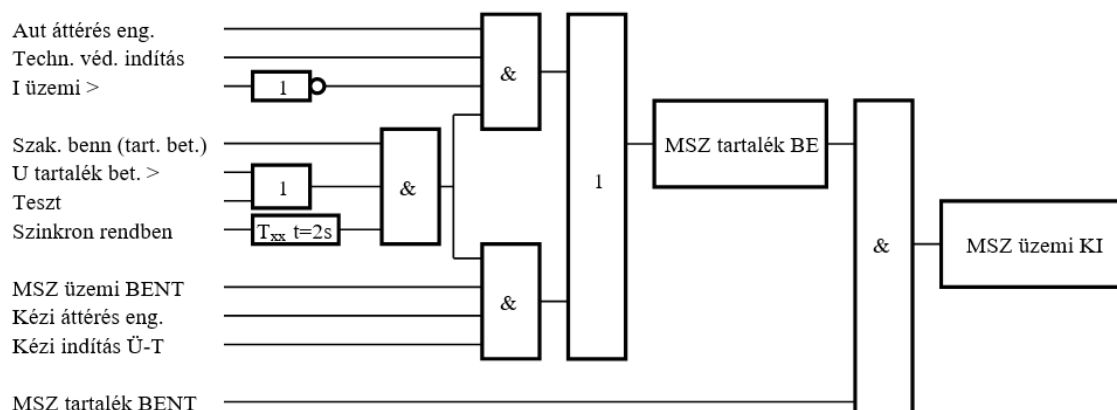
Késleltetés

0,2 s

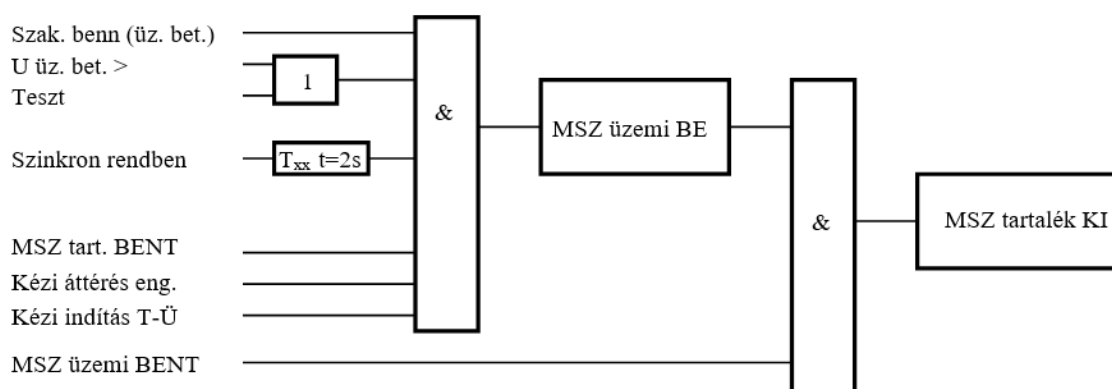
Az automatika elvi működését a következő ábrák szemléltetik:



13.ábra Az automatika sötét áttérítő fokozatának blokkvázlata (áttérés üzemi betáplálásról tartalék betáplálásra) [14]



14.ábra Az automatika 1. világos áttérítő fokozatának blokkvázlata (áttérés üzemi betáplálásról tartalék betáplálásra) [14]



15.ábra Az automatika 2. világos áttérítő fokozatának blokkvázlata (áttérés tartalék betáplálásról üzemi betáplálásra) [14]

Ezek az ábrák szemléltetik, hogy mely feltételeknek kell teljesülniük ahhoz, hogy az adott parancsot adja ki a készülék.

A védelem megszólalási árama biztonsággal legyen nagyobb, mint a transzformátor szekunder oldali maximális háromfázisú zárlati árama 3 kV-on érzékelve.

Primer beállítási érték	Késleltetés
4000 A	0,05 s

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának alapvédelmi tekercsére, indítja a 3 kV-os megszakítóberagadási védelmet és jelzést ad.

A védelem indulása reteszeli az egyenáramú gyűjtő sínvédelem működését. ^{[7],[14]}

Késleltetett zárlati túláramvédelem 2

Feladata a transzformátor szekunder oldali zárlatainak a hárítása.

A védelem megszólalási árama biztonsággal legyen kisebb, mint a transzformátor szekunder oldali minimális kétfázisú zárlati árama 3 kV-on érzékelve.

Primer beállítási érték	Késleltetés
400 A	0,6 s

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának alapvédelmi tekercsére, indítja a 3 kV-os megszakítóberagadási védelmet és jelzést ad. ^{[14],[7]}

Nagy érzékenységű zérussorrendű túláramvédelem

Feladata a leágazásban fellépő egysarkú földzárlatok jelzése.

Primer beállítási érték	Késleltetés
1 A	0,1 s

A leágazás tartalékvédelmét DTI2-2F+Io-ΩP tip. túláramvédelem látja el az alábbi tartalommal:

Késleltetett zárlati túláramvédelem

Feladata a leágazás fáziszárlat-védelme az alapvédelem működésképtelenségekor.

A védelem megszólalási árama biztonsággal legyen kisebb, mint a transzformátor szekunder oldali minimális kétfázisú zárlati árama 3 kV-on érzékelve.

Primer beállítási érték	Késleltetés
400 A	0,7 s

A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust küld a leágazás megszakítójának tartalékvédelmi tekercsére, indítja a 3 kV-os megszakítóberagadási védelmet és jelzést ad. A védelem indulása reteszeli az egyenáramú gyűjtő sínvédelem működését. ^{[8],[14]}

Transzformátor hőfokvédelem jelzés

A védelem működése esetén jelzést ad.

Transzformátor hőfokvédelem kioldás

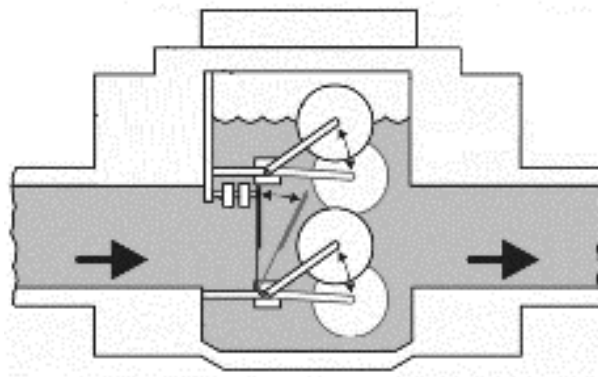
A védelem működése esetén kikapcsoló impulzust ad a leágazás megszakítójának tartalékvédelmi tekercsére, indítja a 3 kV-os megszakítóberagadási védelmet és jelzést ad. ^{[7],[14]}

Bucholz relé

A működését azon fizikai jelenség teszi lehetővé, hogy egy transzformátor olajterében, ha kevés az olaj vagy esetleg rendellenesség történik, akkor az gázképződést eredményez. Az így keletkezett gázbuborék felfelé irányuló mozgása miatt az olajtér tetején gyűlik össze, mely hatására az úszó egyre inkább bebillen. Az úszó összeköttetésben áll egy speciális higanykapcsolóval, mely, ha kellőképpen bebillen, akkor képes zárni egy kontaktust. A Bucholz relének 3 állapota van.

1. Az alapállás, mikor nincs semmi rendellenesség és a transzformátor normál üzemállapotban működik. A transzformátor melegevése miatt az olaj is folyamatosan melegszik. Emiatt folyamatos hűtést kell biztosítani. Az állandó melegevése és hűtés miatt létrejön egy folyamatos olajáramlás. Fontos, hogy a védelmi eszköz ne lépjen működésbe ezen természetes jelenségre.

2. Ha bármi rendellenesség hatására gázképződés történik, az kiszorítja az olajat az olajtér tetején, emiatt az úszó megbillen, elmozdítja a higanykapcsolót, mely zárja a kontaktust és ez a kontaktus egy jelzést ad a kezelő számára.
3. Zárlat hatására a hirtelen felmelegedő olaj nagy sebességű áramlást okoz (olajlökést), ami elmozdít egy (másik) torlólemezzel felszerelt (érzékenység növelése céljából) úszót, ami szintén működtet egy higanykapcsolót, viszont ez már nem jelzést ad, hanem kioldási parancsot ad és leválasztja a transzformátort a hálózatról. Továbbá, ha az olajsztint vészesen lecsökkenne, arra is reagál a második úszó és kioldási parancsot ad.



17. ábra Bucholz relé felépítése és működése [18]

A Bucholz relé a transzformátorok egyik legfontosabb érzékelője, így védelmi szempontból egy elengedhetetlen eszköznek számít.

Megszakító beragadási védelem indítás

Feladata a 3 kV-os gyűjtősínekre csatlakozó megszakítók beragadása (megszakító kikapcsolódás elmaradása védelmi működéskor) esetén a beragadt megszakítóval azonos sínre kapcsolódó betáplálások kikapcsolásával a zárlat megszüntetése az alapvédelem működésképtelensége esetén. ^[14]

9. A kiépítendő rendszer ismertetése

9.1 Primer átalakítás

A berendezés tervezésénél figyelembe vesszük, hogy a beépítendő primer kapcsolók modern SF6 gázoltó közegűek legyenek, illeszkedjenek a PANNONPOWER csoport elvárásainak, és a cella eredeti reteszelési funkciói ne sérüljenek. Figyelembe vesszük, hogy a beépítést a lehető legköltségtakarékosabb módon lehessen elvégezni.

A kiválasztott megszakítót a 1. számú rajz alapján kell ráépíteni a meglévő megszakító kocsikra.

A kocsik primer csatlakozóit és szakaszoló szerkezetét meg kell hagyni (így biztosított a cellába épített földelő szakaszolóval történő mechanikai reteszelés megmaradása).

A szakaszoló szerkezet és a megszakítót kikapcsoló mechanikus retesze közötti kapcsolatot a rajz tartalmazza (ez biztosítja a megszakító kikapcsolódását mielőtt a primer csatlakozók eltávolodnának egymástól).

A megszakító primer sínezését teljesen át kell alakítani (az adott rajz alapján).

A megszakítót a homlokoldala felé 1mm-es alumínium lemezzel burkolni kell, mely burkolatot a karbantartások elvégezhetősége miatt bonthatóra kell készíteni.

A megszakító szekunder csatlakozóit le kell bontani, és helyette 24 pólusú (WEIDMÜLLER gyártmányú HAN) csatlakozót kell ráépíteni (a rajz szerinti helyre).

A csatlakozó ellendarabja a cellába építendő lengő aljzat lesz. A csatlakozót úgy kell a cellába építeni, hogy a villás rész a megszakítón, a dugós cellában legyen.

A szükséges áramváltó cseréket a TRANSZVILL által gyártott talpas kivitelű műgyanta szigetelésű áramváltókkal kell megvalósítani, a kábel fejre a Schneider Electric által gyártott gyűrűs áramváltót kell szerelni (CSH típus). ^{[14],[15]}

9.2 Áramváltó körök (2.számú rajz)

A leágazás kétmagú áramváltókkal van felszerelve, mivel a berendezés teljesítménye nem változik, ezért az áramváltók cseréje nem indokolt.

A mérőmagra csatlakozik a cellafülkébe szerelt egyfázisú fogyasztásmérő (P01), a villamos vezénylő mutatós műszerét megápláló áram távadó (U01) és a megszakító

beragadás elleni védelmet ellátó PROTECTA Kft. által gyártott DTI2-2F+Io-ΩP típusú digitális túláramvédelem.

A relémagra csatlakozik a Schneider Electric által gyártott SEPAM 1000 T20 típusú túláramvédelem, melyet a MES 114 bővítő modullal és a CSH 30 földzárlat érzékelő gyűrűs áramváltóval kellett kiegészíteni.

Az MES 114-es modult úgy kell rendelni, hogy az O13 és O14 kontaktusa nyitó kontaktusra legyen átalakítva! ^{[14],[15]}

9.3 Működtető körök (3.számú rajz)

Beműködtetés:

A megszakító bekapcsolása akkor lehetséges, ha rendelkezésre áll a megfelelő nyomású SF6 gáz (KN) illetve feszes a rugója (M2).

A bekapcsolás a villamos vezénylő GD22-es táblájáról (S01 kormánykapcsoló) és a cellafülke nyomógombjáról lehetséges (S02).

Kiműködtetés:

A megszakító két Ki tekercssel rendelkezik. A Ki1 tekercs az üzemszerű kikapcsolásra (villamos vezénylő kormány kapcsolója: S01, a cellafülke Ki gombja: S01, a transzformátor melletti szekrény Ki gombja: S01), valamint az alapvédelmi működések végrehajtására szolgál (a túláramvédelmi relé: F10).

A Ki2 tekercsre hatnak a tartalékvédelmek: a transzformátor hőfok reléje az öntartásban maradó K01 relén keresztül, valamint a megszakító beragadás elleni védelem késleltetett érintkezője (F11).

Az utóbbi szerepe, hogy mielőtt a betáplálást kikapcsolnánk, még egyszer megpróbáljuk kikapcsolni a saját megszakítót (természetesen egy szelektív időlépcsővel később, mint az alapvédelem és egy szelektív időlépcsővel előbb, mint a betáplálás kikapcsolódása). Mindkét Ki parancs csak akkor lép érvénybe, ha van megfelelő SF6 gáznyomás. ^{[14],[15]}

9.4 SF6 gáz kevés

Amennyiben nincs megfelelő gáznyomás, úgy meghúz és öntartásban marad a K02 relé, lebontja a Ki és Be köröket, valamint előkészíti a betáplálások kioldását egy esetleges zárlati működés esetén (BETÁP KI = F10 + F11 a K02 relé kontaktuson keresztül).

Amennyiben eltűnik a gáz a megszakítóból, az jelzést generál a villamos vezénylő kezelői felé, akik el tudják dönteni, hogy megkísérlik-e a kikapcsolást a megszakítóról.

A kétgyűjtősínes elosztó védelmi rendszere nem teszi lehetővé SF6 gáz kevés felléptekor a betáplálások automatikus kikapcsolását. ^{[14],[15]}

9.5 0,4 kV ki (pl.: 4.számú rajz)

A 0,4 kV-os megszakítót a 3 kV-os megszakító kint állapota kapcsolja ki. Ezzel biztosított egyrészt, hogy a transzformátor a nagyobb feszültségű oldalról legyen feszültség alá helyezve, másrészt, hogy ne lehessen tévesen visszatáplálni a 0,4 kV-os oldalról a kikapcsolt 3 kV-os megszakító alá. ^{[14],[15]}

9.6 Jelzések (pl.: 5.számú rajz)

Jelenleg a kétgyűjtősínes elosztóról csak a Segédlevegő kevés és a túláramvédelem működött jelzések jeleníthetők meg a villamos vezénylőben.

Mivel a beépített megszakító SF6 gáz kevés jelzése funkcionálisan ugyanazt jelenti, mint a segédlevegő kevés, ezért ezt az SI körvezetéken jelenítjük meg a vezénylőben.

Ugyan jelenleg nincs lehetőség megjeleníteni a kismegszakító kioldott (KMK) és a védelem üzembesz (ÜKE) jelzéseket, de ezek lehetőségét sorkapocs szinten előkészítjük, hogy egy esetleges későbbi elosztó felújítás esetén csak illeszteni kelljen őket. ^{[14],[15]}

A megszakító és a szakaszolók állapotjelzését jelzőizzókkal és nem állásjelzőkkel tervezzük.

A transzformátoros leágazás jelzései két irányba hatnak:

- az elosztó körvezetékei felé azok a jelek, amelyek a motoros leágazásoknál is megvannak:
 - kismegszakító kioldott (KMK)

- védelem üzemkész (ÜKE)
 - túláramvédelem kioldott (Tu)
- a villamos vezénnyőbe építendő digitális hibajelző modul (MAUEL gyártmányú ME30 típusú) felé azok a jelek, amelyek csak a transzformátoros leágazásoknál jelentkeznek:
 - 3 kV-os megszakító kiesett
 - Transzformátor hőfok
 - Transzformátor hőfok kioldás
 - Transzformátor túláramvédelem kioldott

A telepített 16 csatornás modul látja el a 0,4 kV-os jelzések feldolgozását is.

(Egy modul két transzformátor 6CT1 és 6CT2 jelzéseit képes feldolgozni). ^{[14],[15]}

9.7 Transzformátor hőfok jelzés és védelem

A transzformátor hőfok jelzésére egy MSF 220 K típusú készüléket kellett használni. Ez a készülék időmű nélkül képes feldolgozni a beépített transzformátor termisztorainak a jeleit (a megrendelt típus MSF 220 K T 221715: 220 V DC-re)

A készülék a transzformátor cella mellé építendő szekrénybe került elhelyezésre. ^{[14],[15]}

9.8 Reteszelések (6.számú rajz)

A reteszkörök megtervezésénél figyelembe vettük azt a tényt, hogy áramot csak megszakítóval lehet megszakítani szakaszolóval nem. A megtervezett rendszerrel a következő működtetésekre van lehetőség:

- **-Q01 megszakító működtethetősége:** ki és bekapcsolhatóságát a primer kapcsolási kép nem korlátozza ^{[14],[15]}
- **-Q21 külső gyűjtősín szakaszoló:**
 - saját retesz (nincs reteszfeloldás a sínáthidaló cellától (Rf+), tehát a két gyűjtősín nincs fizikailag összefogva): a –Q21 gyűjtősín szakaszoló akkor működtethető, ha kikapcsolt állapotban van a –Q01 megszakító és a –Q11 belső

gyűjtősín szakaszoló is (a működtetéshez szükséges a KRM jelű retesz mágnes KRG nyomógommbal való működtetése).

A –Q01 megszakító bekapcsolt állapotában a Ki és a Be működtetés is tiltott.

- **reteszfeloldás (a sínáthidaló cellától (Rf+), tehát a két gyűjtősín fizikailag összefogásra került):** amennyiben –Q11 belső gyűjtősín szakaszoló már bekapcsolt állapotban van, akkor –Q21 gyűjtősín szakaszoló szabadon működtethető akár Be akár Ki irányba (sínáttérés esete) (természetesen a működtetéshez ekkor is szükséges a KRM jelű reteszmágnes KRG nyomógommbal való működtetése). ^{[14],[15]}

- **–Q11 belső gyűjtősín szakaszoló:**

- **saját retesz (nincs reteszfeloldás a sínáthidaló cellától (Rf+), tehát a két gyűjtősín nincs fizikailag összefogva):** a –Q11 gyűjtősín szakaszoló akkor működtethető, ha kikapcsolt állapotban van a –Q01 megszakító és a –Q21 külső gyűjtősín szakaszoló is (a működtetéshez szükséges a BRM jelű retesz mágnes BRG nyomógommbal való működtetése).

A –Q01 megszakító bekapcsolt állapotában a Ki és a Be működtetés is tiltott.

- **reteszfeloldás (a sínáthidaló cellától (Rf+), tehát a két gyűjtősín fizikailag összefogásra került):** amennyiben –Q21 külső gyűjtősín szakaszoló már bekapcsolt állapotban van, akkor –Q11 gyűjtősín szakaszoló szabadon működtethető akár Be akár Ki irányba (sínáttérés esete) (természetesen a működtetéshez ekkor is szükséges a BRM jelű retesz mágnes BRG nyomógommbal való működtetése). ^{[14],[15]}

9.9 Irányítástechnikai kapcsolatok (pl.: 7.számú rajz)

Az irányítástechnikai tervek ismerete hiányában javaslatot tettünk az irányítástechnikai kapcsolatok kiépítésére, mely a következő:

Az irányítástechnika felé adott jelek:

- megszakító kint
- megszakító bent
- megszakító távban működtethető

A jeleket elkülönített x2: sorkapcsoson független kontaktusokon keresztül terveztük, hogy véletlenül se keveredjenek a cella 220 V DC feszültségével.

Fogadjuk 24 V DC feszültség szinten:

- a megszakító Be parancsát (K03 relé)
- a megszakító Ki parancsát (K04 relé) ^{[14],[15]}

10. A megszakítók működése, feladatai, fajtái

10.1 Megszakítók feladatai

A megszakító alapvetően egy kapcsoló berendezés, melynek elsődleges célja, hogy egy adott áramkört megszüntessen, egy hálózati részt leválasszon. Ezt a feladatot el kell tudnia látni normál üzemállapot esetén és meghibásodás esetén is (pl.: zárlat vagy feszültség növekedés). Ezen feladatban a legnagyobb problémát az okozza, hogy ha egy áramkört megszakítunk, akkor ott egy vezető villamos ív keletkezik, mely minél nagyobb a feszültségszint, annál nagyobb méreteket ölt és annál nagyobb kihívás a megszüntetése. ^{[11],[12],[18]}

10.2 Villamos ív

A gázkisülések egyik fajtája a villamos ív. A villamos ív keletkezésében jelentős szerepet játszik a termikus ionizáció. Az így létrejött ionizált csatorna egy villamosan vezető közeg, melyben áram folyik. További fontos jellemzője, hogy az ionizált csatornában jelentősen megnő a hőmérséklet. ^[18]

10.3 Váltakozó áramú ív „oltása”

A váltakozó áramú ívben az a jó, hogy nem kell konkrétan „kioltani”, ugyanis az ív magától kialszik mikor az áramnak (a szinuszos periodusból adódóan) nullátmenete van. Váltakozó áram esetén a feladat az, hogy meggátoljuk az ív újragyulladását. Ha a kialudt ív után maradt ionozott csatornában egy adott ideig nincs villamos térerősség vagy nem folyik áram, akkor elindul a deionizációs folyamat és az ív megszűnik (kialszik). A továbbiakban mikor az ív oltásáról vagy kialvásáról lesz szó (mivel váltakozó áramról van szó) az az újragyulladás megakadályozására értendő. ^[18]

10.4 A villamos ív oltásának lehetséges módszerei

Ívoszlop, érintkezők hűtése: Alapvetően el lehet oltani a villamos ívet hűtéssel is (termikus emisszió és ionizáció csökkentése), de ez megszakítók esetén nem túl gyakori. ^[18]

1. Ív nyújtása, ívhossz növelése: Az ív megnyújtásával nagyobb feszültség keletkezik.
2. A töltéshordozók eltávolítása: Ha az ívoszlopból eltávolítjuk a töltéshordozókat, így a váltakozó áram nullátmeneténél az ívoszlop villamos szilárdsága megnő és ezáltal az újragyulladás nem következik be.
3. Az ív több részre való bontása: Ha az ívet több részre bontjuk, akkor nő a feszültség, így az áram csökken és az ív kialszik.
4. A szigetelőanyag villamos szilárdságának növelése: Ha nő a szigetelőanyag villamos szilárdsága (csökken a szabad töltéshordozók száma), akkor csökken az ütközési ionizáció, a szigetelőanyag ellenállása nagyobb lesz. Ez a gyakorlatban gyakran használt módszer, viszont a kivitelezési forma változó.
[18]

10.5 Megszakítók csoportosítása ívoltás szempontjából:

1. Olajos oltóterű megszakító
 - a. Kisolajterű megszakító
 - b. Nagyolajterű megszakító
2. Légnyomásos megszakító
3. Kénhexafluorid-gázos megszakító (SF₆-os megszakító)
4. Vákuum megszakító
5. Mágneses fűvású légmegszakító
6. Víztöltésű megszakító (expanziós) [18]

10.6 Megszakítókkal szemben támasztott követelmények

- Üzemi (névleges) áram tartós elviselése
- Zárleti és üzemi áram kapcsolása
- A bontott érintkezők közötti tökéletes szigetelés biztosítása
- Gyors működés, hogy a védett eszköz ne károsodjon a zárleti áramtól
- Induktív és kapacitív áramok megszakítása
- Nagy üzembiztonság és kevés karbantartásigény [18]

11. Kiválasztott megszakító ismertetése

11.1 Kiválasztott megszakító bemutatása

A választott megszakító egy Schneider Electric gyártmányú Merlin Gerin LF1-es típusú 3 fázisú KÖF megszakító SF6-os ívoltású megszakító.

11.2 A megszakító előnyei

- *Biztonság:* A megszakító kén-hexafluorid-es működésű, mely alacsony nyomáson tárolt gáz (1.5bar). Induktív és kapacitív jellegű áramokat egyaránt képes megszakítani túlfeszültség keletkezése nélkül.
- *Nagy élettartam:* A gyártó garantálja a berendezés 30 évig való működését megfelelő karbantartás esetén. Vizsgálatok alapján képes akár 10000-szer kapcsolni.
- *Minimális karbantartás:* Csupán 10 évente vagy 10000 kapcsolásonként elegendő karbantartást végezni. ^[6]

11.3 Megszakító adatai

Egy megszakító kiválasztásánál figyelembe kell venni annak jellemzőit, hogy minden szempontból megfelelő legyen a feladatra.

	Mérték egység		Értékek	
Névleges feszültség	kV,50/60Hz		7,2	12
Szigetelési szint	kV rms 50Hz-1mn		20	28
	kV,impulzus 1.2/50 μ s		60	75
Névleges áram	A	630	■ ■	■ ■
		1250	■ ■	■ ■
Megszakítási képesség I _{sc}	kA, eff		25 31,5	25 31,5
Bekapcsolási képesség	kA, csúcs		63 79	63 79
Megengedett rövid idejű áram érték	kA, rms 3s		25 31,5	25 31,5
Kapacitás megszakítási képesség	A		440	440
Névleges kapcsolási sorrend	O-3 mn – CO-3 - CO		■	■
	O-0,3 s – CO-15 s - CO		■	■
	O-0,3 s – CO-3 mn- CO		■	■
Működési idő	ms	nyitás	48	48
		megszakítás	70	70
		zárás	65	65

5.táblázat A kiválasztott megszakító műszaki (névleges) adatai[6]

Az adatai alapján számunkra ez a megszakító tökéletesen megfelel.

12. Kiválasztott alapvédelem ismertetése

12.1 Kiválasztott védelem bemutatása

Alapvédelemnek a Schneider Electric gyártmányú Sepam 1000+ készülék kerül beüzemelésre, mely alkalmas minden feszültségszintre és többféle villamos berendezés védelmére is alkalmas, köztük a számunkra szükséges transzformátor védelmére is.

12.2 A védelmi készülék előnyei

- *Egyszerűség:* Könnyű elhelyezni akármilyen cellába, egyszerű üzembe helyezni és működtetni is. Nem igényel különösebb karbantartást, de bármi hiba esetén jelez, továbbá figyel a megszakító állapotát és figyelmeztet, ha az karbantartást igényel.
- *Kommunikáció:* A Sepam rendszer képes meghibásodás esetén hibajeleket küldeni, majd kioldás után arról is tájékoztatni mind analóg (jelzőlámpás) mind Ethernet hálózaton keresztül számítógépre is. Továbbá képest munkanaplót készíteni a hibákról, mely a későbbi kielemezés szempontjából hasznos. A védelem irányítása sem csak az adott eszközön lehetséges, hanem Ethernet hálózaton keresztül is. ^[7]

12.3 Mérési, diagnosztikai funkciók

- *Árammérés:* A védelem képes mérni mind a 3 fázison az áramok effektív (17. felharmonikusig), csúcs és átlag értékeit egyaránt. Továbbá méri a zérus sorrendű áramokat is.
- *Feszültségmérés:* Méri a védelem a fázis és vonali feszültséget, továbbá a pozitív, negatív és zérus sorrendű feszültségeket is.
- *Egyéb mérések:* Az áram és feszültség mellett, mér még frekvenciát, teljesítményt (hatásos, meddő, látszólagos) és hőmérsékletet is.
- *Hálózati diagnosztika:* Főként a kioldáskor lényeges funkció, hogy a védelmi eszköz eltárolja a kioldási paramétereket, körülményként mint pl. a kioldási áramok értékeit az áram- és feszültségvektorok által bezárt szögek, és ezek mellett még zavarító funkcióval is rendelkezik, mely beállítható, hogy hiba esetén a paramétereket mekkora időtartományban tárolja.

- *Transzformátor diagnosztikai funkciók:* Az eszköz képes folyamatos kalkulációkat végezni a transzformátor leendő állapotairól és így előre jelzi egy jövőbeli kioldás lehetőségét és időpontját (pl.: egy túlterhelés vagy túlmelegedés esetén)
- *Megszakító diagnosztikai funkció:* Számolja és eltárolja a megszakító kioldásainak számát, és méri a működési idejét, így képest jelezni, ha szükséges a megszakítón karbantartást végezni. ^[7]

12.4 Védelmi funkciók

- *Áramvédelmi funkciók:* Két részből tevődik össze az első a fázis zárlatvédelem, a második a földzárlat elleni védelem. Bármelyik érzékelése kioldást eredményez.
- *Megszakító beragadás elleni védelem:* Ha a kioldási parancs ellenére még mindig mérhető áram, akkor a védelmi berendezés parancsot küld az eggyel előrébb lévő megszakítónak a kioldásra.
- *Teljesítményvédelem:* Ha a hatásos teljesítmény akkora, hogy az meghibásodást okozhatna, akkor a védelem kioldási parancsot küld. Ha a teljesítmény megnövekedik, ami egy bizonyos ideig nem okoz meghibásodást, de hosszú távon túlterheli a transzformátort, akkor a védelmi eszköz figyelmeztető jelzést küld.
- *Transzformátor védelmi funkciói:* Rendelkezik berendezés környezeti hőmérséklet mérési funkcióval. Beállítható egy adott érték, aminél figyelmeztető jelet küld a védelem és egy külön kioldási érték is. Nemcsak a környezet hőmérséklete alapján, hanem belső hőfok alapján is küld figyelmeztető jelzést, majd, ha nem szűnik meg a probléma forrása, akkor kioldási parancsot is. Továbbá a védelmi eszköz képes a Buchholz védelem adatait is feldolgozni és hibajelzést vagy kioldási parancsot küldeni.
- *Visszakapcsoló automatika:* Ez a funkció a kioldás után egy bizonyos (beállítható) idő elteltével visszakapcsolja az adott megszakítót azt feltételezve, hogy megszűnt a hiba oka. Ha még mindig fent áll a meghibásodás oka és újra kiold a megszakító, akkor ez a művelet többször is megismételhető többféle időközzel.

- *Feszültség védelem:* A védelmi készülék többféle feszültség növekedési és csökkenési funkcióval rendelkezik, többek között zérus sorrendű feszültség növekedési és negatív sorrendű túlfeszültség érzékelési funkcióval is. ^[7]

13. A kiválasztott tartalékvédelem ismertetése

13.1 Kiválasztott tartalékvédelem bemutatása

Tartalékvédelemnek a Protecta kft. által gyártott DTI2 jelű független késleltetésű komplex digitális túláram és hibavédelem kerül beépítésre, melyet a következőkben mutatok be a teljesség igénye nélkül.

13.2 A tartalékvédelmi készülék főbb jellemzői

- Fázisonkénti kialakítású túláramvédelem
- 2 és 3 fázisú kivitelben is kapható
- Zérussorrendű túláram relével is rendelkezik
- Független vagy függő késleltetésre is beállítható
- A primer áram százalékos értékében állíthatók az áramrelék (az áramváltó áttételének megadásával együtt)
- Automatikus önellenőrző rendszerrel felszerelve kapható
- Működés és állapot jelző LED-ekkel rendelkezik
- A relék programozhatók öntartásra is
- Optikai kábelon keresztül programozható lappal és központi géppel egyaránt
- Hibanapló írása és tárolása ^[8]

13.3 Beépítés, kivitelezés

A védelmi eszköz porvédett acéldobozban kapható, melyet egy Ω sínre lehet felszerelni. A doboz oldalán található a csatlakozó, melyhez az optikai kábelt kell csatlakoztatni, továbbá az előlapon vannak a sorkapcsok, melyekhez minden adatjelző és vezérlő kábelt szükséges csatlakoztatni. ^[8]

13.4 Műszaki adatok

Fontos, hogy minden adatát megnézzük a védelmi berendezésnek, hogy biztosan megfelelően ellássa a feladatát.

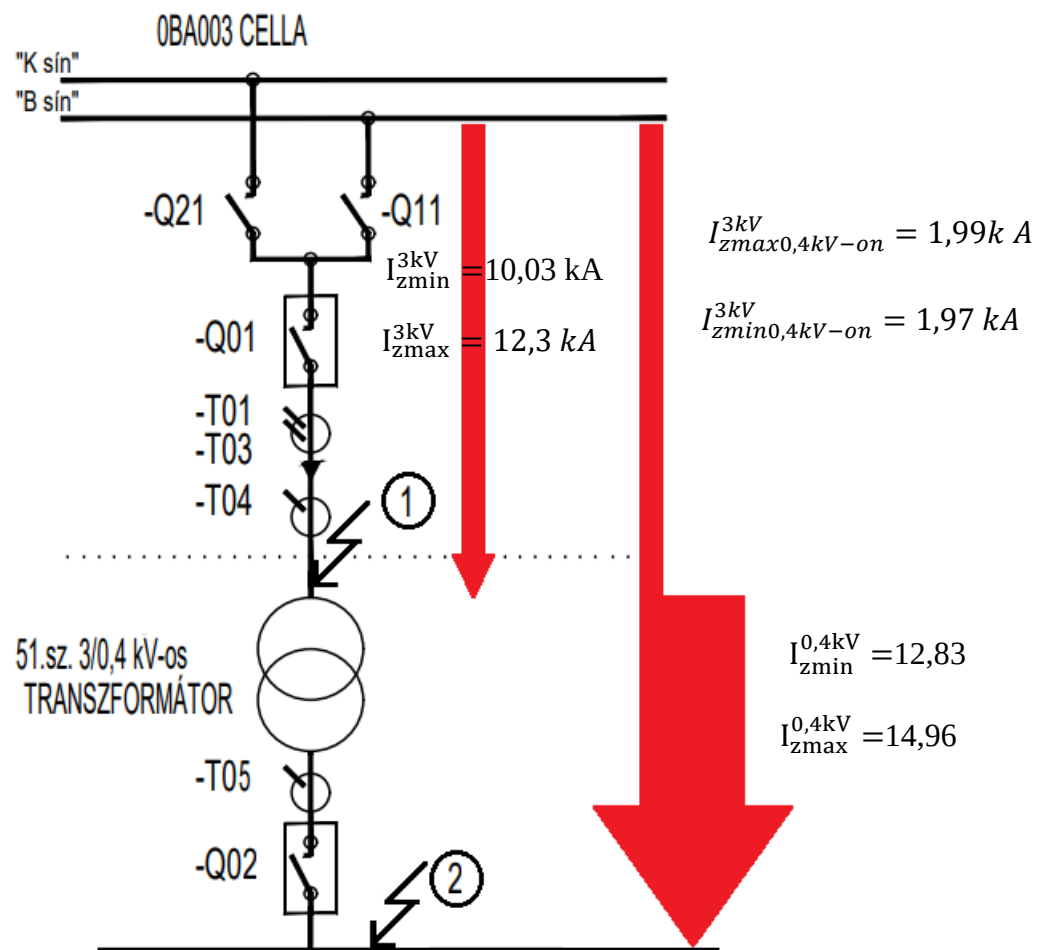
Névleges szekunder áram	1 vagy 5A
Tápláló áramkör primer névleges árama	50-1500A
Terhelhetőség	$100 \cdot I_n$
Késleltetések beállítási tartománya	0-60000ms
Külső kommunikáció	optikai kábellel
Működtető egyenfeszültség	220V
Üzemi hőmérséklet	0-50C°

6.táblázat A kiválasztott tartalék védelem műszaki (névleges) adatai[8]

Ezen adatok alapján megfelelő lesz a készülék a tartalékvédelmi feladatra.

14. A kiszámított adatok összevetése a beállítási és védelmi feladatokkal

Fontos, hogy lássuk egyben, zárlat esetén (a zárlat helyének a függvényében) hol, mekkora áramerősségekre számíthatunk.



18.ábra Az 51. számú vizlánytói transzformátor zárlati áramának szemléltető sémája [13]

14.1 Zárlati tűrőképesség ellenőrzése

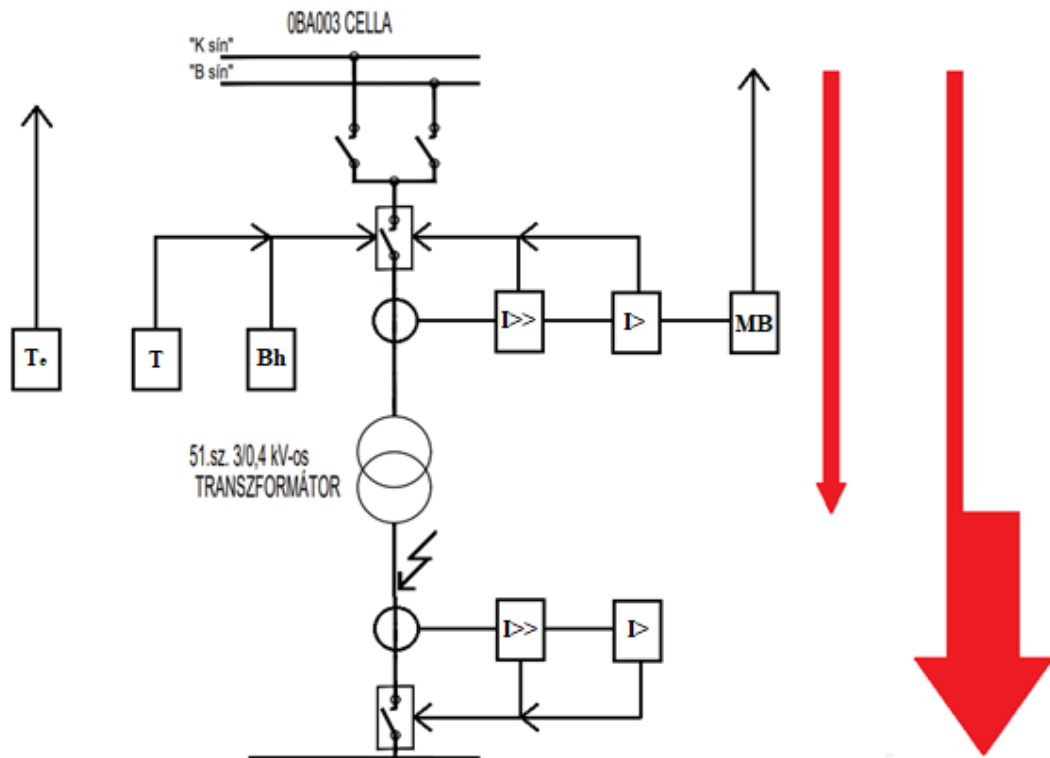
A beépített szakaszolók ellenőrzése nem fontos, mert eddig is ellátta a feladatát.

A beépített LF1 típusú megszakító zárlattűrő képessége: $I_z = 25 \text{ kA}$. Mivel ez nagyobb, mint a kialakuló lehető legnagyobb zárlati áram nagysága, ezért ez is megfelelő lesz a kitűzött célra.

A beépített áramváltó áttétele $120/5 \text{ A}$.

14.2 A védelem beállítása

Fontos, hogy lássuk azt, hogy milyen jelzések (hibák) esetén kapunk kioldást, melyet a következő ábra tökéletesen szemléltet.



19.ábra Az 51. számú vízlágyítói transzformátor zárlati áramának és a hozzá tartozó védelmeknek elméleti sémája[13]

A szelektivitás elvárt követelmény, ezért fontos, hogy a 0,4 kV-os gyűjtősín zárlatra a 0,4kV-os megszakító lépjen működésbe. Viszont a 3 kV-os megszakító ne kapcsoljon akkor, ha 0,4 kV-on lép fel a zárlat. Mivel ez most is működik, ezért a meglévő beállítások biztosan megfelelőek és nem szükséges őket felülmíni.

A betápláló cellába egy két fokozatú túláramvédelmet szükséges beépíteni. Ezen védelem zárlati fokozata oldjon ki a transzformátor 3 kV-os zárlata esetén. Továbbá a túlterhelési fokozata érzékelje a 0,4 kV-os gyűjtősín zárlatát, de legyen legalább egy időlépcsővé elszelektálva a 0,4 kV-os betáplálási védelemtől.

Ha bármi okból kifolyólag elmarad a 3 kV-os védelem működése (pl. védelmi eszköz vagy megszakító meghibásodása) egy 0,4 kV-os transzformátor kapocs és betáplálás közötti zárlat esetén, akkor az komoly károkat okozhatna a transzformátorban. E miatt szükség van egy tartalékvédelemre is. Ezt a védelmet megszakító beragadás elleni védelemnek nevezzük (MB). Ezen védelem érzékeli a zárlatot és megpróbálja első

lépésben kikapcsolni a saját megszakítót. Ha ez nem sikerül, akkor lekapcsolja az egész kétgyűjtősínes 3kV-os elosztót.

Ezek mellett a rendszerbe bele kell venni a transzformátor saját védelmeit is. A transzformátor rendelkezik egy gázvédelemmel (Bucholz védelem), melynek működése kettős.

1. Olajlökés: Zárlat hatására alul melegszik az olaj, mely nagy sebességű áramlást okoz, így kimozdul az úszó, mely kioldási parancsot ad.
2. Belső hiba hatására gázosodik az olaj, így az úszó leesik és jelez.

Továbbá a transzformátor rendelkezik két hőmérővel is, melyből az egyik jelzést ad a másik pedig kioldást eredményez egy bizonyos hőfok felett.

A működtetés tervezésénél figyelembe kell venni, hogy a transzformátor mellé feltétlenül szükséges egy vészleállító gombot beszerezni.

A fentieket figyelembe véve cserélni kell:

- Teljes Primer kábelezés (a megszakító új helye miatt)
- Teljes Szekunder kábelezés (a megszakító és védelmek új helye miatt)
- A régi PTK megszakítót az új kiválasztott LF1-es megszakítóra
- Az új védelmeket be kell üzemelni

Amik maradhatnak továbbra is üzemben:

- A transzformátor beépített saját érzékelői (Bucholz,hőfok)
- A transzformátorház belső sínezése-Mérőváltó eszközök

Összefoglalás

A dolgozatom témája egy terv készítése az egyik háziüzemű transzformátor betáplálásának teljeskörű cseréjére. Az ehhez szükséges információkat megszereztem és ezen információk felhasználásával a szükséges tervezési munkákat és számításokat elvégeztem.

Elsőlépésként feltérképeztem a megoldandó feladat előzményeit és az okokat, majd felmértem a jelenlegi állapotokat és kitűztem a célokat. Megállapítottam, hogy mik a fontos szempontok és követelmények a kiépítendő rendszerrel szemben mind műszaki mind tűzvédelmi szempontból.

A következő lépésben megvizsgáltam a védendő berendezést elméleti szempontból és gyakorlati szempontból egyaránt.

Ezután jött a legfőbb feladatom a zárlati áram számítása, melyet többféle zárlati típus esetén vizsgáltam.

A számítások után meg kellett tervezni a szükséges védelmi koncepciót, majd ezen rendszerek kivitelezését.

Miután kiderült, hogy mire lesz szükség, ki kellett választanom a feladatra alkalmas megszakítót és védelmi berendezést.

Utolsó lépésként összevetettem ezeket az adatokat egymással, hogy bebizonyosodjon, hogy a tanulmány működőképes lesz a valóságban is.

A munka során sokat tanultam arról, miként működik az erőműben egy fejlesztési projekt, mennyire összetett még egy kisebb feladat is és mennyi mindenre kell odafigyelni azért, hogy biztonságosan működjön egy ilyen rendszer a gyakorlatban.

Summary

The topic of my dissertation is a complete replacement plan of power supply for one of the home-made transformers. I got the necessary information, then design work and calculations by using this information.

As a first step I mapped the history and the causes of the task to be resolved, then I assessed the current conditions and set the goals. I found out and analyse the important technical and fire protection aspects and requirements against the system to be built.

In the next step, I examined theoretically and practically the equipment to be protected. After that came my main duty, the calculation of short-circuit, which I examined for different types of short circuits.

After the calculations I had to be planned the concept of the necessary protection, then the implementation of these systems.

Once it turns out what will be needed, I had to select the suitable circuit breaker and protection.

As a final step I compare the above data with each other to make sure this case study will work in practise.

During this study I learned a lot about how a development project works in a power plant, how complex even a small task is and how much attention must be paid to making such a task like this works safely in practise.

Irodalomjegyzék

- [1]: Veolia Magyarország hivatalos oldala (<https://www.veolia.hu/hu/hirek/60-eves-pecsi-hoeromu>)
- [2]: Balázs Zoltán-Dr Sebestyén Dorottya Fizika 2065
Halász Tibor - Jurisits József - Szűcs József
- [3]: Demeter Károlyné, Dén Gábor, Varga Andrea, Szekér Károly: 39/2001 Villamosságtanl.
- [4]: https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzform%C3%A1tor#/media/F%C3%A1jl:Transfo_rmer3d_col3_hu.svg
- [5]: http://centroszet.hu/tananyag/elektro_bovitett2/31_transzformtor.html
- [6]: Schneider electric LF SF6 Circuit breaker up to 17.5 kV (2018) katalógus
- [7]: Merlin GerinVédelem, automatika és irányítástechnika Sepam készülékcsalád Sepam 2000Sepam 1000+Sepam 100 katalógus
- [8]: DMV-OMEGAProt DTI2-OP NUMERICAL OVERCURRENT PROTECTION katalógus
- [9]: MSZ 1585:2012
- [10]: MSZ EN IEC 61936-1:2016
- [11]: Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamosenergia-rendszerek I.
- [12]: Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamosenergia-ellátás I
- [13]: Saját készítésű
- [14]: PÉCSI HŐERŐMŰ Biomassza tüzelésű fejlesztés 10. kazán 3 kV-os kapcsolóberendezés átalakítása Műszaki leírás
- [15]: Pécsi hőerőmű belső dokumentumok
- [16]: Ganz PTK megszakító műszaki dokumentáció (1961)
- [17]: <https://www.electrical4u.com/buchholz-relay-in-transformer-buchholz-relay-operation-and-principle/>
- [18]: Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamosenergia-ellátás II

Mellékletek

KÁBELTÁBLÁZAT																									PRIMER SÉMA
KÁBELJEL		HONNAN		HOVA		TÍPUS	ERSZÁM																		
		MEGNEV.	JEL	MEGNEV.	JEL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
1		3kV cella	0BA003	Vezényi/Q tábla	0GD30	19x1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		3kV cella	0BA003	0,4 kV-os beép. cella	0CA51	19x1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
3		3kV cella	0BA003	Vezényi/Q tábla	0GD30	4x1,5	X	X																	
4		3kV cella	0BA003	51 Tr. szekrény	51-GJ	14x1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
5		51 Tr.	0BA003	51 Tr. szekrény	51-GJ	4x1,5	X	X	X																
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									

"K sín"

"B sín"

-Q21

-Q11

-Q01

-T01

-T03

-T04

51.sz. 30,4 kV-os
TRANSZFORMATOR

Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 3/0,4 kV TR.		Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	1.
Ellenőrizte:	Fekete György	PRIMER SÉMA			Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-

Készítette: Pintér Péter

Ellenőrizte: Fekete György

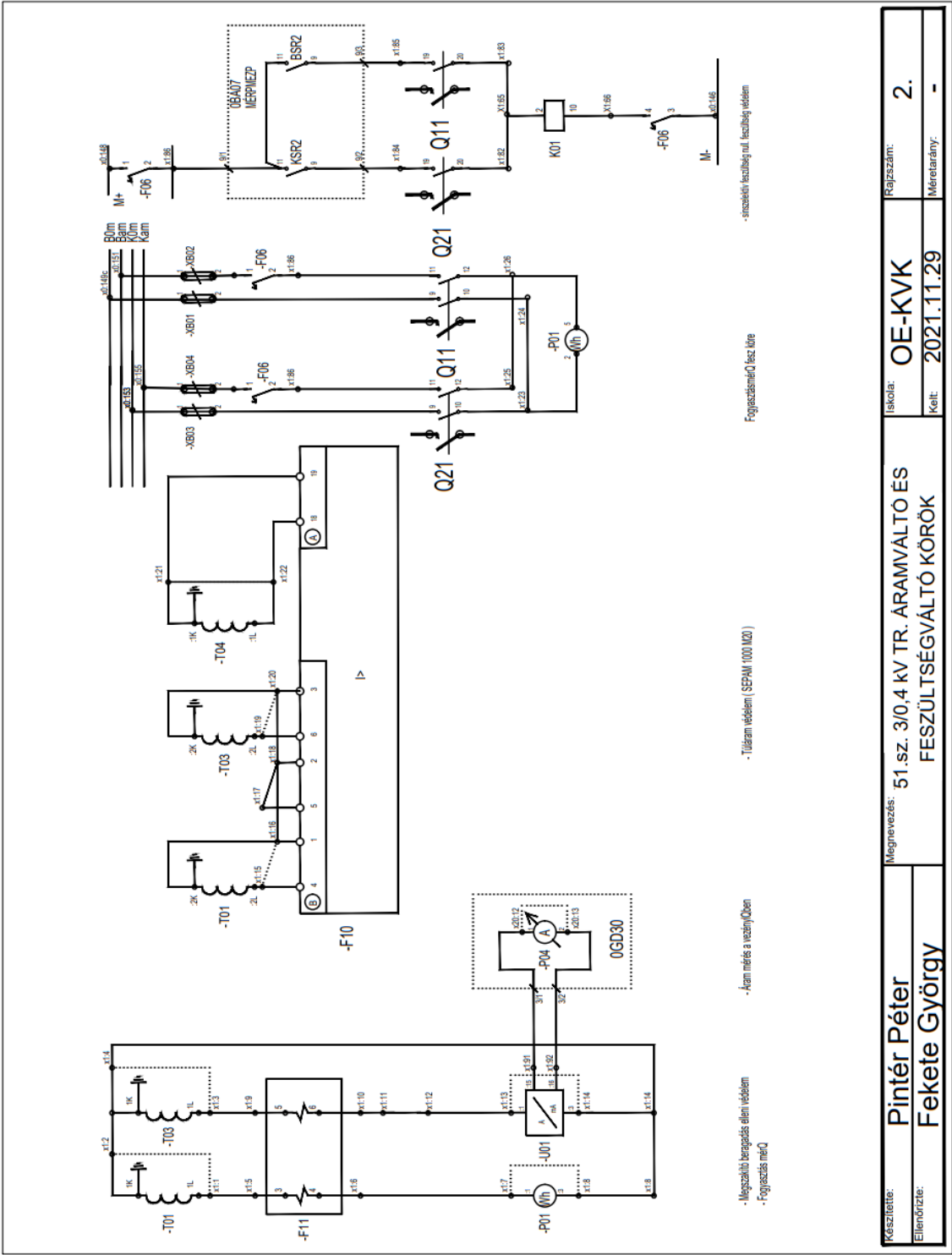
Megnevezés: 51.sz. 3/0,4 kV TR.
PRIMER SÉMA

Iskola: OE-KVK

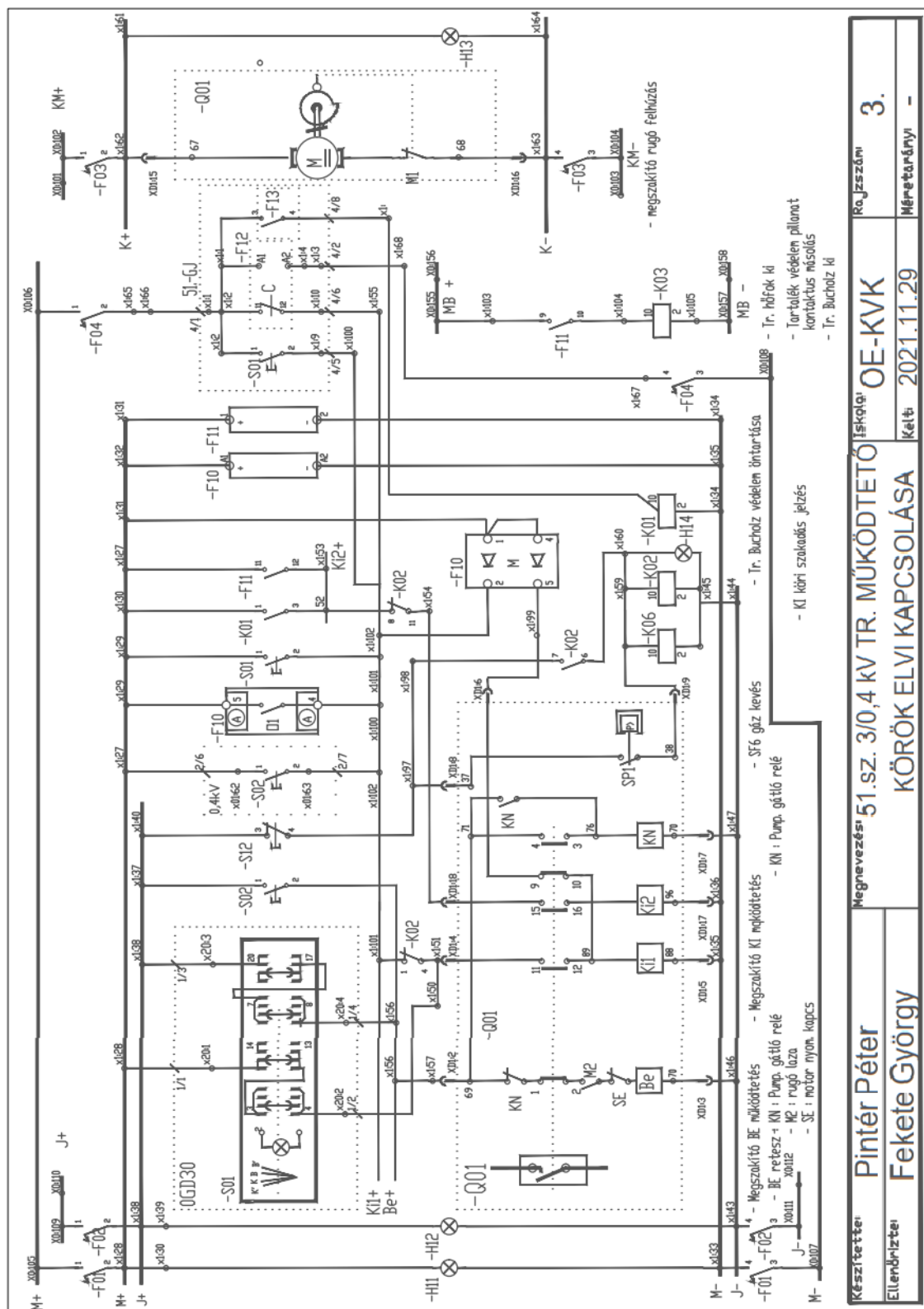
Kelt: 2021.11.29

Rajzszám: 1.

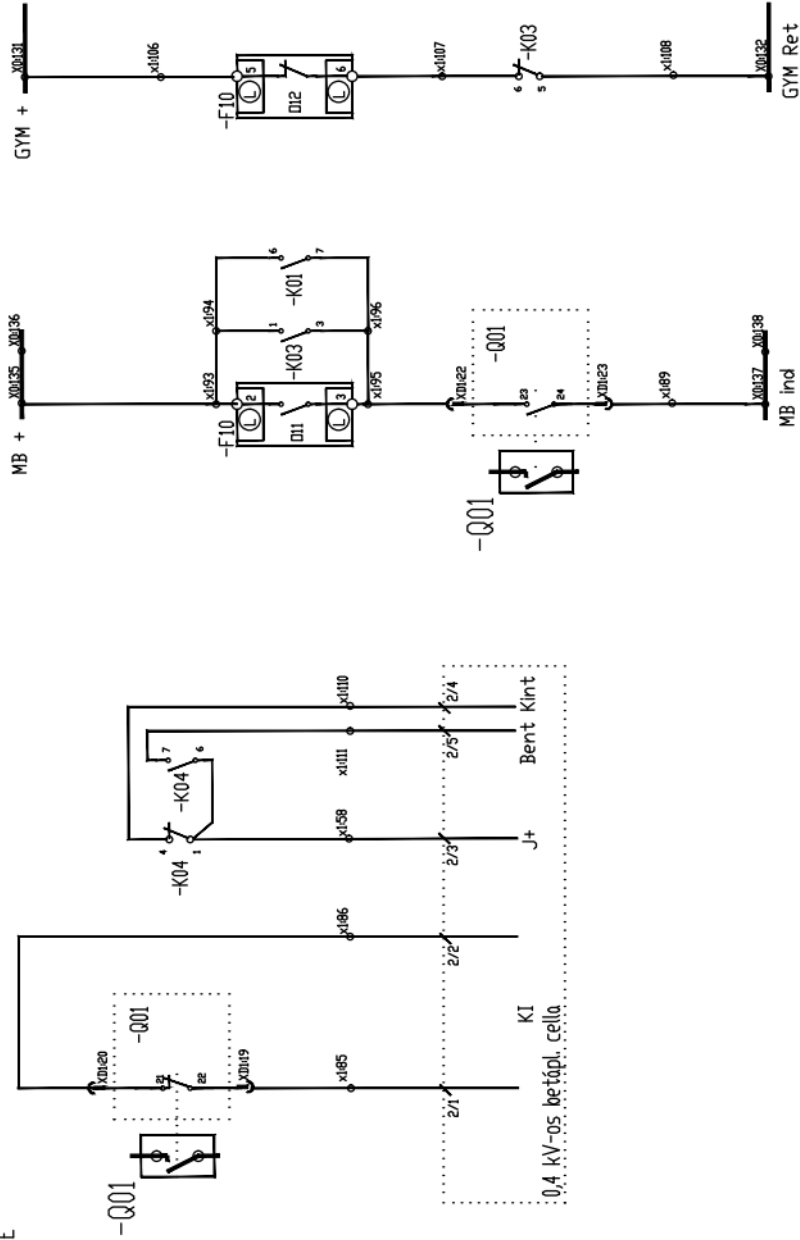
Méretarány: -



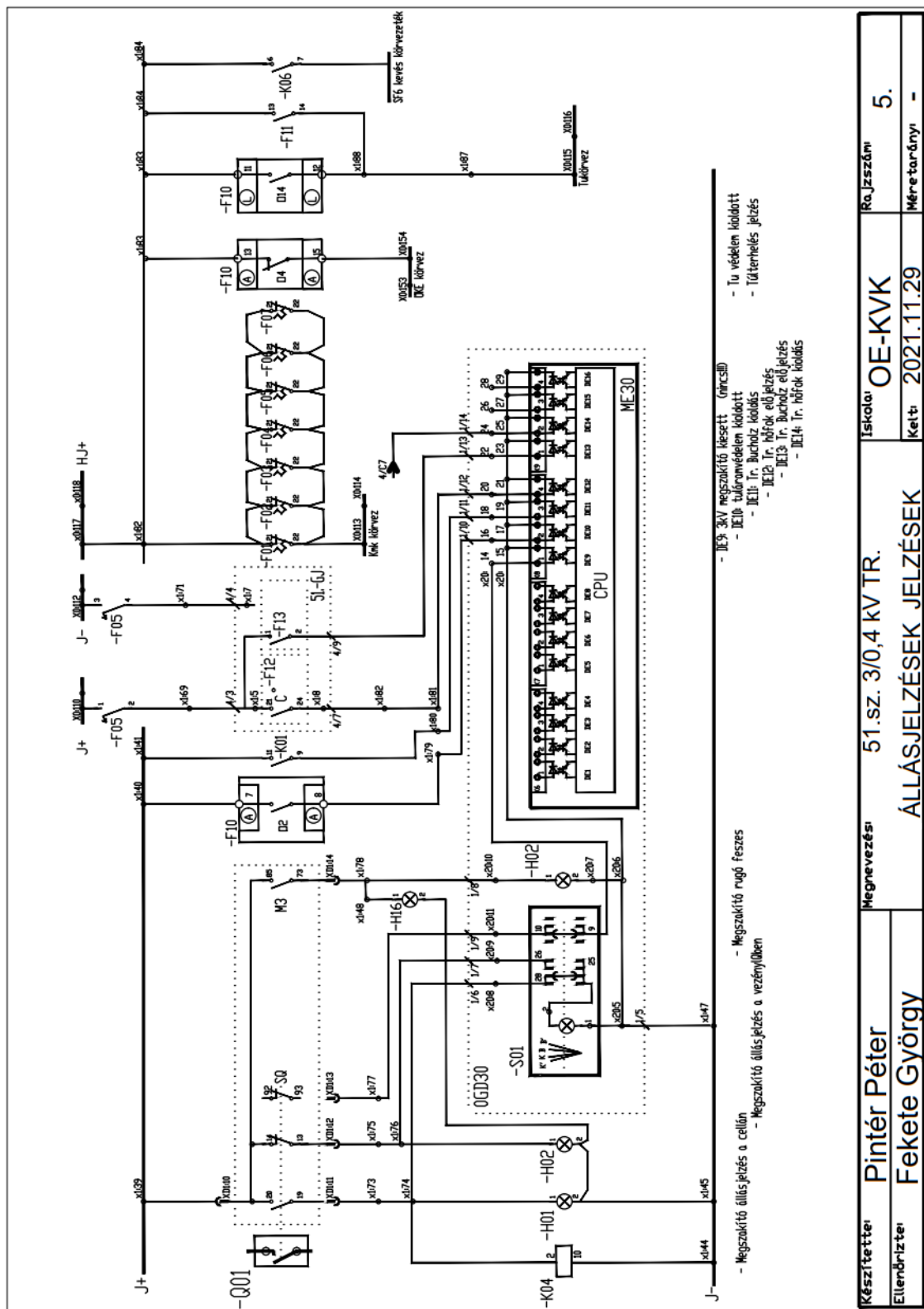
Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 3/0,4 kV TR. ÁRAMVÁLTÓ ÉS FESZÜLTÉSGVÁLTÓ KÖRÖK	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	2.
Ellenőrizte:	Fekete György			Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-

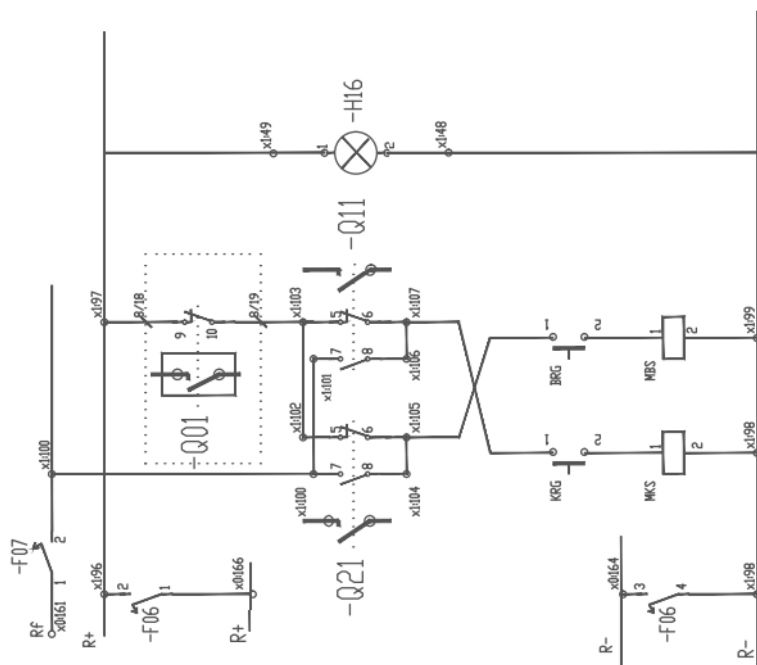


SZEKUNDER CELLAFÜLKE



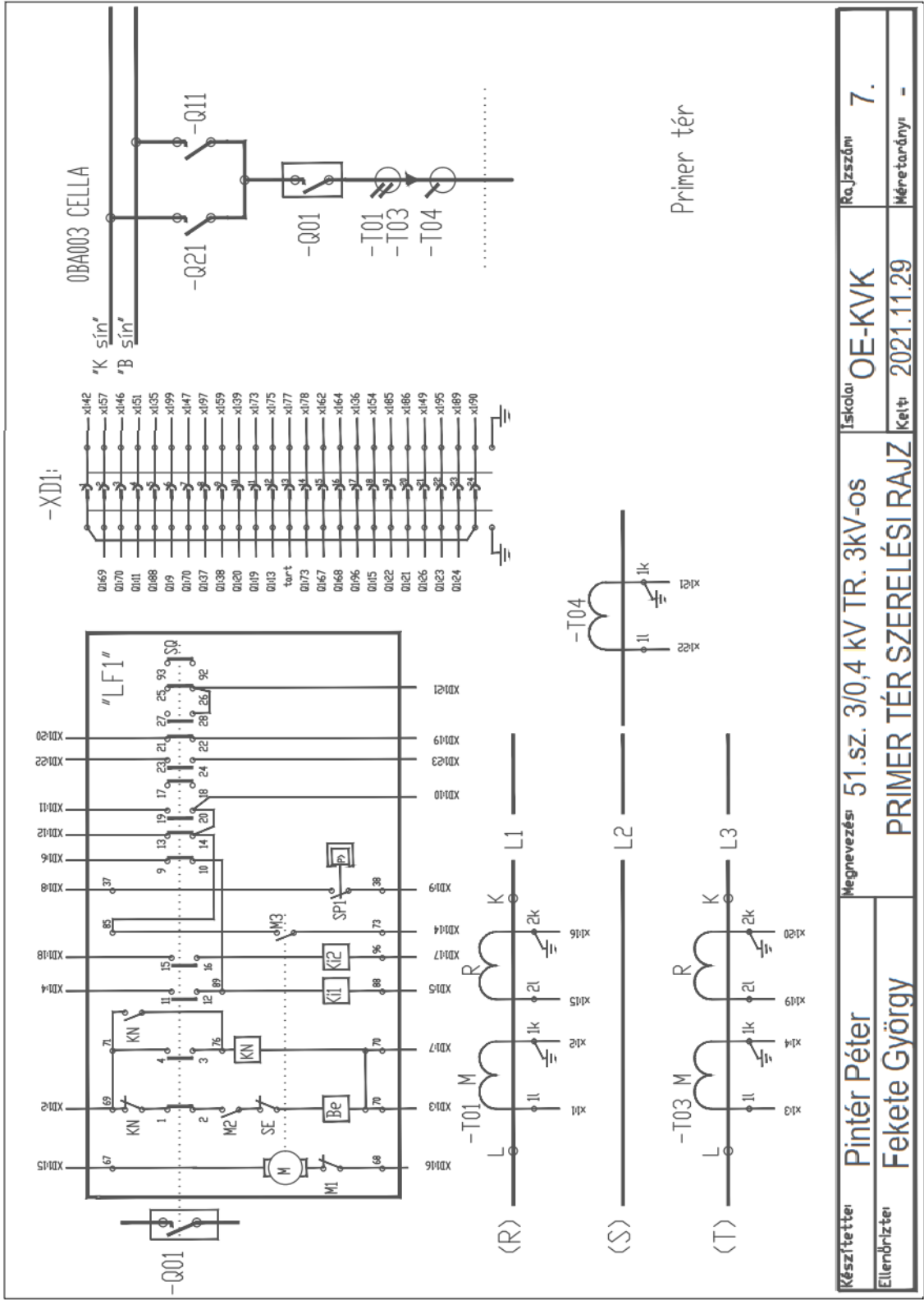
Készítette:	Pintér Péter	Negyevezési:	51.sz. 3/0,4 kV TR. 0,4kV-ba	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	4.
Ellenőrizte:	Fekete György		ÁTMENŐ KONTAKTUSOK	Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-





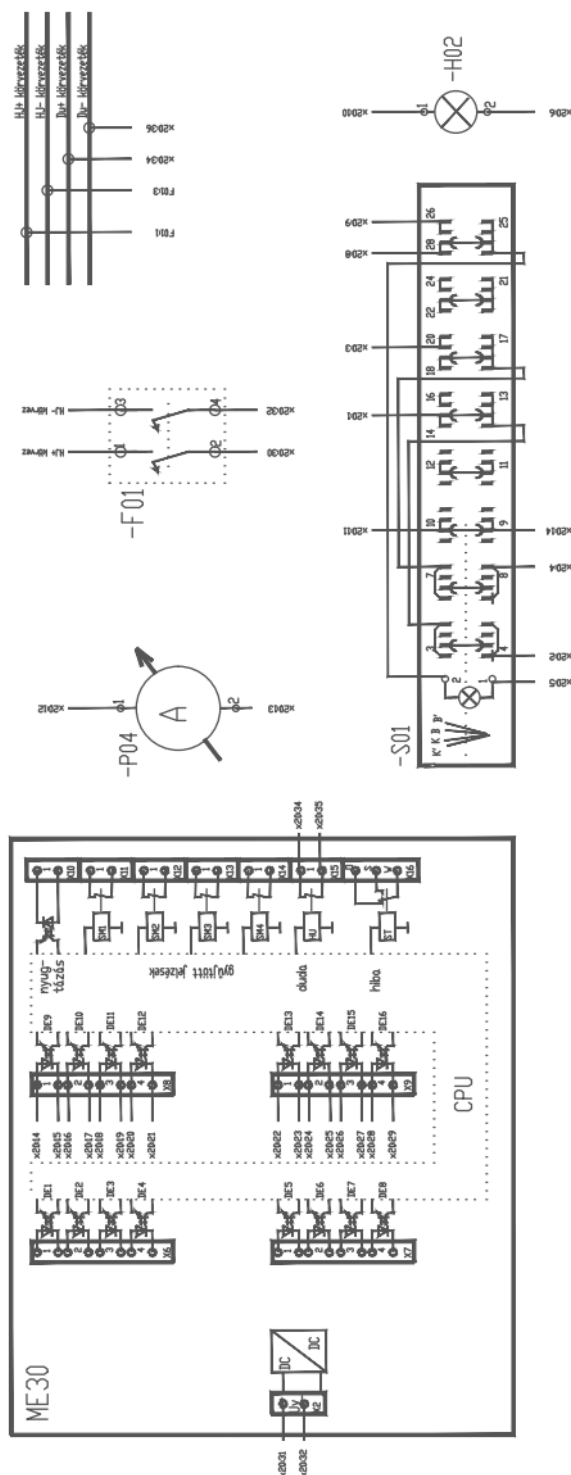
- Szakaszoló reteszfeloldások - külső - belső

Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 3/0,4 kV TR. 3kV-os	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	6.
Ellenőrizte:	Fekete György		PRIMER TÉR SZERELÉSI RAJZ	Kelt:	2021.11.29	Mértékegység:	-

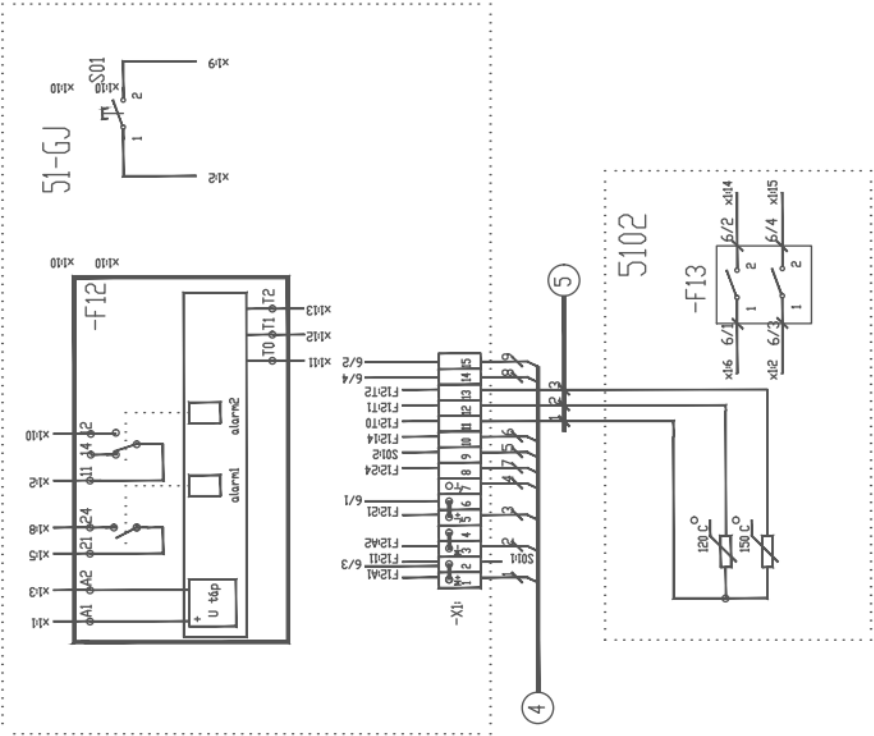


Készítette: Ellenőrizte:	Pintér Péter Fekete György	Megnevezés: 51.sz. 3/0,4 kV TR. 3kV-os	Iskola: OE-KVK	Rajzszám: 7.
		PRIMER TÉR SZERELÉSI RAJZ	Kelt: 2021.11.29	Méretarány: -

06D30



Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 3/0,4 kv TR. VEZÉNYLŐI	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	9.
Ellenőrizte:	Fekete György		TÁBLA SZERELÉSI RAJZ	Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-



Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 30/0.4 kV TR. TRANSZFORMÁTOR	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	10.
Ellenőrizte:	Fekete György		KAPOCS SZERELÉSI RAJZA	Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-

JEL	TÍPUS	ADATOK	MEGNEVEZÉS	ÁRAMKÖRI SZÁM	FELSZER HELYE
G1	LF1	magzaki leírás szerinti	megszakító		6BB639 szerinti tér
T1	AM 10b	300/5/5 A	áramváltó		
T3	AM 10b	300/5/5 A	áramváltó		
T4	CHS200	magzaki leírás szerinti	gyors áramváltó		
XD1	HAN-24	WEIDMÜLLER	csatlakozó		
U01	M32-AH	C-D Automatik	A/HA távadó		6BB639 szek. tér
P01	3MEa	C-D Automatik	V/h-mérő		
X0:	WTL 6/3	WEIDMÜLLER	körvezeték sorkapocs		
X1:	WTL 6/3	WEIDMÜLLER	áram sorkapocs		
X1:	WDU 2,5	WEIDMÜLLER	sorkapocs		
K01	220V DC	FINDER	segédrelé		
K02	220V DC	FINDER	segédrelé		
K03	220V DC	FINDER	segédrelé		
K04	220V DC	FINDER	segédrelé		
F11	W12-ÜnegP	PROTECTA	Beragadásvédelem		
F01	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F02	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F03	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F04	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F05	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F06	30b-AC IP	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
F10	SE-PAM 1000 120	magzaki leírás szerinti	túláramvédelem		6BB639 cella alító

JEL	TÍPUS	ADATOK	MEGNEVEZÉS	ÁRAMKÖRI SZÁM	FELSZER HELYE
S01	RD-10	Klückner-Möller	K1 gomb		
S02	RD-11	Klückner-Möller	BE gomb		
S12	RD-01	Klückner-Möller	SF6 kevés nyugtázógomb		
H01	RLF-RT	Klückner-Möller	Bent jelzőlámpa		
H02	RLF-GN	Klückner-Möller	Kint jelzőlámpa		
H11	RLF-WS	Klückner-Möller	'W' jelzőlámpa		
H12	RLF-WS	Klückner-Möller	'J' jelzőlámpa		
H13	RLF-WS	Klückner-Möller	'K' jelzőlámpa		
H14	RLF-RT	Klückner-Möller	SF6 kevés jelzőlámpa		
H15	RLF-GN	Klückner-Möller	Szattiakozó rendben jelzőlámpa		
H16	RLF-GN	Klückner-Möller	Rufa feszes jelzőlámpa		
X10:	WDU 2,5	WEIDMÜLLER	sorkapocs		
S01	SM 2		kománykapcsoló		
H02	RLF-GN	Klückner-Möller	Rufa feszes jelzőlámpa		
P04	96SDA		A-mérő		
F01	32H-DC 2P	6A Merlin-Gerin	kisautonata		
ME30	CNA M16	MAJELL	Hiba jelző		
X1:	WDU 2,5	WEIDMÜLLER	sorkapocs		
S01	RD-10	Klückner-Möller	K1 gomb		
F12	MSF 220K	ZIEHL	hőfokvédelem		
F13	RD-10		Bucholz védelem		

Készítette:	Pintér Péter	Megnevezés:	51.sz. 3/0,4 kv TR.	Iskola:	OE-KVK	Rajzszám:	11.
Ellenőrizte:	Fekete György	ALKATRÉSZ JEGYZÉK	Kelt:	2021.11.29	Méretarány:	-	-