



Sándor Barnabás, Dr. Nagy Rudolf

TRANSZFORMÁTORTÜZEK KIALAKULÁSÁNAK ÉS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Absztrakt

Az inhibitált szigetelőolajjal hűtött transzformátorállomások jelentősen tűz- és robbanásveszélyesek, melyet jól szemléltetnek azok az esetek is, melyek ezen írásban feldolgozásra kerültek. Amennyiben bekövetkezik egy elektromos tűz, úgy különféle gázok és anyagok szabadulnak fel, melyek az emberre és a környezetre egyaránt veszélyesek lehetnek. Indokolt tehát a tűzvédelmi rendszerek és a tüzeset során felszabaduló gázok, illetve ott keletkező súlyosan egészségkárosító kémiai vegyületek vizsgálata.

Az ezen események megelőzése azonban nem csak az igen heves hőfelszabadulással kísért folyamatok környezeti hatásai miatt válhat fontossá, hanem azért is mert a szerzők által a vizsgálatuk fókuszpontjába állított villamos berendezések az érintett területek villamoshálózatain keresztül működtetett technológiák és lakossági fogyasztók ellátásbiztonságának létfontosságú elemei.

Kulcsszavak: transzformátor, olaj, villamos, tűzveszély, vizsgálat



EXAMINATION OF THE CIRCUMSTANCES AND THE PROPERTIES OF TRANSFORMER FIRE HAZARDS

Abstract

Transformer stations cooled with inhibited insulating oil are highly flammable and explosive, well illustrated by the cases that have been processed in this writing. When an electric fire occurs, various gases and substances are released, which can be dangerous both to humans and the environment. It is therefore appropriate to investigate the fire-protection systems and the gases released during the fire, as well as the seriously harmful chemical compounds that can be generated there.

However, preventing these events will not only be significant because of the environmental impact of small processes due to the high heat release, but also because the electrical equipment put in place by the authors at the focus of their investigation is a vital element in the security of supply of technologies and residential consumers through the electricity networks of the affected areas.

Keywords: transformer, oil, electricity, fire hazard, examination



1. BEVEZETÉS

A villamosenergia ellátási rendszer egyik fő eleme a transzformátorállomás, mely közvetíti és átalakítja a villamos energiát. Ez egyben a villamos-hálózatain keresztül működtetett technológiák és lakossági fogyasztók ellátásbiztonságának létfontosságú eleme is. Mint ilyen műszaki létesítmények működőképességének megőrzése azonban komoly technikai háttér felvonultatását igényli. Mindezek ellenére mégis elő-elő fordul, hogy egy-egy ilyen villamos berendezés súlyos károkat okozó tűz vagy robbanás kíséretében megsemmisül. Amennyiben egy bekövetkező hiba esetleg ilyen kritikus tüzesetté vagy robbanássá eszkalálódik, úgy a jelenlévő transzformátor olajok minőségi mutatói által befolyásolt összetételű veszélyes égéstermékek is felszabadulhatnak. Tehát az emberi egészség és környezet megóvása és a megfelelő technológiai biztonság elérése érdekében a műszaki-technikai kialakítás részleteinek elsajátításán túl szükség van az alkalmazott anyagok fizikai-kémiai jellemzőinek kellő szintű ismeretére és a tűzvédelmi megoldások adekvát alkalmazására.

2. TRANSZFORMÁTORÁLLOMÁS FELÉPÍTÉSE

A transzformátorállomás felel az energia elosztásért, az üzemszerű kapcsolásokért, valamint a feszültségmentesítés és a távvezetékek be- és kikapcsolásáért. Továbbá üzemzavar esetén védelmi intézkedéseket is ellát.





1. ábra: 132 kV Olaj merülő transzformátorállomás [1]

Transzformátor fő részei:

- Primer készülékek;
- Védelmi és irányítástechnikai rendszer;
- Segédüzemi berendezések.

Nemzetközi szinten 400 kV-os feszültségintű energiaátviteli rendszerek üzemelnek, azonban ennél nagyobb teljesítményű 750 kV-os hálózatok is megtalálhatóak bizonyos helyeken. Ezek megnövelt feszültsége kizárólag szállítás közben használatosak, a lakossági végfelhasználókhoz az európai műszaki gyakorlatban csak 230 V feszültség kerül transzformálásra. [2]

2.1. Transzformátorállomások típusai

Az erőátviteli transzformátorok közül megkülönböztetünk száraz és olajos transzformátorokat, utóbbi típusba tartozik az energiaellátásban használatos transzformátorok jelentős része. Az 1. számú táblázatban összehasonlításra kerülnek az olajos és száraz transzformátorok tulajdonságai. [3]

Ezen olajszigetelésű transzformátorok a villamos hálózat legdrágább és legsérülékenyebb elmei a tűzveszélyességük miatt.

Az a kazán, ami a tekerceket tartalmazza, szigetelés és hűtés szempontjából ásványi olajjal van feltöltve, a menetek pedig szigetelőpapírral vannak körbevéve. Az olaj térfogata függ a várhatóan kialakuló hőmérséklettől. Így a kazánhoz tartozik egy tágulási tartály is, melybe a felesleg át tud áramolni.

A védelmi rendszert ennek megfelelően kell úgy kell kialakítani, hogy a rendszer bárminemű hibáját azonnal észlelni lehessen, majd késleltetés nélkül kikapcsolható legyen a transzformátorállomás. Amennyiben késleltetésmentes leállítás nem oldható meg, az a rendszer magas költségű javításához és a hiba további kiterjedéséhez vezethet. Ilyen eszkaláció lehet a sérült átvezetőszigetelőből kiömlő olaj táplálta és a zárlati ív általi meggyulladásával



bekövetkező transzformátortűz. Ez a rendszeren kívüli a környezetet is nagyban veszélyeztetheti.

1. táblázat: Olajos és száraz transzformátor tulajdonságainak összehasonlítása [4]

Műszaki jellemző	Olajos	Száraz
Nagyobb teljesítményre	X	
Alacsonyabb tűzveszély		X
Hosszabb élettartam	X	
Egyszerűbb karbantartás		X
Pontos állapotmeghatározás	X	
Kevesebb veszteség	X	
Közelség a felhasználáshoz		X
Helytakarékos		X
Környezeti ellenállóság		X
Alacsonyabb ár	X	

2.2. Transzformátor hűtése, az olajok tulajdonságai

A hűtés hatékonyságának növelésére használt inhibitált szigetelőolajat a külvilágtól hermetikusan elzárva keringetik a rendszerben. Ennek oka, hogy a levegővel érintkezve romlik a minősége. A szigetelőolaj minőségi mutatóinak értékei függenek a benne található víz mennyiségétől és oldott gázoktól továbbá az esetleges szennyezőanyagok mennyiségétől és anyagi jellemzőitől is. Minél több szennyeződés található a hűtőközegként alkalmazott transzformátorolajban, annál rosszabb az elektromos jellemzőinek az előírt követelményeknek való megfelelése. A működés technikai paramétereit rontó gázok keletkezhetnek az üzemszerű zárlatoktól is. Éppen ezért szükséges a transzformátorolajok időnkénti minőségi vizsgálatát elvégezni. A minőségi mutatók elégtelensége esetén a hűtőközeget tartalmazó



rendszer teljes leengedése és tisztítása is szükségessé válhat, amely ideiglenes üzemből való kieséssel és magas költségekkel is együtt jár. Költségcsökkentő módja lehet a folyamatnak, ha a rendszerbe egy úgynevezett olajregeneráló eszköz kerül beépítésre, amelyen átvezetve a transzformátorolajat az megtisztítva kerül vissza a rendszerbe.

Egyes forgalmazott transzformátorolajokkal történő közvetlen kontaktus már önmagában is bizonyos egészségügyi kockázatot hordoz magában. Például „Lenyelve és a légutakba kerülve halálos lehet. (H304)”, illetve a vízi élővilágra nézve ártalmas is lehet, amely természetesen az expozíció növekedésének arányában tartós károsodást is előidézhet. (H412). Az említett példában szereplő transzformátorolaj esetében a Globális Harmonizált Rendszer szerinti szempontokat figyelembe véve felhasználása során követelmény a 2. ábrán bemutatott piktogrammal történő megjelölése.



2. ábra: GHS08 besoroláshoz tartozó piktogram [5]

A jogszabályi követelmények alapján az alábbi komponensek képezik alapvető összetevőit:

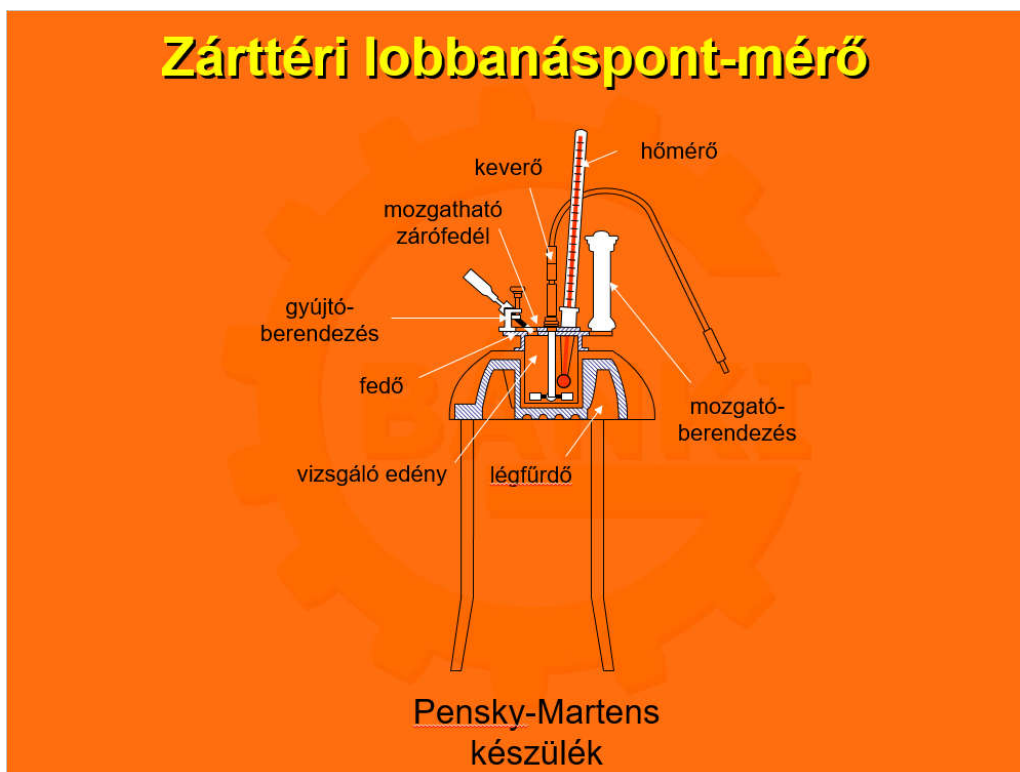
- ásványolaj párlatok C15-C30 (CAS-száma: 64742-53-6)
- C18-C40 frakciók közé eső ásványolaj-termékből álló kenőolajok (CAS-száma: 94733-15-0)
- paraffinmentesített könnyű paraffinos, hidrogénezett termékpárlatok (CAS-száma: 91995-40-3)

Ezen anyagok kezelése, felhasználása és tárolása közben az alábbi egészségkárosodást megelőző és balesetelhárító óvintézkedések betartása kötelező:



- Kerülni kell az anyagnak a környezetbe való kijutását. (P273)
- Lenyelés esetén: azonnal forduljon toxikológiai központhoz vagy orvoshoz,
- TILOS hánytatni. (P301 + P310 + P331)
- A tartalom/edény elhelyezése hulladékként: a 225/2015. (VIII.7.) Korm. rendeletnek, valamint a 72/2013. (VIII. 27.) VM rendeletnek megfelelően. (P501)

Fizikai és kémiai tulajdonságait vizsgálva az előzőekben leírt hűtésre használt transzformátorolaj folyáspontja az MSZ ISO 3016:1999 szerint 45°C, míg lobbanáspontja az MSZ EN ISO 2719:2016 szerint 140°C. A szabvány szerint minősített transzformátorolaj technológiai alkalmazáshoz illeszkedően a vizsgálatához használt Pensky-Martens zártéri lobbanáspont-mérő készülék felépítését szemlélteti a 3. számú ábra.



3. ábra: Zárttéri lobbanáspont meghatározáshoz alkalmazott készülék vázlata [6]

Alapvető tulajdonságai továbbá, hogy:

- Nem oxidál;



- Nem robbanásveszélyes;
- Az MSZ EN ISO 12185:1998 szerint megállapított sűrűsége $0,855 - 0,875 \text{ g/cm}^3$;
- Fűtőértéke 38.000 kJ/kg körüli értékre tehető;
- Vízben nem oldható, benzinben, petróleumban és toluolban jól oldódik;
- Kinematikai viszkozitását tekintve 20°C -on: $22 \text{ mm}^2/\text{s}$, míg 40°C -on: $9,3 \text{ mm}^2/\text{s}$;
- Átütési feszültség kezelés nélkül: 75 kV ;
- Határfelületi feszültsége: 42 mN/m ;
- Dielektromos veszteségi tényezője 90°C -on, $40\text{-}60 \text{ Hz}$ -en: $0,0004$. [7][8]

3. TRANSZFORMÁTORTŰZ PCB VIZSGÁLATA

Az említett egészségügyi kockázatokra hívja fel a figyelmet az alábbiakban ismertetett eset is. 2002-ben egy német autógyártó vállalat telephelyén ütött ki, ahol megsérült egy leselejtezett transzformátor. A tüzeset alkalmával elvégezték a rutinszerű policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) és szerves klórvegyületek helyszíni vizsgálatát. Azonban ezt kiegészítették a poliklórozott bifenilek (PCB) vizsgálatával is, mivel a cég két munkavállalóját PCB-expozíció érte, így a szakemberek ki akarták vizsgálni ennek mértékét. Tekintettel arra, hogy 1930 óta a transzformátorok szigetelésében és hűtőközegében PCB vegyületeket alkalmaztak.

A mérési eredmények kimutatták, hogy a PCB-28 és PCB-52 koncentrációja a transzformátortűz körül kondenzálódott füstben megemelkedett, melyek a PCB alacsonyabb mértékben klórozott származéka. $270 \mu\text{g/m}^2$ volt a teljes mennyisége a vizsgált hat származéknak, $170 \mu\text{g/m}^2$ a PCB-28, míg $24 \mu\text{g/m}^2$ a PCB-52-é. A pentaklór-benzol szennyezettségre vonatkozóan $0,71 \mu\text{g/m}^2$ a hexaklór-benzolra pedig $2,8 \mu\text{g/m}^2$ értéket mértek.



16 PAH-származék mért értéke $93 \mu\text{g}/\text{m}^2$ volt, némi korommal vegyítve a javító műhely környékén, míg belül ez $13\text{-}52 \mu\text{g}/\text{m}^2$, ami kívül esett a kritikus tartományon. Alacsony értékeket mértek a hexa- és pentaklór-benzol- kenetben is $< 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^2$. A PCB-származék összes mennyisége $100\text{-}160 \mu\text{g}/\text{m}^2$ értékhatár között mozgott, a környezetben ebből $25 \mu\text{g}/\text{m}^2$ szennyezettséget mutattak ki.

További kutatások kimutatták, hogy a transzformátorban mért értékeken kívül a PCB-terhelés a közepesen és nagymértékben klórozott vegyületekben volt jelentős. Belső légtérből vett mintákat rögzíti a 2. táblázat. [9]

2. táblázat: Belső légtérből vett minták

PCB-28	$1,1 \text{ ng}/\text{m}^3$
PCB-52	$3,0 \text{ ng}/\text{m}^3$
PCB-101	$9,4 \text{ ng}/\text{m}^3$
PCB-138	$4,2 \text{ ng}/\text{m}^3$
PCB-153	$5,0 \text{ ng}/\text{m}^3$
PCB-180	$0,86 \text{ ng}/\text{m}^3$

A bent tartózkodó személyeken végzett vizsgálat során nem mutattak sem fizikai sem klinikai eltérést, illetve PCB-mérgezésre utaló jel sem volt.

3.1. Transzformátor tüzeset vizsgálata martonvásáron

A másik idekapcsolódó tüzeset 1998. május 9-én a Martonvásáron az egykori MVM Rt. tulajdonába tartozó 1. számú, 400/231/35 kV feszültségátviteli, 500/500/120 MVA teljesítményű, 4 mezős, kén-hexafluorid (SF₆)-gáz szigetelésű, szabadtéri kivitelű, fémtokozott transzformátor kigyulladt. Az állomás felülvizsgálatára ezt megelőzően 1996. június 17-27-e között került sor, ahol mindent rendben találtak a szakértők.



Az üzemzavar 22 óra 36 perc 15 másodperckor kezdődött egy 45 ms ideig tartó, S fázisú belső zárlattal, mely során a transzformátor 1. rendű különbözeti védelme és gázvédelme kikapcsolta a 400 kV-os és 220 kV-os megszakítókat. Annak ellenére, hogy rövid ideig állt fenn a zárlat a 220 kV-os átvezető-szigetelői megsérültek, melynek következtében meggyulladt a kiömlő olaj.

A személyzet 22 óra 40 perckor megkísérelte elindítani a beépített oltórendszert, azonban a Bernard típusú motoros működtetésű gyors-nyitó szelep nem nyitott ki, így az oltóvíz nem jelent meg. A tűzoltók 22 óra 48 perckor érkeztek a helyszínre, azonban az oltást 23 óra 25 perckor tudták csak megkezdeni. Enne oka, hogy a 2. számú 400/220 kV-os transzformátor feszültségmentesítését rendelték el.

Az tűz oltása végül 10 percig tartott habosított-vízzel (2 db porsugárral és 4 db habsugárral), ezt követte a transzformátor hűtése (4 db „C” sugárral), ami további 3 órát vett igénybe.

Későbbi vizsgálatok kimutatták, hogy az üzemzavart és a tüzet, két egymástól független meghibásodás idézett elő. A T fázisú 220 kV-os átvezető-szigetelőben hosszabb ideje tartó érintkezési hiba okozta, rögzítettlen potenciálviszonyok, miatt részkisülések voltak, melyek gázképződést váltottak ki.

A kisebb feszültségű S tekercsben menetzárlat következett be, mely során eltört az átvezető, ami a felgyülemlt éghető gázokat begyűjtotta a keveredett légköri oxigénnel. Az égő olaj hevétől megsérültek az 1. és 2. számú olajáramlás-kijelzők üvegablakai a parafatömítések, így a keletkezett nyíláson a maradék transzformátorolaj egyenesen a tűzfészekre folyt, majd közel 90 %-a égett.

A kár közel 100 millió forint volt, mivel megsérült a transzformátor kazánja, az összes 220/35 kV-os átvezető, hűtők, leszakadt a „T” fázisú 220 kV-os bekötő sodrony, továbbá károsodtak a rögzítőelem is.

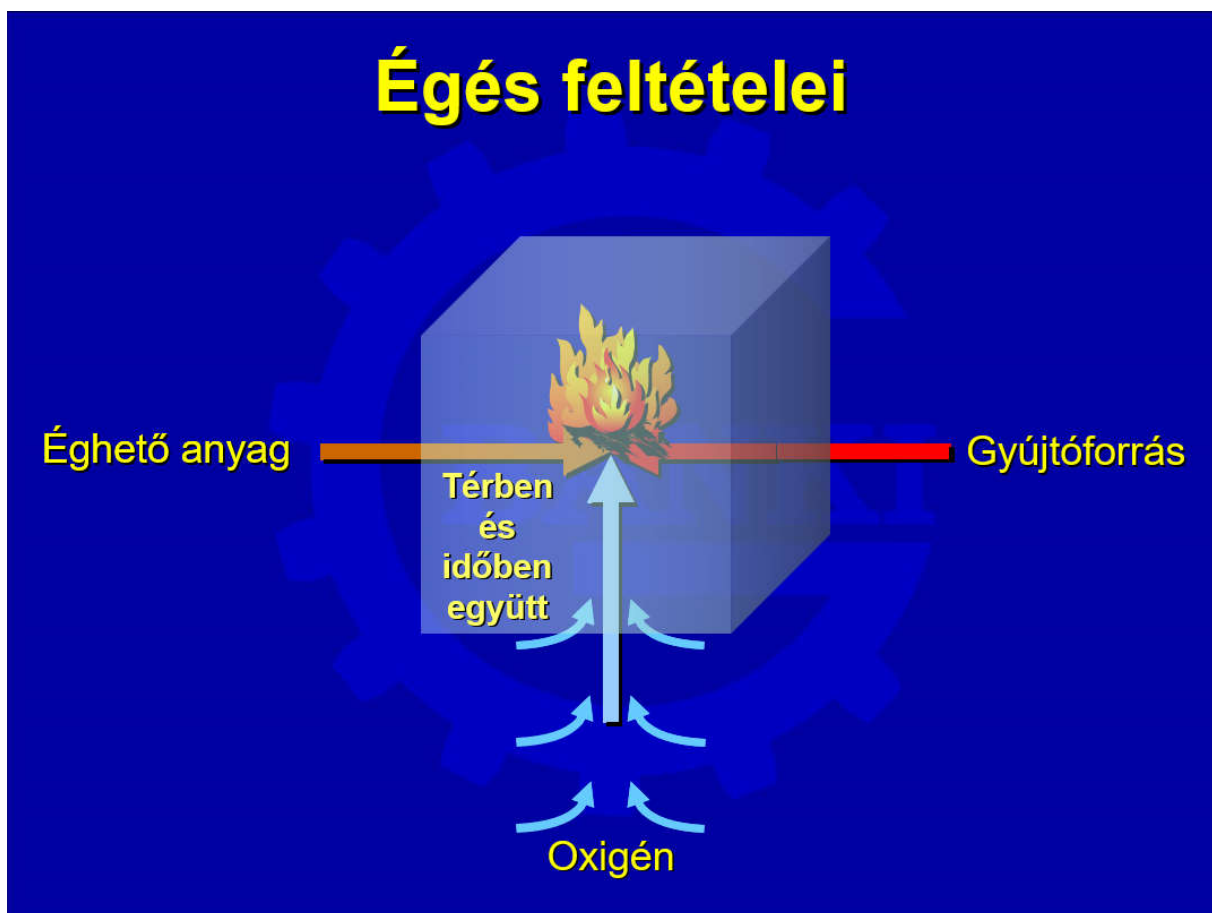
Magyarországon az ilyesfajta nagy transzformátortűz igen ritka, így gyakorlati felkészülésre nincs lehetőség. Azonban megfelelő megelőző műszaki intézkedésekkel, előzetes oktatással és vizsgálatokkal fel lehet rá készülni.



A beépített tűzoltó berendezések felülvizsgálata kötelező, kifejezetten az indító-szerkezet. A karbantartásokat előírt rendben el kell végezni és az ezeket rögzítő nyilvántartásokat naprakészen kell tartani. [10][11]

4. ELEKTROMOS TÜZEK

Általánosságban elmondható, hogy abban az esetben valósulhat meg és maradhat fenn, vagy terjedhet tovább az égés, ha az éghető anyag és a környezetben található oxigén megfelelő koncentrációban van jelen, valamint az átalakulási folyamat megindulásához szükséges gyulladási hőmérséklet térben és időben együtt áll rendelkezésre (lásd: 4. ábra).



4. ábra: Égés feltételei [12]



Transzformátorolajok esetén a tűz önfenntartó folyamatának elindításához szükséges energia származhat a környezetében lezajló kémiai átalakulás termelte hőtől és villamos ívkisülés jelentette gyújtóforrástól, mint azt az előző esettanulmányban is láthattuk.

A villamos berendezésekben a tűz keletkezhet belső zárlat vagy külső átvezető, csatlakozási pontok felszakadása okozta átívelésekből, melyek átterjednek a trafóra és magas belső nyomást hoznak létre. Ez a gyorsan növekvő nyomás és hőmérséklet nyomáshullámot hoz létre a transzformátor belsejében, ami tovább terjedve a kilyukasztja a berendezés oldalát. A keletkezett elektromos ív hatására robbanás vagy tűz keletkezhet, amelynek során meggyulladnak a felhasadt tankból kiömlő transzformátorolaj éghető gőzei. 5. ábra



5. ábra: Transzformátortűz kialakulásának folyamata [13]



4.1. Transzformátorolaj tüzek oltására, expozíciójára vonatkozó előírás

Az elektromos tüzek oltására vonatkozó szabályokkal az Országos Tűzvédelmi Szabályzat külön foglalkozik.

„A 10 MVA-nál nagyobb beépített névleges összteljesítmény feletti transzformátor-állomásokon - a legnagyobb transzformátor külső főméreteiből számított burkoló felületére az alapfelület nélkül számított - 16 liter/perc • m² fajlagos térfogatáram mellett, a 10 perc oltási időnek megfelelő oltóvízmennyiség háromszorosát kell biztosítani.” [14]

A korábban ismertetett inhibitált szigetelőolaj az 54/2014 (XII. 5.) BM rendelet, IV. fejezet - Tűzveszélyességi és kockázati osztályba sorolás 9. § (2) pontja szerinti Tűzveszélyes osztályba tartozik.

Oltására vonatkozó speciális követelmény oltóanyagok terén a hab, szén-dioxid, poroltó, azonban vízsugárral nem oltható. Égés során az egészségre káros szén-monoxid, szén-dioxid, különböző szénhidrogének és korom keletkezhetnek.

A hatályos tűzvédelmi előírásoknak megfelelően a tűzoltóknak speciális védőfelszerelés gyanánt a légzésvédelemről kell gondoskodni. Amennyiben oltóvíz is alkalmazásra került, úgy a szennyezett oltóvizet tilos csatornába engedni. Külön gyűjtendő. A szennyezett oltóvíz az előírások szerint ártalmatlanítandó. Külön óvintézkedés szükséges, amennyiben véletlenszerű expozíció következne be. Amennyiben kiömlik az olaj, úgy az csúszásveszélyt jelent. Élővízbe, talajba, csatornába jutását körülhatárolással meg kell akadályozni, továbbá értesíteni kell az illetékes hatóságot. Szárazföld esetén minden gyújtóforrást el kell távolítani a kiömlés környékéről, majd fel kell a terméket szivattyúzni. Továbbá fel kell itatni a hátramaradt kisebb mennyiséget, nem éghető, folyadékfelszívó anyaggal (homok, föld, őrlött mészkő stb.). Ezt követően a felitatott anyagot veszélyes hulladékként kell kezelni. Amennyiben élővízbe került



az anyag, úgy értesíteni kell az illetékes hatóságokat, majd olajmegkötő anyag segítségével kell eltávolítani a vízfelületről. [5][6]

4.2. Transzformátorok tűz- és robbanás-védelme

A villamos berendezések tűz- és robbanásvédelmének folyamatos fejlesztése szükséges ahhoz, hogy megelőzhetőek legyenek a súlyos káresemények. A piacon többféle rendszer és eszköz található, melyekkel csökkenthető vagy megelőzhető a kár, ami egy ilyen esemény alkalmával bekövetkezhet. Egyik ilyen lehetséges védelmi vonal a transzformátor tűzfal, ami az olajjal töltött transzformátor és a környező transzformátorok és egyéb technológiai egységek közé kerül kiépítésre ahogyan azt a 6. ábra is szemlélteti. A tűzterherre tervezésnél figyelembe kell venni, hogy a védőfal anyagát tekintve ellen kell álljon az intenzív hősugárzásnak és a tűz keltette közvetlen lánghatásnak, illetőleg az égés során lerakódó égéstermékek korrozív hatású komponenseinek is. [15]

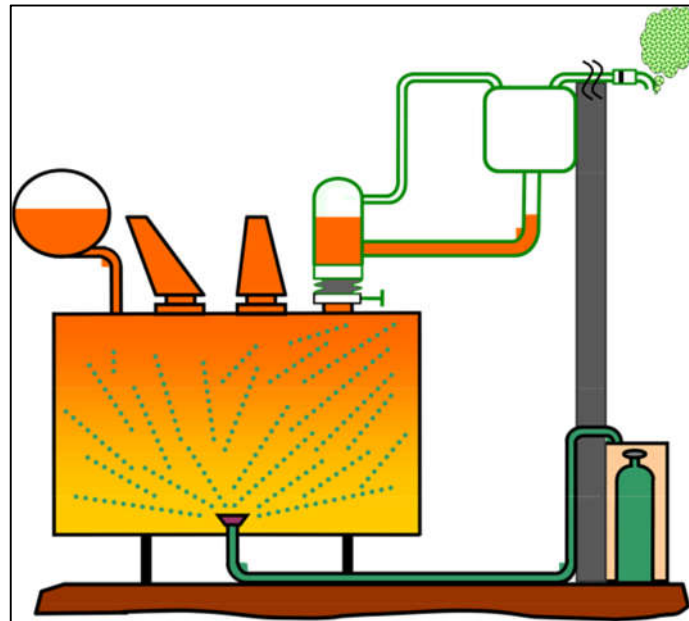


6. ábra: Transzformátor tűzfal [15]

További megoldás az oltógázt alkalmazó transzformátor védelmi rendszer, melynek célja, hogy néhány milliszekundum alatt csökkentse a transzformátorolaj tartályban kialakult nyomást. A



tartályban felgyülemlett gázok robbanás elleni védelmeként az inertgáz elkeveredik a tartályban található transzformátor olajjal, megelőzve ezzel a robbanást. 7. ábra mutatja be a rendszer működési elvét. Amint a gyúlékony és robbanékony elegy veszélytelenné válik a transzformátor biztonságosan javítható.



7. ábra: Inertgáz keverése a transzformátortartályba [16]

4.3. Transzformátorolaj égése során keletkező gázok és vizsgálatuk

Az olajjal töltött transzformátorokban fellépő hő- és elektromos hibák során bekövetkező kölcsönhatások és bomlási folyamatok eredményeként különféle gázok keletkeznek, mint például a hidrogén (H_2), szén-monoxid (CO), szén-dioxid (CO_2), metán (CH_4), acetilén (C_2H_2), etilén (C_2H_4) vagy az etán (C_2H_6). Amennyiben ezek lassan termelődnek a gázok feloldódhatnak a transzformátorolajban. Ellenkező esetben a nagy mennyiségben és gyorsan felszabaduló anyagok gázhalmazállapotban válhatnak ki.

Ezen gázok anyagi minőségének, mennyiségének és termelődési sebességének azonosítása és elemzése lehetővé teszi, hogy elkerülhetőek legyen a későbbi műszaki hibák, mint például



túlmelegedés. Gázok kimutatására különféle szenzorok állnak rendelkezésre, melyek közül a legelterjedtebbek a félvezető detektoros gázérzékelők, vagy optikai érzékelők.

A fém-oxid félvezetők az alacsony árak, pontosságuk, gyors helyreállításuk és hosszú élettartamuk miatt a közkedveltek, melyből több fajta is megtalálható a piacon, ezek közül a legelterjedtebbek az Ón-oxid (SnO_2), Cink-oxid (ZnO), Titán-oxid (TiO_2), és az Indium-oxid (In_2O_3).

Szenzorok esetében a legfontosabb tulajdonságok az érzékenység, szelektivitás és ismételhetség, melyben általános vélemény szerint az SnO_2 alapú félvezető teljesít a legjobban, így a transzformátorolajokban keletkezett gázok felismerésére világszerte ilyen érzékelőket használnak. [17]

A transzformátorolajok gáztartalmát és koncentrációját az MSZ EN 60599:2016-os szabvány, az úgynevezett „Ásványolajtöltéssel üzemelő villamos berendezések. Irányelvek az oldott és a szabad gázok vizsgálatának kiértékeléséhez” szabályozza. A szabvány kiterjed azon elektromos berendezésekre, amelyek ásványi olajjal vannak töltve, cellulózpapírral szigetelve vagy nyomólemezes szilár szigeteléssel van ellátva. Továbbá foglalkozik a berendezések állapotának diagnosztizálásával is.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekben bemutatottakból kitűnik, hogy a transzformátorállomások tervezése és telepítése során figyelembe kell venni az aktuális tűzvédelmi és munkabiztonsági jogszabályokat, hiszen egy esetleges hiba bekövetkezése esetén, súlyos életet és természetet érintő kockázatokkal járó veszélyeket hordozhat magában egy-egy tűz vagy robbanás.

A transzformátorállomások hűtésére használt inhibitált olajok tűzveszélyesek, így tárolásuk és alkalmazásuk során minden esetben követni kell a gyártói utasításokat. Használat közben különféle gázok szabadulnak fel a transzformátorokban, melyek elvezetéséről, semlegesítéséről különféle védelmi berendezésekkel gondoskodhatunk.



A keletkezett és felszabadult gázok nem egy esetben a súlyos egészségkárosodás kockázatát rejtik magukban, így mérésük és folyamatos vizsgálatuk elengedhetetlen.

Azonban szerencsére mára már a szolgáltatók rendszerfejlesztését célzó törekvéseinek köszönhetően többségében, fejlettebb ellenőrző és védelmi rendszereknek védenek az egy-egy kiterjedt térség villamosárammal történő ellátást megbénító, súlyos károkat eredményező transzformátortüzek keletkezésétől.

Fontos azonban, hogy a megelőzés érdekében a villamoshálózat ezen eleminek biztonságát a megfelelően szervezett, folyamatos felül vizsgálatokkal garantálják a szolgáltatók.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Rockwell: www.rockwell-transformer.com/products/132kv-power-transformer-id1828.html, Letöltés dátuma: 2018.11.21.
- [2] Moldván János: 'Teljesítménytranszformátorok gyártásában használatos kültéri kábelek műszaki tulajdonságai' Szakdolgozat, Óbudai Egyetem, 2015
- [3] Kotroczó, Péter. 'Száras transzformátorok üzemeltetésének gyakorlata'. Szakdolgozat. Óbudai Egyetem. 2016
- [4] Kotroczó, Péter. 'Száras transzformátorok üzemeltetésének gyakorlata'. Szakdolgozat. Óbudai Egyetem. 2016 38.o. 2. táblázat
- [5] GHS besorolás: www.reach-compliance.ch/ghsclp/ghspictograms/index.html Letöltés dátuma: 2018. 12. 01.
- [6] Nagy Rudolf: Éghető folyadékok vizsgálata, egyetemi előadás, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
- [7] MOL TO 40A Extra inhibált szigetelőolaj terméklap, https://mol.hu/images/content/LUB_repo/TDS_MOL%20TO%2040A%20Extra_HU.pdf, Letöltés dátuma: 2018.10.20.



[8] MOL TO 40A Extra inhibitált szigetelőolaj biztonsági adatlap, https://mol.hu/images/content/LUB_repo/MSDS_MOL%20TO%2040A%20Extra_HU.pdf

Letöltés dátuma: 2018.10.20.

[9] Haidekker Borbála: Transzformátor- és épülettűzben keletkező PCB-k vizsgálata, Munkabiztonság 2.6-3.3,

www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/munkavedelem/2004/09/0903.pdf, Letöltés

dátuma: 2018.10.15.

[10] Takáts László, Kimpián Aladár: "Transzformátortűz Martonvásáron", Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, 1998. 5. évf. 5. szám 45-46. ISSN 1218-2958

[11] Popelyák József: "Transzformátortűz Martonvásáron II.", Védelem katasztrófa- és tűzvédelmi szemle, 1998. 5. évf. 6. szám 40. ISSN 1218-2958

[12] Nagy Rudolf: Égéselméleti alapok, egyetemi előadás, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,

[13] Ibrahim, Zuhair, et al. "Forensic Examination and Failure Analysis of a 220-MVA Step-Up Transformer Fire." ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering 2.4 (2016): 041003.

[14] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. 39. A tűzoltáshoz szükséges oltóanyag biztosítása, 72. §, (4)

[15] Jackson Bishop, Alonso Rodriguez, Ph.D: "Electrical Transformer Fire and Explosion Protection".KA Facto Group Inc., 2011 <http://kafactor.com/content/technical-resources/oldcastle-electrical-transformer-fire-explosion-protection.pdf>, Letöltés dátuma: 2018.10.16.

[16] Sergi Transformer Protector: www.sergi-tp.com/how-transformer-protector-works/ Letöltés dátuma: 2018.11.20.

[17] Zhang, Qingyan, et al. "Recent advances of SnO₂-based sensors for detecting fault characteristic gases extracted from power transformer oil." Frontiers in chemistry 6 (2018).



Sándor Barnabás MSc hallgató, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

sandor.barnabas@bgk.uni-obuda.hu

Barnabas Sandor, MSc Student, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering

ORCID azonosító: 0000-0001-7133-8082

Dr. Nagy Rudolf adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Nagy.rudolf@bgk-uni.obuda.hu

Rudolf Nagy PhD, assistant professor, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering

ORCID azonosító: 0000-0001-5108-9728