

A vagyon-menedzsment szolgáltatások fejlesztése

Ph.Wester*), NUON InfraCore, J.J.Smit, the Delft University of Technology, Hollandia,
J.J. Oestergaard, DEFU, Dánia, J.Corbett, ESBI, Írország

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A liberalizációs folyamatok rákényszerítik az áramszolgáltatókat, hogy újragondolják a karbantartási stratégiájukat, vagyonmenedzsment tevékenységüket és a szolgáltatások megvalósítását különböző osztályokba szervezzék. A karbantartási stratégiák fejlődése az állapotorientálttól a kockázatalapú karbantartás irányába tart.

Jelen anyag célja, hogy megmutassa e változások mögötti hajtóerőket és hogy leírja a szóbanjövő karbantartási stratégiák közötti sajátos különbségeket. Végül megadja, mely döntés-előkészítő rendszerek szükségesek a vagyon teljesítményének megítéléséhez. Az igényekre történő felkészülés egy megközelítése lehet egy sajátos vagyon-menedzsment szolgáltató szervezet kifejlesztése, amely egy széles tudásplatformot felhasználva optimalizálja a vagyon teljesítményét leíró információkat.

2. BEVEZETÉS

A vagyon-menedzsment alapfunkciója leírható úgy, mint az érintett hálózaton (vagyonon) végrehajtott tevékenységekre vonatkozó folyamatos döntéssorozat. A döntéseknek maximális jövedelemhez kell vezetniük figyelembe véve a személyi és a környezeti biztonsággal kapcsolatos felelősséget, valamint az energiaellátás szerződött rendelkezésre állását [1-4]. A döntések lefedik mind az (újra-)befektetés tervezését, mind a karbantartási tevékenységet. A vagyon-menedzser ilyenformán úgy tekinthető, mint egy egyensúlyozó, aki megtalálja a helyes egyensúlyt a műszaki - gazdasági kockázat és a jövedelem között, amelyért felelős (1. ábra).

E döntési mechanizmus folyamatos jellege igényli a kellő időben rendelkezésre álló, korrekt (legjobb) információkat. A vagyon-menedzser csak akkor tud magas szinten teljesíteni, ha az információk, amelyre a döntéseit alapozza, megfelelő minőségűek. Alapvetően két típusú információ szükséges: az egyik megadja az érintett vagyon teljesítményére, a másik pedig az elfogadható kockázat/rendekezésre állás szintjére vonatkozó információkat. Az utóbbi tisztán a helyi szituáció függvénye. A vagyon teljesítményére vonatkozó referencia-információk viszont megszerezhetők a világméretű „küzdőtérről”. Végül mindezen információkat arra használjuk, hogy a karbantartási stratégiák helyes keverékét alkalmazzuk, hogy ezen a módon a jövedelmet optimalizáljuk.



1. ábra: vagyon-menedzsment prioritások

3. KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK

Mint az összes stratégia, a karbantartási stratégiák is tekinthetők, mint társadalmi környezetük evolúciójának következménye. Az irány helyes megértése, amely felé ez a környezet fejlődik, segíti az áramszolgáltatót, hogy felkészüljön a legvalószínűbb jövőre.

A karbantartás területén három különböző stratégiát ismerhetünk fel: állapotvezérelt, megbízhatóság-orientált és kockázatalapú stratégiát [2, 6]. A karbantartási költség mindig a hibajavító és a megelőző karbantartás költségének összege (2. ábra). A megelőző karbantartást mindig a berendezés állapota vezérli, vagy a feltételezett (idő/számláló alapú) vagy a mért állapot. Ez utóbbira használjuk az "állapotvezérelt karbantartás" (CBM) elnevezést. A szerzők véleménye, hogy ez a típusú karbantartás az ún. "tudás-alapú karbantartás" irányába fejlődik, kifejezve azt, hogy a karbantartási döntések a az állapotértékelés és teljesítményértékelés világméretű tudásbázisán fognak alapulni. A 8. fejezetben ismertetett rendszerek ezt a karbantartási szemléletet támogatják.

A 2. ábrán bemutatott módon, a liberalizációs folyamatok által gerjesztett erők révén a társadalmi környezet három aspektusa változik: a tulajdonviszonyok, a piaci- és a költség-hajtóerő. Mint következmény, a szervezet koordinációs mechanizmusa szintén módosul. Ez utóbbi folyamat helyes megértése segítheti a szervezeti struktúrákra vonatkozó döntéshozatalt a hosszútávú túlélés érdekében. Az ábra szintén bemutatja, hogy a megelőző karbantartás teljes

mennyisége csökkenően van és jelentős részt az állapot- és kockázatalapú megközelítés képvisel.



2. ábra: karbantartási stratégiák

Az eredetileg alkalmazott „állapotalapú karbantartási stratégiának” nincs erős hatása a költségek minimalizálására. A zárt piac (nincs szabad fogyasztói választás) és a szervezet monopóliumjellege a kiadások által vezérelt szemlélethez vezet. A szervezet koordinációs mechanizmusa, mint „mechanikus bürokrácia” írható le; vállalaton belüli megoldás, erős személyi befolyás és magas fokú egységesítés jellemzi. A liberalizációs és privatizációs folyamatok, valamint a (külföldi) fúziós és felvásárlási erők hatására az áramszolgáltatók magasabb fokú hatékonyságra töreksenek. Továbbá a dereguláció a nagy ipari fogyasztókat arra sarkallja, hogy megszerezzék az irányítást a saját hálózatuk fölött. Ezen fogyasztói igényeken alapulva, a termelékenység növelése, az energiaellátás megbízhatósági igényeire történő felkészülés és az állapotvezérelt karbantartás növekvő lehetőségei a vagyon-menedzsmentért felelős szakembereket a „megbízhatóság-alapú karbantartási stratégia” (RCM) alkalmazására ösztönzi. E stratégia célja, hogy megvalósítsa a megegyezés szerinti vagy szerződött rendelkezésre állás/megbízhatóság szintjét, vagy az ipari hálózattulajdonos vagy a társadalom (szabályozott) elfogadott elvárásainak megfelelően. A nyílt piac és a privatizációs erők nemcsak befolyásolják a kiadásokat, de költség-minimalizáláshoz is vezetnek. A koordinációs mechanizmus itt részben szakmai bürokrácia, amely magában foglalja a vagyon-menedzsment funkciót és néhány nagyobb specialista csoportot, mint pl. a műszaki osztály. E helyzetben az áramszolgáltató más szervezetei még „mechanikus bürokráciának” tekinthetők.

Amíg a megbízhatóság-alapú karbantartási stratégia nem veszi figyelembe az olyan költségelemeket, mint a büntető (áramszünet esetén) vagy a lekötöttségi költségek (rendelkezésre nem állás esetén), addig a „kockázat-alapú karbantartási stratégia” (RBM) számol velük. A stratégia megkísérli az optimális

nyereség/veszteség szint megtalálását. Bár a stratégia főleg a gazdasági elemekre fókuszál, és a jövedelem maximalizálására törekszik, a vagyon állapotának (teljesítményének) ismerete feltétlenül szükséges az optimális döntéshez. A döntési folyamat komplexitása miatt lényeges a 8. fejezetben leírt támogató eszközök használata. Szintén szükséges a 9. fejezetben leírt szemlélet szerinti maximális ismeret a vagyon teljesítményéről.

A szervezeti struktúra mechanikus és szakmai bürokrácia kombinációjává, illetve „ad-hocráciává” fejlődik. Az első lefedi a nagy „standard” (nem ritkán kihelyezett) tevékenységeket, a második viszi az üzletmenetet (a vagyon-menedzser és a hálózatirányító), a harmadik lefedi a kis létszámú specialista csoportokat, amelyek üzleti kapcsolatrendszer alakítanak ki azzal a céllal, hogy támogassák a döntéshozatali folyamatot és különleges szolgáltatásokat nyújtsanak. Az alkalmazott szolgáltatások egyre növekvő mértékben fognak a saját vagy „vásárolt” (kihelyezés) döntéseken alapulni.

A karbantartási stratégiák evolúciójának áttekintése megmutatja, hogy a karbantartási döntések növekvő mértékben nyugszanak a vagyon állapotáról vagy múltbeli teljesítményéről meglévő ismeretekre és az energiaellátás bizonytalanságának lokálisan megegyezett elfogadható szintjén. Míg az utóbbi alapvetően tárgyalások és a regulátor elvárásainak a függvénye, az első levezethető mérésekből, amelyek összehasonlíthatók egy általános állapot-adatbázissal. Következésképpen egyre tisztábbá válik, hogy egy magasabb szintű, nem szabályozott üzletmenet rákényszeríti a vagyon-menedzsert, hogy döntéseit a kockázat és a jövőbeli teljesítőképesség egyensúlyára alapozza, a szervezetet pedig a szakmai bürokrácia és ad-hocrácia koordinációs mechanizmusa felé tereli.

4. KOCKÁZAT/TELJESÍTMÉNY MENEDZSMENT

A vagyon-menedzser alapvetően a műszaki, stratégiai és gazdasági feltételeket veszi számításba. A legtöbb esetben a karbantartás típusainak egy keverékét fogja választani, amely választást befolyásolja a meghibásodások valószínűsége, igen nagy súllyal figyelembe véve a gazdasági következményeket, valamint a (társadalmi) környezeti hatások elfogadhatóságát.

A kockázat-menedzsment leírható, mint az elfogadható nyereség/veszteség szint beállítása. Másképpen: az optimális egyensúly megtalálása a lehetséges legkisebb költség - legnagyobb forgalom és a (rendelkezésre állás hiánya miatti) büntető és/vagy lekötöttségi költségek között.

A teljesítmény-menedzsment az alkalmazott („haszon/fájdalom”) arányt hivatott befolyásolni a vagyon állapotának (auditálható) vezérlésén keresztül. E komplex döntéshozatali folyamat támogatására különböző eszközök kerültek kifejlesztésre. Néhányuk

tisztán a különböző stratégiák gazdasági következményein alapul. Mások (ld. 3. ábra) a gazdasági következmények és a vagyon teljesítőképességének szintje közötti egyensúlyra építenek, a következő fejezetben leírt módon. A vagyon teljesítőképessége a 6. fejezet tárgya.



3. ábra: kockázat-alapú karbantartás

5. A KOCKÁZAT MEGÍTÉLÉSE

Egy teljes körű kockázat-értékelés lefedi egy kiesésnek mind a gazdasági, mind a stratégiai következményeit. Gazdasági szempontból az áramszünetekkel járó büntető, valamint a tervezett korlátozásokkal kapcsolatos költségeket kell figyelembe venni. Az utóbbit egy fejlett kiesés-menedzsment folyamat vezérli, amelyben a karbantartási folyamatok áramkörök szerint valósulnak meg.

A kockázat-értékelés egy komplex terület, amely befolyásolhatja még az érintett hálózatrészre választott tartalékolást is. A stratégiai kockázatkezelés magában foglalja a tartalékkalkatrész-politikát, a biztonsági elvárásokat, a környezeti következményeket és az áramszolgáltatóról kialakult képet (image). Egy negatív kép a fogyasztókat egy másik szolgáltatóhoz terelhetik. Ez ugyan nincs befolyással az infrastruktúráért felelős részleg eredményeire, de komoly negatív hatással bír az energiakereskedelem vonatkozásában. A 8.3. fejezetben leírt rendszerek e komplex terület döntéshozatali folyamatait segítik.

6. TELJESÍTMÉNYÉRTÉKELÉS

A kockázatalapú karbantartás optimális alkalmazása az elvárt rendelkezésre állási legkisebb lehetséges költségű megvalósítását eredményezi. E cél elérésének alapját az objektív teljesítményadatokat figyelembe vevő karbantartás és minőség alapú (újra-)befektetési döntések képezik.

Az állapot mérése által vezérelt megelőző karbantartási folyamat hivatott elősegíteni:

a vagyon magas rendelkezésre állási szintjét:

- kevés nem tervezett kiesés
- kevés tervezett kiesés
- rövid idejű tervezett kiesés

nagyfokú rugalmasságot:

- a tervezett kiesések gyors változtathatósága
- a már elindított karbantartási tevékenységek megszakításához szükséges idő rövidege, beleértve a visszacsatolási időt.

alacsony költség szintet az alábbiak révén:

- kevesebb ember-óra szükséglet
- irányított megelőző karbantartás
- karbantartás okozta meghibásodások csökkenése [3]
- az (újra-)befektetések elhalasztása

Ez a típusú karbantartás a környezeti hatásokat is kézben tartja a tipikus meghibásodások hatásainak ismerete révén. A támogató adatrendszerek egy auditálható és objektív teljesítményjelzést és dokumentációt nyújtanak.

Íly módon az állapotvezérelt karbantartási folyamat maximálisan támogatja a teljesítmény-értékelést. A 8.3. fejezetben leírt rendszerek az adott szintű („címkézt”) állapotokhoz rendelik az aktuális vagyon-teljesítményt. Az állapot objektív mérésére szolgáló lehetőségeket a 8.1. és a 9. fejezetben részletezzük.

7. SZERVEZETI KÉRDÉSEK



4. ábra: ISO 9002 minősítésű karbantartás

Környezetének kihívásaira felelve a NUON InfraCore egy független, az állapotvezérelt karbantartásra alapozott vagyon-menedzsment szolgáltatásokat és karbantartási konzultációt nyújtó szervezetté fejlődött. A szükséges alapkutatót a Delfti Műszaki Egyetemmel együttműködve végzi. Az intézet kutatási kapacitását felhasználó, független meghibásodás-analízis által nyert objektív információ lényeges eleme a szolgáltatásnak.

ISO9002 minősítésű tudásfolyamat (4. ábra) került bevezetésre. A tudásalapú karbantartási szemlélet alkalmazásához a meghibásodási mechanizmusok elmélyült kutatását végeztük el és regisztráltuk berendezés-típusonként abból a célból, hogy kifejlesszük a megfelelő diagnosztikai módszereket és a szakértői szabályokat [2]. Ennek a munkának az eredménye került beépítésre az 'i-Core' szakértői rendszerbe (8.1. fejezet), amely grafikus adatokat és határértékeket is tartalmaz.

Emellett egy "Inspektor" modul (8.2. fejezet) is kialakítottunk, amely segíti a szerelőt CBM munkája során, garantálja a végrehajtás teljes folyamatát és a helyes információk áramlását az i-Core rendszerbe.

Az i-Core rendszer révén elkezdődött egy tudásplatform kialakítása (9. fejezet) is. A végső cél: optimalizálni a szakértői kritériumokat a vagyoni teljesítményére tekintettel, és a rendszert továbbfejleszteni a tudásalapú karbantartás koncepciójának irányába.

8. TÁMOGATÓ ESZKÖZÖK

8.1 AZ i-Core TUDÁSRENDSZER

Egy nagy- vagy középfeszültségű berendezés állapotának korszerű diagnosztikával történő meghatározásához a kiértékelés elvégezhető a különböző igénybevételek mellett nyert és a múltbeli vizsgálati eredmények összehasonlításával (trendanalízis), vagy hasonló berendezéseken nyert korábbi mérések összevetésével (statisztikai eltéréselemzés).

Adatbázis szükséges az adatok tárolására, de arra is, hogy összefüggést találjunk az idevágó tudásszabályok és a kinyert bonyolult információk között, és hogy igazolhassuk a mért mennyiségek értelmezésekor levont következtetéseinket, valamint karbantartási javaslatainkat [5, 6].

Az i-Core tudásrendszer egy adatbázist tartalmaz az állapotadatok tárolására: mérési és elemzésből nyert (származtatott) adatok, összekapcsolva a mért berendezés adataival. Az adatbázis lefedi:

- a mérési módszerek sokféleségét valamennyi típusú berendezésre;
- különleges grafikus szerkesztő eszközöket a különböző típusú berendezésekhez;
- a mérések hierarchiáját a berendezésekre és azok elemire vonatkozóan;
- az adatok folyamatosságát a berendezések módosítása vagy cseréje esetén is.

Ezen igényekre való felkészülés céljából egy általános célú, teljes egészében objektumorientált adatbázisrendszert fejlesztettünk ki. A felhasználó definiálhatja a mérések típusait, mennyiségeit, megjelenítését és elemzését.

Egy specifikus rész került kialakításra, amelyben megadhatók a berendezések, mint pl. az állomások vagy kábelszakaszok. A felhasználó által definiálható mérési típusok számos, a berendezésekhez rendelt mennyiséget tartalmazhatnak. Ezen mennyiségek különböző típusúak lehetnek. Jelenleg egy-, két- vagy háromdimenziós listákból választhatunk, és szöveges adatokat is megadhatunk. A jövőben a rendszer fogadni tud majd további típusú adatokat is (pl. képek).



5. ábra: az i-Core tudásrendszer

Az i-Core tudásrendszer (5. ábra) ismereteket állít elő és tárol. A méréstípusok, berendezéstípusok, mennyiségek minden kombinációja egyedi érvényességi szabállyal rendelkezik. Az adatok analízise alatt ezek a szabályok jelzik a szokatlan értékeket. A jövőben az ismeretek tárolása kiegészítődik az értelmezési szabályokkal, automatikus riasztással és automatikus jegyzőkönyvelőállító lehetőségekkel.

8.2 AZ INSPEKTOR MODUL

Míg az i-Core rendszer az adatok tárolására és elemzésére szolgál, addig az Inspektor modul (6. ábra) a karbantartási folyamat ISO-vezérelt támogatását végzi. A rendszer lehetővé teszi az állapotvezérelt karbantartási koncepció teljes rögzítését, és végigvezeti a szakembert a teljes folyamaton. A szakembert segítik még a sugó képernyők (amelyek leírják az adott tevékenységeket) és a szabványosított űrlapok (amelyek megadják az idevágó határértékeket és előírásokat). Amint felmerül az oka egy előírás adaptálásának, a rendszer frissítésre kerül, és közvetlenül kommunikál az i-Core adatbázissal.

ISO láncú állapotvezérelt karbantartás bevezetése



6. ábra: Az inspektor modul

8.3 VEFONET DÖNTÉSELŐKÉSZÍTŐ ESZKÖZ

A VefoNet szoftverben számos döntés-előkészítő modell került kifejlesztésre és megvalósításra, amelyek megkönnyítik a vagyon-menedzser munkáját [7].

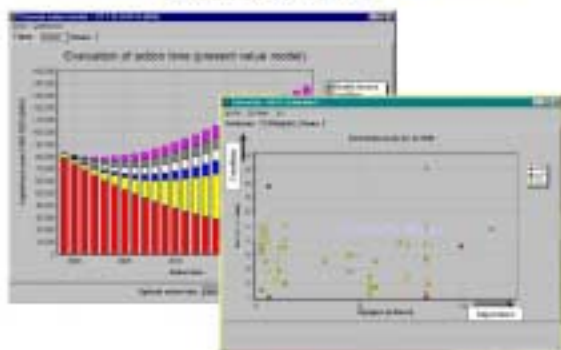
A döntés-előkészítő modellek felhasználják a vagyontra vonatkozó tárolt adatokat és számos döntési segédeszközt (grafikonok, táblázatok, stb.) kínálnak számításokra és előre meghatározott kiértékelési módokra alapozva.

Ez a vagyonmenedzser számára egy könnyen használható, szisztematikus szemléletet nyújt, amelyben nagyszámú berendezés értékelhető kényelmes és költséghatékony módon.

Az VefoNet modelljei különböző problémákra orientáltak, pl.:

- Mikor kell kicserélni a berendezést (élettartam tanács)?
- Mennyire kritikus a berendezés állapota és milyen prioritásokat használjuk a karbantartáshoz?
- A berendezés cseréje vagy karbantartása (választás az alternatívák közül)?
- Melyek a különböző karbantartási stratégiák műszaki-gazdasági következményei?

Jelenérték és karbantartás-prioritási modell a döntéselőkészítésben



7. ábra: élettartam/karbantartás-prioritási modellek a VefoNet döntéselőkészítő eszközben

A 7. ábra két alkalmazott modellt mutat be: a nettó jelenérték modellt és a karbantartás-prioritási modellt.

A nettó jelenérték modellt a vagyonmenedzser számára a csere műszaki/gazdasági szempontból optimális időpontját kapitalizációs szemlélettel határozza meg. Részletes leírás e szemléletről a [7] irodalomban található.

A karbantartás-prioritási modellt a karbantartási tevékenységek és cserék prioritásainak felállítására szolgál. A modell a legkritikusabb berendezésekhez rendel a kockázat és teljesítmény által meghatározott prioritást.

9. TUDÁSPLATFORM

Abból a célból, hogy optimálisan kihasználhassuk az adatbankokban tárolt ismereteket egy **tudásplatform** került felállításra közösen a Delfti Egyetemmel. Ez az az alábbiak kombinációját gyűjti egybe:

- a tudományos kutatási kapacitást a villamos degradációs folyamatok és a szakértői rendszerek fejlesztése területén, valamint a közép- és nagyfeszültségű diagnosztikát, mint az egyetemen rendelkezésre álló lehetőségeket
- a gyártók specifikus konstrukciós és tervezési tudását
- a vagyonmenedzsmint szakértő cégek széles ismereteit az állapotvezérelt karbantartás területén.

Szintén törekszünk az együttműködésre a gyártókkal, ha ennek potenciális előnyei lehetnek a specifikus ismeretek vagy a végrehajtó személyzet jobb kihasználása révén (mind a szerelői, mind a mérnöki területen).

A platform nyitott más résztvevők számára is.



8. ábra: (nemzetközi) tudásplatform

A cél egy nemzetközi platform, amelynek alapján egy szélesebb szakértői tudás jön létre és még hatékonyabb döntés-előkészítés valósítható meg a vagyonmenedzserek számára. A 8. ábra bemutat egy ilyen

platformot. A végső cél: egy adatbázisban egyesíteni minden gyakorlati, tervezési, tudományos know-how-t és mérési eredményt a 8. fejezetben leírt módon, ilyenformán előállítva egy független tudás-platformot a közép- és nagyfeszültségű berendezésekre.

A platform szakértői tudása rendelkezésre áll a partnerek számára, és tartalmazza az anonim adatokat a teljesítményről, az ismert eltérésekről és a szabványosított határértékeket, mint a szakértői szabályok hivatkozási alapját (referenciáját). A rendszer tájékoztatja a vagyonszerezőt a vagyonszerzés aktuális minőségi paramétereiről, a végrehajtandó karbantartási tevékenységekről, és támogatja a vagyonszerzés beszámolási tevékenységét.

Az adatbázisban tárolt adatokat a döntés-előkészítő rendszerhez használjuk, amely lefedi a kockázatalapú karbantartási filozófiát, ahogy az előző fejezetekben leírtuk.

10. KÖVETKEZTETÉS

Az optimális „haszon/fájdalom” szint beállításáért felelős vagyonszerzés funkciók (realizálni öhajtván az elvárt jövedelmet), az állapot-alapú stratégia felől egyre inkább egy kockázatalapú stratégia felé fejlődnek a növekvő verseny okozta költségsökkentési kényszer miatt. A vagyonszerzés támogatására a döntéshozatali folyamatban fontos a vagyonszerzés teljesítményének és az elfogadható kockázat szintjének megbízható ismerete. A vagyonszerzés teljesítményének jelzése az állapot/tudásalapú karbantartás alkalmazása révén történik, amely valóban optimális eredményt akkor fog adni, ha az adatbázis alapja világméretű lesz.

Ennek elérésére kezdeményezések történtek egy tudásplatform elindítására a leírt támogató eszközök alapján. Minden platform-résztevő profitálhat a folyamatosan növekvő ismeretekből. Továbbá e

rendszerek folyamatos betekintést adnak a kockázat/teljesítmény arányok alakulásába.

Szervezeti szempontból az áramszolgáltatók koordinációs mechanizmusa a mechanikus bürokrácia felől a szakmai bürokrácia és ad-hocrácia keveréke felé fejlődnek. Az utóbbi csoport; a specialista szolgáltatás-szállítók akkor tudják a legjobbat nyújtani, ha egy nemzetközi méretű hálózaton működnek együtt.

11. IRODALOM

- [1] D. Kopejtkova, H.P. Ott, H. Röhsler, F. Salamanca, J.J. Smit, A. Strnad, P. Wester, Strategy for condition-based maintenance and updating of substations, (36th Cigré Session, Paris 1996, paper 23-105)
- [2] K. Ackerman, J.J. Smit, Asset Management: a new tool to manage the future, 11th CEPSI, Kuala Lumpur, 21-25 October 1996
- [3] R.D. Damstra, E.R.S. Groot, P. Wester, C.M. Ackerman, H.E. Dijk, J.J. Smit, The impact of a condition based maintenance strategy on network system operations, CIGRE Symposium London 1999.
- [4] CIGRE JWG 23/39, Maintenance Outsourcing Guidelines, Brochure CIGRE (2002)
- [5] J.J. Smit, J.A.W. de Croon, E.R.S. Groot, Y.F. Fu, E. Gulski, W.R. Rutgers, H.F.A. Verhaart and P.Wester, Decision making experience with maintenance diagnosis of high voltage equipment, 37th Cigré session, Paris 1998, paper 15-105.
- [6] G.J. Anders, J. Endrenyi, C. Yung, Risk-based planner for asset management, IEEE Computer Applications in Power, October 2001, Vol. 14(4), pp. 20-26[7] J. Oestergaard, A. Norsk Jensen, “Can we delay the replacement of this component? – An asset management approach to the question, Cired 2001.

Development of Asset Management Services

Ph.Wester*), NUON InfraCore, J.J.Smit, the Delft University of Technology, The Netherlands,
J.J. Oestergaard, DEFU, Denmark, J.Corbett, ESBI, Ireland

1. ABSTRACT

Liberalisation processes are forcing utilities to re-engineer the maintenance strategy and to adapt their organisational structures accordingly. Nowadays, characterically, asset management functions and service provider are distinguished as separate departments. Maintenance strategies evolve from status related into the direction of risk based maintenance.

This paper is aiming to indicate the driving forces behind these changes and to describe the specific differences between the maintenance strategies involved. Finally it will be described which decision support systems are needed by the present asset management functions to assess the asset performance.

An approach to anticipate on these needs via the development of a specific asset management service organization is described as well as a possibility to further optimise the asset performance information via the co-operation in a knowledge platform..

2. INTRODUCTION

The basic asset management function can be described as a continuous decision making process regarding activities to be executed in the asset network involved. The decisions should lead to a maximum revenue taking into account responsibilities regarding personnel and environmental safety and agreed availability of energy supply [1-4]. The decisions cover both (re-) investment planning and maintenance activities. The asset manager can thus be looked upon as an equilibrist finding the right balance between the technical and economical risks involved versus the revenue, for which he is responsible (figure 1).

The continuous character of this decision process necessitates the right (best) information at the right time. The asset manager can only perform at top level if the information, upon which he bases his decisions are



figure 1: asset management priorities

of corresponding quality. Basically two types of information are necessary: one giving the performance information about the asset(s) involved and one regarding the acceptable risk/availability level. However the latter is purely dependent on the local situation. The asset performance reference information, on the contrary, can be derived from the world 'arena'. Finally all this information is used to apply the right mix of maintenance strategies in that way obtaining the optimal revenue the asset manager must generate.

3. MAINTENANCE STRATEGIES

As all strategies, maintenance strategies can be looked upon as a consequence of the evolution of their social environment. A correct understanding of the direction, in which this environment evolves, helps the utility to anticipate on the most probable future.

In the field of maintenance we recognise three different maintenance strategies: status related, reliability centred and risk based [2, 6]. The total amount of maintenance costs always is the sum of corrective and preventive maintenance (figure 2). Preventive maintenance, on its turn, is always directed by the status of the equipment, either assumed (time/counter based) or measured. In this latter case the term “condition based maintenance” (CBM) is used. It is the authors’ opinion that this type of maintenance will evolve into “knowledge based maintenance”, expressing that maintenance decisions will be based on a world spread knowledge of condition assessment and performance interpretation. Systems as described in chapter 8 will support this type of maintenance approach.

As shown in figure 2, three aspects change in the social environment due to the forces excited by utilities’ liberalization processes: ownership, market and cost driver. As a consequence the co-ordination mechanism of the organization evolves as well. A well understanding of this last process can support decisions regarding organizational structures with the aim to survive on the long term. The figure also shows that the total amount of preventive maintenance is decreasing and to an extensive amount controlled by condition and risk assessments.

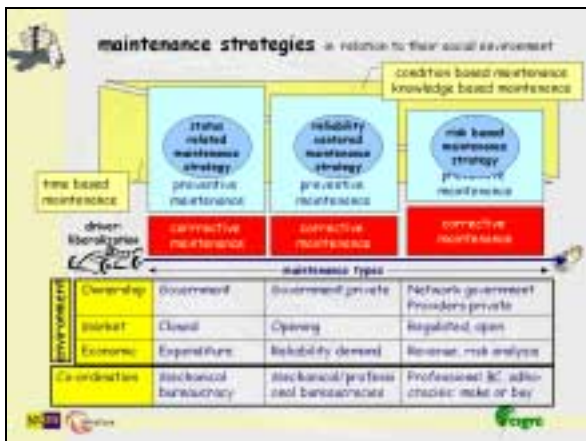


figure 2: maintenance strategies

The originally applied “status based maintenance strategy” didn’t have a very strong drive to minimize costs. The closed market (no free customers choice) and the monopoly type of organization led to an expenditure controlled process. Co-ordination mechanism of the organization can be described as “mechanical bureaucracy”, in-company approach with a strong staff influence and a high degree of standardization.

Liberalization and privatisation processes as well as (foreign) mergers and acquisitions forces the utility to strive for a higher degree of efficiency. Moreover, deregulation stimulated large industrial customers to gain control over their own network. Based on these customer demands, the drive to increase productivity, to anticipate on the request for reliability in energy supply and given the growing possibilities generated by condition based maintenance, the asset managers stimulate the application of a “reliability centred maintenance strategy” (RCM) approach. This strategy aims at the realisation of the agreed or contracted availability/reliability level, either by the industrial grid owner or according to social (regulated) accepted standards. The opening market and the privatisation force not only to control the expenditures but also drives to cost minimization in relation to the reliability level involved. The co-ordination mechanism changed partly into a professional bureaucracy, which describes the asset management function and some of the larger specialists groups like the engineering department. The other parts of the utility can still be looked upon as mechanical bureaucracies in this situation.

Where the reliability centred maintenance strategy does not take into account cost elements like penalty costs (due to energy interruption) or constraint costs (due to non availability of a circuit) the “risk based maintenance strategy” (RBM) does. The strategy can be characterised as an attempt to find the accepted “gain” versus “pain” level. Although the strategy is mainly focused on economic elements and aims at maximization of revenue, information about asset condition (performance) is necessary for an optimal decision. Due to the complex decision processes support tools as described in chapter 8 are essential. Moreover maximal knowledge about asset performance based on approaches as described in chapter 9 are necessary.

The organizational structure evolves into a combination of mechanical, professional bureaucracies and adhocracies. The first covering the large “standard” activities (not seldom outsourced), the second managing the business (the asset manager and his operational network manager) and the third covering small specialist groups forming a business network with the aim to support the decision making processes and provide special services. The applied services will be based to a growing extent on make or buy decisions (outsourcing).

An overview of the evolution in maintenance strategies learns that maintenance decisions are increasingly controlled by knowledge about the condition or past performance of the asset and the locally agreed acceptable degree of uncertainty in energy supply. Where the latter performance is basically dependent on the negotiations or regulator requirements, the first can be derived from carried-out measurements, which are compared (or benchmarked) to a general condition pattern forecast. Consequently it becomes more and

more clear that a higher degree of non regulated business forces the asset manager to base his decisions on a balance between risk and future performance assessment and drives the organization into the coordination mechanism of professional bureaucracies and adhocracies.

4. RISK/PERFORMANCE MANAGEMENT

Basically the asset manager judges the combination of technical, strategic and economical condition. In most cases he will choose for a mix of the different maintenance types being guided by the chance of failure, multiplied by the economical consequences and the acceptability of the (social) environmental consequences.

Risk management can be described as setting the acceptable “gain” versus “pain” level. Finding the optimal balance between the lowest cost and highest turn over possible versus the possibility of being confronted with penalty (due to lack of availability) and/or constraint costs.

Performance management is meant to manage the adopted gain/pain ratio via the (auditable) control of the asset condition

In order to support this complex decision making process different tools are developed. Some of them are based on purely economic consequences of the different applied strategies. Others, as shown in figure 3, are based on the balance between economical consequences and the asset performance level as described in the next chapter. The asset performance is subject of an approach and supporting tool as described in chapter 6

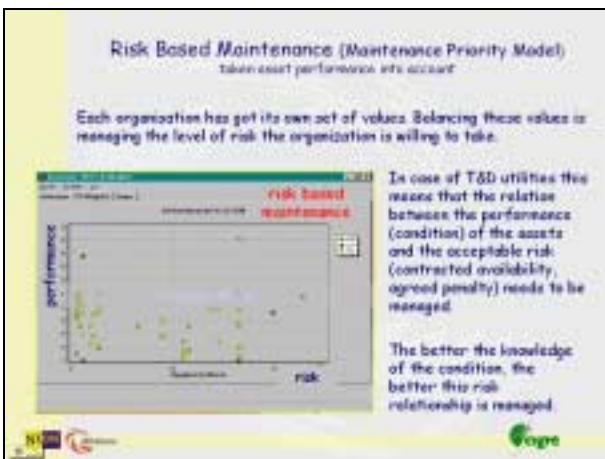


figure 3: risk based maintenance

5. RISK ASSESSMENT

A complete risk assessment covers both economical and strategic consequences of an outage. In economical sense penalties of energy interruptions as well as costs for (non) planned availability restrictions of circuits are taken into account. The latter is strongly influenced by a

mature outage management process in which maintenance activities are executed ‘circuit related’. Penalties related to interruption in energy supply cover both penalties to captive customers (set by the regulator) as (negotiated) penalties to large industries.

Risk assessment is a complex field that even can influence the chosen redundancy in the network part involved. Strategic risks also cover items like spare parts strategy, safety requirements, environmental consequences and imago of the utility. A negative image can force customers to change their energy supplier. Although this wouldn’t effect the results of the infrastructure division it has a negative effect on the results of the energy trading divisions. Systems like described in chapter 8.3 support the decision making process of this complex field.

6. PERFORMANCE ASSESSMENT

An optimal management of risk based maintenance results in the realisation of the demanded availability at the lowest cost possible. Directed maintenance and quality based re-investment decisions based on objective performance data are forms the basis for reaching this goal.

The control of the preventive maintenance process by condition measurements nowadays is regarded world wide to support:

a high availability of assets by:

- low number of unplanned outages
- low number of planned outages
- short duration of planned outages

a

high degree of flexibility by:

- possibility of changing planned outages quickly
- the speed at which already started maintenance actions can be interrupted incl. the time needed for putting the circuit back in service.

low costs due to:

- less man-hours involved
- directed preventive maintenance
- decrease in maintenance induced failures [3]
- postponements of re-investments

Moreover environmental consequences are controlled because this type of maintenance is based on failure mode effect judgement. The supporting data systems give an auditable and objective performance indication and documentation, both of relevance to safety items , in liability situations or to discuss specific items regarding cost/quality ratios with the regulators.

Performance assessment is thus maximally supported by the process of condition based maintenance. Based on the “tagged” condition levels the actual asset performance is implemented in systems as described in chapter 8.3. Possibilities to objectively “benchmark” the condition are described in chapter 8.1 and 9.

7. ORGANISATIONAL ASPECTS

Following the adopted co-ordination mechanism NUON InfraCore evolved into the direction of an independent specialist asset management service provider of condition based maintenance and maintenance consultancy. To support the necessary development in the field of fundamental research, co-operation with the Delft University of Technology was established. Objective information, based on an independent failure mode investigation, forms an essential part for a demonstrable performance indication and is supported by the research capacity of this institute.

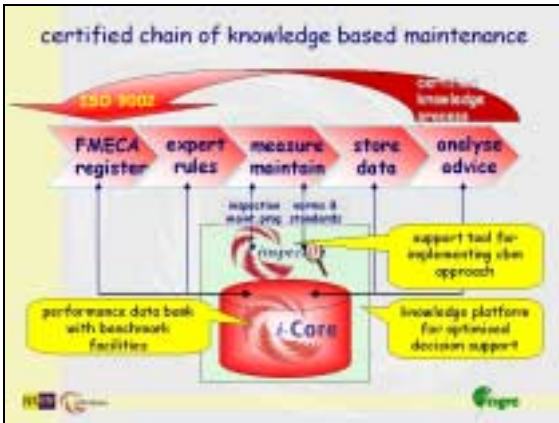


figure 4: ISO 9002 certified maintenance

An ISO9002 certificated knowledge process as shown in figure 4 was implemented. For the application of the knowledge based maintenance approach an in-depth research of the failure mechanisms was carried out and registered per component-type in order to develop diagnostic methods and expert rules [2]. This expertise was translated into a knowledge expert system ‘i-Core’ (chapter 8.1) which includes graphical data and allowance criteria.

Besides an “inspector” module (chapter 8.2) was created which supports the mechanic during his CBM operation, guarantees a complete expiration of the executing process and a correct and complete information flow to the i-Core system.

Based on the i-Core system initiatives were taken to start a knowledge platform as described in chapter 9. The ultimate goal: optimising expert criteria with regard to asset performance, growing into the direction of the concept of knowledge based maintenance.

8. THE SUPPORTING TOOLS

8.1 THE i-Core KNOWLEDGE SYSTEM

To assess the condition of a high- or medium voltage component based on advanced diagnostics, the evaluation can be performed by comparing results of

tests performed at different stresses, comparison of values to those obtained in the past (trend analysis) or comparison of values to those obtained once for a similar component (statistical deviation).

A database is necessary for data-storage, finding correlation between relevant knowledge rules and extracting complicated information, necessary to substantiate conclusions about interpretation of measured information and related recommendations about maintenance [5, 6].

The i-Core knowledge system consist of a database-system for storage of condition data: measurement data and data obtained by analysis (derived data), linked to object data. The data-base covers

- a diversity of measurement techniques for each different type of object.
- special graphical edit tools for the different types of objects.
- a hierarchy of measurements covering both the objects as parts of it.
- continuity of data when modifying or replacing objects in the field.

To anticipate on these demands, a ‘generic’ database-system with a ‘specific’ interface was developed, in which a total object-oriented approach is used throughout the whole database-system. The database-system is generic in its user definable measurement types, quantities, data-representation and analysis.

The specific part is formed by the tools to specify and view the objects, such as substations and cable-sections. The user-definable measurement types consist of a number of quantities that belong to the objects. These quantities can be of different types. At this moment one, two and three dimensional numeric, multiple-choice lists and text are implemented. In the future, the system will be extended with other quantity types such as pictures.

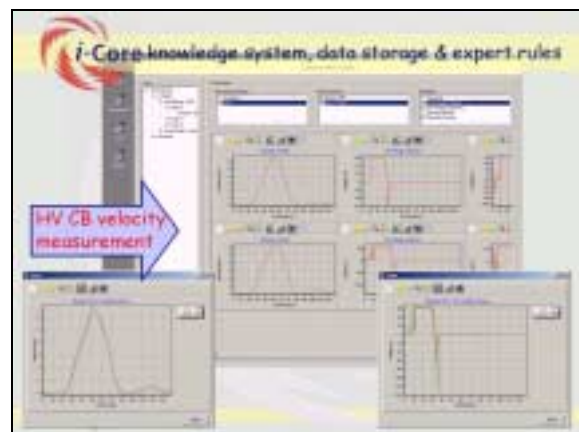


figure 5: the i-Core knowledge system

The i-Core knowledge system as shown in figure 5 generates and stores knowledge in the field of, continuous renewable, norms. Each combination of measurement type, component type and quantity has it's

own unique norm. During the analysis of the data these norms are used for signalling of unusual values. In the future, the storage of knowledge will be extended with knowledge rules, automatic alert generation and automatic report generating features.

8.2 THE INSPECTOR MODULE

Where the *i-Core* system is meant to store and analyse performance data, the inspector module (figure 6) is meant to support an ISO controlled expiration of the maintenance process. The system contains a complete registration of the condition based maintenance concept and leads the technician through the whole process. Furthermore the technician is supported with help screens, which describe the activities involved and with standard forms which give relevant information about criteria and norms. The system is continuously updated as soon as there is reason for an adaptation of a norm and communicates directly with the *i-Core* database.



figure 6: inspector module

8.3 VEFONET DECISION SUPPORT TOOL

To provide the asset manager with comprehensive tools for decision support regarding maintenance and replacement a number of decision support models have been developed and implemented in a software tool VefoNet [7].

The decision support models utilise the stored asset data and present to the asset manager a number of decision indicators (graphs, tables etc.) based on calculations and defined assessments. This provides the asset manager with an easy-to-use systematic approach in which a large number of components can be assessed in a convenient and cost-effective way.

The models in the tool address different problems e.g.:

- When to replace the asset (life cycle advice)?
- How critical are the asset and how to prioritise the maintenance?

- Replacement or maintenance of the asset (choose between alternatives)?
- What are the economic and technical consequences of different maintenance strategies?

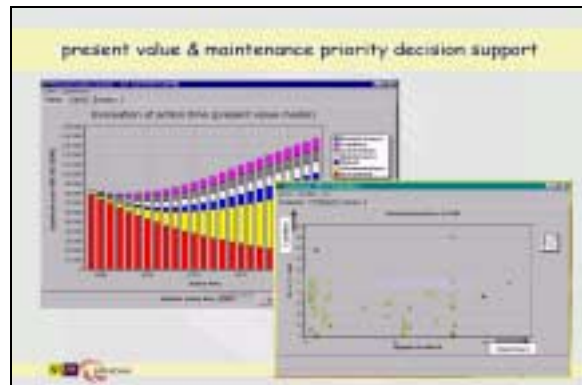


figure 7: life cycle/maintenance priority models in the VefoNet decision support tool

Figure 7 shows the output from two of the implemented models: the net present value model and the maintenance priority model.

The net present value model provides the asset manager with an assessment of the technical/economical optimal time for a replacement based on a capitalisation approach. A detailed description of the approach can be found in [7].

The maintenance priority model is used for prioritising maintenance and replacement activities. The model suggests priority to the most critical assets defined by risk and performance.

9. KNOWLEDGE PLATFORM

In order to optimise the knowledge as stored in the data bank a **knowledge platform** was erected together with the Delft University. This co-operation aims at a combination of:

- the scientific research capacity in the field of electrical degradation processes and development of expert systems and M.V.-H.V. diagnostics as available in the university
- the specific construction and design knowledge of manufacturers
- the asset management service providers broad expertise in the field of condition based maintenance.

The co-operation also intends to co-operate in the field of maintenance execution for medium- and high voltage equipment by joining facilities and labour forces with manufacturers in case this has potential advantages due to specific knowledge or lack of executing personnel (both in mechanic as in engineering field).

The platform is open for other participants.

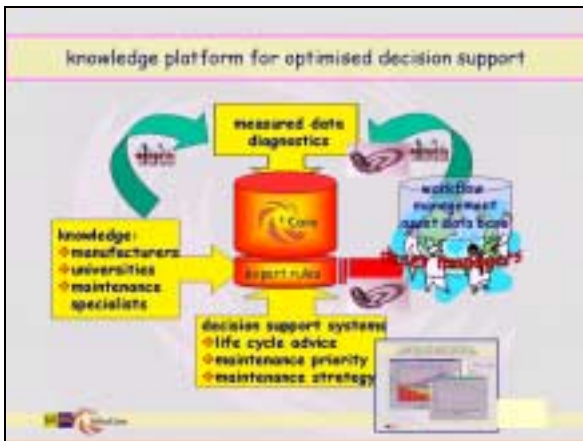


figure 8: (international) knowledge platform

An international platform is aimed for on which' basis a broader expertise is generated and an even better decision support for the asset manager can be realised. Figure 8 shows a model for such a platform. The ultimate goal: combining all practical, design, scientific know-how and measurement results in a data-base as described in chapter 8, thus creating an independent knowledge platform in the field of medium- and high voltage equipment.

The platform's expert knowledge is available for partners and consists of anonymized data performance data, known deviations and standardized criteria as reference for expert rules. The system will basically inform the asset manager about the actual asset quality, about the maintenance actions to be carried out and supports the asset managers' accounting process.

Data as stored in the data base is used for the decision support system that covers the risk based maintenance philosophy as described in the previous chapters.

10. CONCLUSION

Asset management functions responsible for an optimised setting of the gain/pain level, thus realising the required revenue from their resources, are moving from status-based towards a more risk-based strategy due to a changing environment with more competition. The evolution into a risk based maintenance strategy can be regarded as a consequence of this movement and is a reflection of a risk/performance approach. To support the asset manager in his decision making process, this process, experienced knowledge of asset performance and acceptable risk levels is essential.

Asset performance indication is given by the application of condition/knowledge based maintenance which results would be optimal if benchmarked on a world wide scale.

To reach this scale, initiatives were taken to start a knowledge platform based on the described supporting systems. Basically all platform participants can profit from the continuously growing knowledge about asset performance and the related expert criteria. Moreover these systems continuously give insight in the control of the risk/performance ratio at dedicated spots in the asset managers network.

From an organizational point of view utilities' co-ordination mechanisms are evolving from mechanical bureaucracies into a mix of professional bureaucracies and adhocracies. The latter group: the specialists service suppliers for the asset manager, can best perform if they co-operate on an international (network) scale.

11. REFERENCES

- [1] D. Kopejtkova, H.P. Ott, H. Röhsler, F. Salamanca, J.J. Smit, A. Strnad, P. Wester, Strategy for condition-based maintenance and updating of substations, (36th Cigré Session, Paris 1996, paper 23-105)
- [2] K. Ackerman, J.J. Smit, Asset Management: a new tool to manage the future, 11th CEPSI, Kuala Lumpur, 21-25 October 1996
- [3] R.D. Damstra, E.R.S. Groot, P. Wester, C.M. Ackerman, H.E. Dijk, J.J. Smit, The impact of a condition based maintenance strategy on network system operations, CIGRE Symposium London 1999.
- [4] CIGRE JWG 23/39, Maintenance Outsourcing Guidelines, Brochure CIGRE (2002)
- [5] J.J. Smit, J.A.W. de Croon, E.R.S. Groot, Y.F. Fu, E. Gulski, W.R. Rutgers, H.F.A. Verhaart and P.Wester, Decision making experience with maintenance diagnosis of high voltage equipment, 37th Cigré session, Paris 1998, paper 15-105.
- [6] G.J. Anders, J. Endrenyi, C. Yung, Risk-based planner for asset management, IEEE Computer Applications in Power, October 2001, Vol. 14(4), pp. 20-26[7] J. Oestergaard, A. Norsk Jensen, "Can we delay the replacement of this component? – An asset management approach to the question, Cired 2001.