

Jakost, spolehlivost a inovace v elektrotechnice

doc. Ing. Josef Šavel, CSc.

Pojednání tematicky souvisí a navazuje na článek *Průmyslové vlastnictví, technická normalizace, metrologie a zkušebnictví v elektrotechnice*, uveřejněný v číslech 1 a 2 ročníku 2011 časopisu *Elektro*. Jakost a spolehlivost jsou ověřovány ve zkušebnictví; inovace znamená nový pokrokový hardwarový nebo softwarový produkt.

1. Jakost

Vzhledem k tomu, že ve světových jazycích se pro jakost používají pojmy jako: *Quality, Qualité, Qualität*, používá se i u nás v praxi také pojem kvalita.

Problematika jakosti má hluboký a široký význam nejen technický, ale i ekonomický a celospolečenský. Budou vysvětleny nejprve některé hlavní pojmy, s nimiž se lze setkat často jak při odborné činnosti, tak i v denní praxi.

Hlavním pojmem je **jakost**. Definice uvedená v normě je poměrně složitá, protože musí postihnout všechny možné případy ve všech souvislostech. Uvedme alespoň, že *jakost je stupeň splnění požadavků vlastnostmi hodnoceného objektu (výrobku, procesu, ...)*; tyto vlastnosti jsou nazývány **znaky jakosti**, jsou hodnoceny z hlediska potřeb zákazníka (spotřebitele, uživatele), jehož požadavky jsou vždy rozhodující. Tyto znaky jakosti by měly být vždy kvantifikovatelné, aby je bylo možné objektivně měřit; je tedy snaha je vyjádřit ve veličinách jako je výkon, teplota, síla, hmotnost, rychlost aj.

V mnoha podnicích existuje **systém managementu jakosti**, označovaný anglickou zkratkou QMS; pod tímto názvem funguje systém lidí (zaměstnanců i externistů) a jejich znalostí a dovedností, technických prostředků, metod a nástrojů uspořádaný tak, aby výstupy (výrobky, produkty), které z organizace vycházejí, byly vždy kvalitní, a splňovaly tak všechny požadavky zákazníka.

Pro jakost jsou platné mezinárodní normy ISO řady 9000 *Systémy managementu jakosti*, které jsou systematicky přejímány do norem evropských a národních – v České republice označovaných ČSN EN ISO 9000, 9001, 9002, 9003; tyto normy doporučují, jak systém uspořádat, aby co nejlépe a současně nejefektivněji plnil daný cíl. Protože globalizace překračuje národní hranice, musí být uznávány jednotné mezinárodní normy.

Pro péči o jakost se nevystačí s jednoduchou technickou kontrolou; také nástupci bývalých kontrolorů (*kvalitářů*) musí mít nesrovnatelně hlubší a rozsáhlejší znalosti. Jsou zpravidla členy vrcholového vedení podniku a jsou součástí managementu; jsou tedy nazýváni **manažery jakosti**. Jejich znalosti a dovednosti mohou být ověřovány zkouškami, na jejichž základě mohou obdržet národní, či dokonce evropský certifikát manažera jakosti.

Tak jak neustále rostou požadavky zákazníků na jakost nakupovaných produktů, musí být jakost produkce každého podniku (organizace) neustále zlepšována. Proces neustálého zlepšování jakosti umožňuje podniku udržet krok s požadavky, a především obstát v každodenní konkurenci. Tím si podnik zajišťuje přežití a svým zaměstnancům dává jistoty.

V managementu jakosti se používají mnohé metody a nástroje pocházející z různých vědních oborů. Matematické vědy poskytují mnoho metod, z nichž neznámější je **statistické řízení procesů (SPC)**. Tyto metody umožňují v průběhu výrobního procesu operativně zasahovat již při náznaku odchylek od předepsaného stavu; zpětnou vazbu pro přenos a vyhodnocení informací o stavu procesu umožňují různé druhy regulačních diagramů. Konstrukteři a technologové mohou využívat také některé metody pro zabezpečení požadované jakosti výstupního produktu již ve fázi návrhu, vývoje a konstrukce.

Nejvýznamnějším z nich je analýza **FMEA**; umožňuje analyzovat možnost vzniku vad (poruch) výrobku, vad procesu apod. již ve fázi návrhu, tedy v době, kdy ještě nevznikají žádné škody, nedochází ke zranění a neníčí se životní prostředí. Další užitečnou metodou je počítačová podpora jakosti **CAQ**, vhodný pomocník při zavádění normy ČSN EN ISO 9001:2001 *Systém managementu kvality* do požadavků průmyslových odvětví (např. do automobilového průmyslu).

V rámci ČR existuje mnoho institucí a velký počet akcí zabývajících se problematikou a problémy jakosti (u zahraničních jsou připojeny zkratky, zpravidla z anglických názvů):

- Rada kvality ČR,
- Národní politika kvality ČR,
- Program Česká kvalita,
- Národní program kvality,
- Národní informační středisko podpory kvality,
- Národní cena kvality ČR,
- Sdružení pro oceňování kvality,
- Česká společnost pro jakost (ČSJJ),
- Certifikační orgán CSQ-CERT při ČSJJ,
- České národní certifikační fórum (CNCF),
- Měsíc kvality,
- Evropská organizace kvality (EOQ),
- Evropská nadace pro management kvality (EFQM),

- Evropský týden kvality (EQW),
- Sdružení pro certifikaci systémů jakosti (CQS),
- KLASA – národní značka kvality potravin,
- IQNet – sdružení certifikačních organizací,
- Americká společnost kvality (ASQ),
- komplexní management jakosti – název předmětu vyučovaného na vysokých školách.

Z velkého množství institucí a akcí na úrovni podnikové, státní, evropské a světové vyplývá ohromný význam jakosti (kvality) jak z hledisek technických, tak i ekonomických.

2. Spolehlivost

Vedle jakosti je často požadováno, aby produkt měl také zaručenou spolehlivost, která umožňuje pohotově a dlouhodobě používání produktu bez vícenákladů na přerušení provozu a na nepředpokládané opravy.

Spolehlivost (*Dependability, Sûreté de fonctionnement, Zuverlässigkeit*) znamená souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ovlivňují bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby objektu.

2.1 Obecná charakteristika spolehlivosti

Během druhé světové války byly poprvé hromadně použity elektronické přístroje a zařízení, a to i v klíčových pozicích bojové činnosti. Ukázalo se však, že především elektronické přístroje nejsou dostatečně spolehlivé. Mnoho těchto zařízení nebylo, zejména působením vnějších klimatických a mechanických vlivů, schopné provozu právě v době, kdy jich bylo nejvíce třeba.

Situace se dále ještě vyhroutil v šedesátých letech minulého století, kdy nástup mikroelektronických součástek a obvodů umožnil stavět složitá miniaturní zařízení výpočetní, informační, komunikační a kosmické elektroniky, pracujících často v klimaticky a mechanicky náročných prostředích.

V současné době elektronické přístroje a zařízení pracují v nejdůležitějších úsecích činnosti mnoha technických oborů a podílí se na jejich provozních a hospodářských výsledcích. Na jejich společné činnosti proto závisí stále větší hodnoty a stále rozsáhlejší činnost velkých kolektivů pracovníků. Spolehlivost elektronických přístrojů a zařízení tzv. investičního charakteru je tedy provozním požadavkem číslo jedna a současně i závažným ekonomickým kritériem. Každá,

i nejmenší porucha elektronických řídicích systémů v energetice, každé vysazení elektronické regulace a kontroly v automatizovaných výrobních provozech znamenají velké finanční ztráty a nelze vždy prokázat, že při návrhu, projektu, vývoji i výrobě byla učiněna všechna opatření pro dosažení vysoké úrovně spolehlivosti.

Ve stejné míře tyto úvahy platí pro elektronické a elektrické přístroje spotřebního charakteru vyráběné ve velkých sériích, jako jsou televizní a rozhlasové přijímače, mobilní telefony atd. Technická práce nekončí tím, že přístroj opustí pracoviště výrobce. O jeho udržování se starají organizace opraven, které musí mít vybudovanou síť provozoven a skladů náhradních dílů.

Je tedy zřejmé, že spolehlivost součástek, přístrojů a zařízení je základním technickým a ekonomickým činitelem, který má vliv na efektivní využívání elektrotechniky ve společnosti.

Dlouhou dobu byla spolehlivost pokládána za kvalitativní vlastnost produktu. Podle teoretických prací prověřených výsledky v praxi je spolehlivost kvantitativní vlastnost produktu. Pro zjišťování spolehlivosti neexistují jednoduché metody ani měřicí přístroje; experimentální zjišťování spolehlivosti je nesrovnatelně složitější než měření jiných technických parametrů přístrojů. Mnohé činitele mající vliv na spolehlivost, jako např. otřásání, pády při transportu, vnější vlivy atd., nelze v laboratořích přesně napodobit a kvantitativně podchytit. Zjišťování spolehlivosti ve zkušebnách nebo v provozu trvá velmi dlouho a je časově i finančně náročné. Pro získání dostatečně přesných údajů o spolehlivosti je třeba zkoušet mnoho kusů a dlouhou dobu; mimoto zkoušky vedou k destrukci zkoušených předmětů, čímž jsou zničeny nebo alespoň opotřebeny.

Východiskem je použití metod matematické statistiky. Pro určení kvantitativních měřítek spolehlivosti je vhodným prostředkem teorie pravděpodobnosti, která dovoluje sledovat vztahy mezi velkým počtem náhodných veličin, jež mají na spolehlivost vliv. Statistické metody zkoumání dovolují vybrat maximum užitečných informací z minimálního počtu měření.

V souvislosti s použitím počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky pro řešení a hodnocení spolehlivosti je třeba mít na zřeteli omezení těchto výpočtových prostředků. Z výpočtů lze pouze zjistit, s jakou pravděpodobností nastane ten nebo onen jev. Pro velkou většinu úkolů tento přístup k řešení spolehlivosti postačí.

Problémem spolehlivosti a životnosti v oblasti elektrotechniky se zabývají národní a mezinárodní instituce normalizační, metrologické a zkušební, které vydávají příslušné dokumenty.

Z uvedeného stručného výkladu vyplývá, že jde o problematiku složitou jak z hledis-

Tab. 1. Základní značky a zkratky v oboru spolehlivosti

Zn./zkratka	Vysvětlivka
$\lambda(t)$	okamžitá intenzita poruch; limita poměru podmíněné pravděpodobnosti, existuje-li, že časový okamžik T vzniku poruchy objektu leží v daném časovém intervalu $(t, t + \Delta t)$ k délce časového intervalu Δt , jestliže Δt se blíží nule, za podmínky, že na začátku časového intervalu je objekt v použitelném stavu
$\bar{\lambda}(t_1, t_2)$	střední intenzita poruch; střední hodnota okamžité intenzity poruch v daném časovém intervalu (t_1, t_2)
$\mu(t)$	okamžitá intenzita opravy; limita poměru podmíněné pravděpodobnosti, existuje-li, že zásah údržby po poruše skončí v časovém intervalu $(t, t + \Delta t)$ k délce tohoto časového intervalu Δt , jestliže se Δt blíží nule, za podmínky, že tato operace neskončila do začátku časového intervalu
$\bar{\mu}(t_1, t_2)$	střední intenzita opravy; střední hodnota okamžité intenzity opravy v daném časovém intervalu (t_1, t_2)
A	součinitel asymptotické pohotovosti
$A(t)$	funkce okamžité pohotovosti
\bar{A}	součinitel symptomatické střední pohotovosti
$\bar{A}(t_1, t_2)$	součinitel střední pohotovosti – v časovém intervalu (t_1, t_2)
FMEA	analýza druhů poruchových stavů a jejich důsledků (<i>Fault Modes and Effect Analysis</i>)
FMECA	analýza druhů, důsledků a kritičnosti poruchových stavů (<i>Fault Modes, Effects and Criticality Analysis</i>)
FTA	analýza stromu poruchových stavů (<i>Fault Tree Analysis</i>)
$M(t_1, t_2)$	pravděpodobnost doby aktivní údržby
MADT	střední kumulovaná doba nepoužitelného stavu (<i>Mean Accumulated Down Time</i>)
MAD	střední administrativní zpoždění (<i>Mean Administrative Delay</i>)
MDT	střední doba nepoužitelného stavu (<i>Mean Down Time</i>)
MLD	střední logistické zpoždění (<i>Mean Logistic Delay</i>)
MMH	pracnost údržby (<i>Maintenance Man Hours</i>)
MRT	střední doba opravy (<i>Mean Repair Time</i>)
MTBF	střední doba provozu mezi poruchami (<i>Mean operating Time Between Failures</i>)
MTTF	střední doba do poruchy (<i>Mean Time To Failure</i>)
MTTFF	střední doba do první poruchy (<i>Mean Time To First Failure</i>)
MTTR	střední doba do obnovy (<i>Mean Time To Restoration</i>)
MUT	střední doba použitelného stavu (<i>Mean Up Time</i>)
$R(t, t_2)$	pravděpodobnost bezporuchového provozu
U	součinitel symptomatické nepohotovosti
$U(t)$	funkce okamžité nepohotovosti
\bar{U}	součinitel symptomatické střední nepohotovosti
$\bar{U}(t_1, t_2)$	součinitel střední nepohotovosti
$z(t)$	okamžitý parametr proudu poruch
$\bar{z}(t_1, t_2)$	střední parametr proudu poruch

ka zkušebnictví, tak zpracování a využití výsledků, které jsou založeny na počtu pravděpodobnosti a matematické statistice.

2.2 Základní značky, zkratky a pojmy

Základní značky a zkratky (odvozené z anglických názvů), včetně nejdůležitějších definic, jsou uvedeny v tab. 1. Výklad pojmů použitých k popisu, popř. k definicím základních značek a zkratk, obsahuje tab. 2.

3. Inovace

Pojem a název inovace je původem z latiny, kde předpona *in* je odvozena z předložky *do*, *v* značící změnu (zásadní, úplnou) a *nova* je odvozena z přídavného jména *novus*, *nova*, *novum* vyjadřujícího *novost*, *pokrok*. Jejich spojením vzniká inovace (v angličtině, němčině, francouzštině *Innovation*), označení něčeho *zásadně nového nebo úplné přeměny stávajícího stavu*, např. ve výrobě novinky, nikoliv pouze obměny, obnovy, které jsou vyjadřovány předponou *re-*: *renovace*, *rekonstrukce*, *revize*.

V literatuře o podnikání je v posledních několika letech věnována velká pozornost inovacím. Je to přirozené, neboť podnikání,

které se o inovace neopírá, má malou šanci na úspěch. Při definování podstaty a obsahové náplně pojmu inovace se pojednává i o invenci, intuici a tvořivosti (kreativitě). Důvod je zřejmý, neboť mezi těmito pojmy existuje úzká souvislost. Avšak na obsah uvedených kategorií i na vztahy mezi nimi existují rozdílné názory.

Tvořivost je obecným, průvodním znakem jak invence, tak inovace. Je podmínkou jejich existence a má dominantní vliv na jejich obsahovou náplň i implementaci, avšak z rozdílné stránky. Podstatou tvořivosti je schopnost člověka (subjektu, individua) vytvářet hodnoty. Má dvě na sobě závislé, relativně samostatné stránky: jednak poznávací, gnoseologicky spojenou s existencí rozumové činnosti a se schopností vymýšlet nové názory, ideje, teorie, umělecké, vědecké atd., jednak stránku orientovanou na vytváření hodnot po stránce praktické – implementační (ontologickou).

Invence, jejímž charakteristickým rysem jsou nové nápady, důvtip, myšlenková vynalézavost, je úzce spojena s poznávací stránkou tvořivosti, neboť bez ní by nebyla invencí v pravém smyslu. Postrádala by totiž invenční náboj (novost myšlenek) a mohla by sklouznout k mechanickému opakování zastaráva-

jících názorů. Invence rovněž souvisí s tvořivostí, umožňující invenční podnět při vytváření hodnot v praxi – při inovaci. Smyslem invence je její implementační vyústění v inovaci. Bez této vazby ztrácí na významu a stává se pouhou abstrakcí. Invence tudíž není bez tvořivosti možná, ale ani tvořivost nelze redukovat na invenci, neboť ji přesahuje co do rozsahu, podstaty i funkce.

Dění ve světě bylo koncem 20. století a je i na počátku 21. století výrazně ovlivňováno procesy označovanými jako vědecko-technická a informační revoluce, charakterizovaná moderními technologiemi, vědeckými objevy, rozmachem vzdělání a vytvářením informačního prostředí. Důsledkem je rozvoj moderní informační ekonomiky spojené se systematickou inovační politikou a strategií nejen ve výrobě, ale i v ostat-

Významnou institucí pro organizaci a propagaci inovačních akcí v ČR je *Asociace inovačního podnikání v ČR (AIPČR)* (<http://www.aipcr.cz>). Je to nevládní organizace pro oblast inovačního podnikání v ČR. Od 23. června 1993 AIPČR iniciuje vytváření a další rozvoj systému inovačního podnikání v ČR. Jeho cílem je zajistit vzájemnou spolupráci domácích vládních i nevládních organizací a jejich součinnost se zahraničními partnery při uskutečňování cílů inovačního podnikání v ČR.

AIPČR vydává od roku 1993 odborný časopis *Inovační podnikání a transfer technologií*. Od roku 1996 vyhlašuje *Cenu inovace roku*. Cílem soutěže je vyhodnotit a ocenit nejúspěšnější inovační produkty (výrobky, technologické postupy) subjektů se sídlem v ČR; hodnotící kritéria jsou technická úroveň produktu, původnost řešení, postavení na trhu, vliv na životní prostředí. *Technologický profil ČR* je databáze organizací inovačního podnikání. Databáze vznikla jako projekt Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR (MŠMT) v rámci programu *Kontakt*. Cílem programu Kontakt je zajistit potřebné podmínky pro rozvoj vědecko-technické spolupráce českých organizací výzkumu a vývoje, inovací a technologií s jejich partnery ve spolupracujících zemích. Současně tím podpořit začlenění českých organizací do Evropského výzkumného a inovačního prostoru a připravit je k účasti na řešení projektů rámcových programů Evropské unie; tím přispět k uskutečnění Lisabonské strategie, jejímž cílem bylo, aby Evropa měla do roku 2010 konkurenceschopnou ekonomiku opírající se o znalosti. Členstvím ČR v EU význam mezinárodní vědeckotechnické spolupráce roste ve spolupráci nejen se členy EU, kde se postupně otevírají národní programy výzkumu jednotlivých zemí ostatním členům EU, ale i s dalšími zeměmi světa.

Inovace se v poslední době stala obecným pojmem pro vyjádření a označení všeho zásadně nového, pokrokového a progresivního. Tak se také objevuje v propagačních heslech firem a organizací např.:

Inovace – elixír tajemství úspěchu (Siemens)
Our innovations for your succes (BR Automation),
Innovation, Quality, Service (Proskit)
Quality and innovation ensure high output (IEMME),
Inovace je naše kultura (Omron),
Více výzkumu a inovací – investice do růstu a zaměstnanosti (EU),
Více peněz na vývoj a inovace (EU),
Jak zvýšit konkurenceschopnost? Podporovat výzkum, vývoj, inovace (Kontakt),
Technicky inovovat znamená vymyslet, vyrobit, prodat – inovuj, nebo zanikneš (Technologický profil ČR),
Vzdělávací program: Inovace ve vzdělávání o inovacích (Akademie věd ČR),
Aby USA byly první na světě, chce to lepší inovace a vzdělávání (Barack Obama, prezident USA).

☒

Tab. 2. Výklad pojmů používaných při popisu jevů souvisejících se spolehlivostí

Pojem	Vysvětlivka
porucha	ukončení schopnosti objektu plnit požadovanou funkci
oprava	část údržby po poruše, při níž se na objektu provádějí ruční operace
pohotovost	schopnost objektu být ve stavu schopném plnit požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější prostředky
údržba (obecně)	kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností dozoru, zaměřených na udržení stavu nebo navrácení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci
nepoužitelný stav	provozu neschopný stav z vnitřních příčin, stav objektu charakterizovaný buď poruchovým stavem, nebo možnou neschopností plnit požadovanou funkci během preventivní údržby
provoz	stav, kdy objekt plní požadovanou funkci
obnova	jev, kdy objekt po poruchovém stavu opět získá schopnost plnit požadovanou funkci
poruchový stav	stav objektu charakterizovaný neschopností plnit požadovanou funkci, kromě neschopnosti během preventivní údržby nebo jiných plánovaných činností nebo způsobený nedostatkem vnějších prostředků
bezporuchovost	schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu
udržovatelnost	schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo vrátit se do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky
objekt	jakákoliv část, součást, zařízení, část systému, funkční jednotka, přístroj nebo systém, kterými je možné se individuálně zabývat
služba	množina funkcí, které organizace nabízí uživatelům
požadovaná funkce	funkce nebo kombinace funkcí objektu, které jsou považovány za nezbytné pro zajišťování dané služby
způsob fungování	podmnožina z množiny možných funkcí objektu
časový okamžik	jeden bod na časové stupnici
časový interval	část časové stupnice vymezená a popsána dvěma danými časovými okamžiky
doba trvání	rozdíl mezi koncovými body časového intervalu
způsobilost	schopnost objektu plnit požadavky na služby s danými kvantitativními charakteristikami při daných vnitřních podmínkách
chyba	nesoulad mezi počítanou, pozorovanou nebo měřitelnou hodnotou nebo podmínkou a skutečnou definovanou nebo teoreticky správnou hodnotou nebo podmínkou
použitelný stav	stav objektu charakterizovaný skutečností, že objekt může plnit požadovanou funkci za předpokladu, že vnější prostředky, jsou-li požadovány, jsou zajištěny

Obdobně je tomu s inovací, ale s tím rozdílem, že má hlavní vazbu na praktický aspekt tvořivosti, směřující k novým hodnotám.

V poznávací a realizační činnosti má určitou úlohu též **intuice**. Její význam bývá buď přeceňován, nebo zcela odmítán. Intuice je vlastně momentální vnuknutí, prozření, osvětlení či nahodilé tušení, které pomáhá proniknout k jádru problému a ozřejmit jeho vhodné řešení. Na rozdíl od tvořivosti, invence a inovace, které jsou spjaty s logickou a psychologickou stránkou poznání i jednání, umožňující odhalit zákonitost těchto procesů, je pro intuici příznačné, že má emocionální zabarvení a vzniká náhodně, je nahodilým aktem. Proto těžiště poznání a lidského konání nemůže spočívat na intuici, která je sice nezanedbatelným, ale přece jen doplňkovým jevem.

ních oblastech. V České republice se v nedávné době uskutečnily společenské přeměny spojené s transformací národního hospodářství. Důsledkem transformace byla tzv. atomizace podniků. V nejednom případě bylo dělení podniků v rozporu s logikou vývoje ve vyspělých zemích. Projevem byl chaotický vznik mnoha podniků s krátkou životností a schopností uplatnit se na trzích. Obdobná situace byla i v aplikovaném výzkumu, kde zaniklo na 50 % pracovišť.

Inovace tvoří osu tzv. *Lisabonské strategie*, kterou schválila Evropská rada v roce 2000. Na realizaci inovační strategie podniků, firem, jejichž vize a inovační politika se opírají o uvedenou strategii, má mimořádný vliv na úroveň jejich potenciálu. Má-li potenciál umožňovat progresivní vývoj a prosperitu podniku, je nezbytné dosáhnout toho, aby měl důsledně inovační charakter.