

Kvalita elektrické energie - průvodce

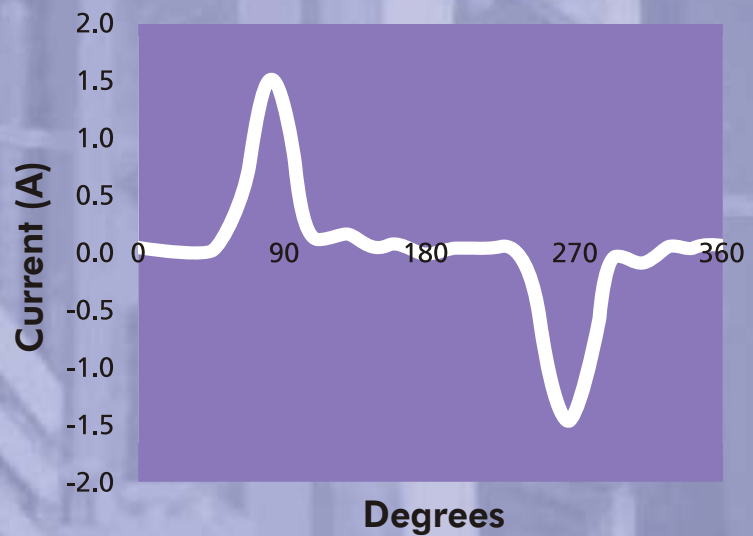
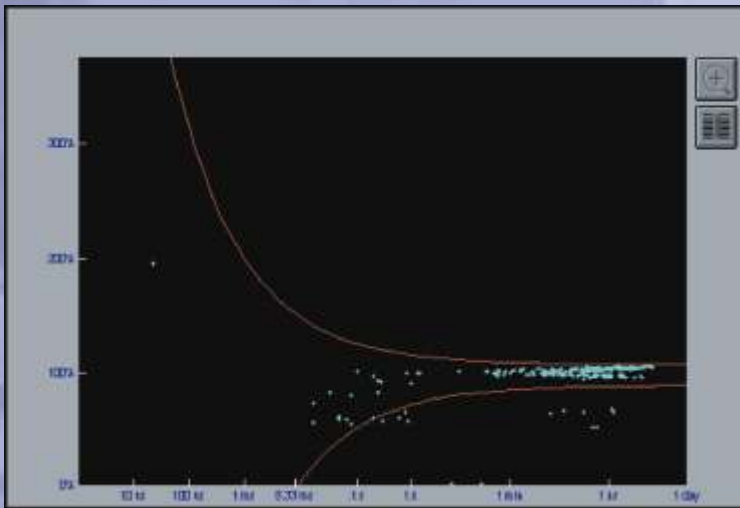


Leonardo da Vinci

Náklady

Náklady vyvolané špatnou kvalitou elektrické energie

2.1



COPPER

Náklady

Náklady

Náklady vyvolané špatnou kvalitou elektrické energie

David Chapman, Copper Development Association, Velká Británie

Překlad: Josef Gavlas, Miloslav Kužela, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava
Březen 2001

Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC)

HCPC je nezisková organizace financovaná producenty mědi a výrobci zpracovávajícími měď. Jejím cílem je podporovat používání mědi a měděných slitin a napomáhat jejich správné a účinné aplikaci. Služby HCPC, mezi něž patří i poskytování informací a technického poradenství, jsou dostupné zájemcům o využití mědi ve všech oborech. Sdružení rovněž slouží jako prostředník mezi výzkumnými organizacemi a průmyslovými uživateli a udržuje těsné styky s obdobnými střediskami mědi ve světě.

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute je organizací založenou podporujícími členy ICA (International Copper Association) a IWCC (International Wrought Copper Council). ECI zastupuje největší světové producenty mědi a přední evropské výrobce při propagaci mědi v Evropě. ECI, který byl založen v roce 1996, se opírá o síť deseti národních organizací mědi (Copper Development Associations - 'CDAs') v Beneluxu, Francii, Německu, Řecku, Maďarsku, Itálii, Polsku, Skandinávii, Španělsku a Spojeném království. Navazuje na činnost sdružení Copper Products Development Association založeného v roce 1959 a INCRA (International Copper Research Association) založeného v roce 1961.

Upozornění

Obsah tohoto materiálu nemusí nutně vyjadřovat názor Evropského společenství a není pro něj ani závazný. European Copper Institute a Hungarian Copper Promotion Centre odmítají odpovědnost za jakékoliv přímé, nepřímé či vedlejší škody, které mohou být způsobeny nesprávným využitím informací v této publikaci.

Copyright© European Copper Institute a Copper Development Association.

Česká verze byla připravena ve spolupráci HCPC a Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - Technické Univerzity Ostrava.

Reprodukce je možná za předpokladu, že materiál bude otištěn v nezkrácené podobě a s uvedením zdroje.



HUNGARIAN COPPER PROMOTION CENTRE

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9.
H - 1053 Budapest
Maďarsko
Tel.: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hpcp.bp@euroweb.hu
Website: www.hpcpinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba
Tel.: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: <http://homen.vsb.cz/~san50/>



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium
Tel.: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Náklady vyvolané špatnou kvalitou elektrické energie

Elektrická energie je v dnešní době využívána ve všech oblastech průmyslu a obchodu, kvalita dodávky je tedy velmi důležitá. Povaha a příčiny problémů týkajících se kvality elektrické energie byly obecně shrnuty v části 1 a podrobněji se jim budou věnovat další části, tato část příručky je zaměřena na vlivy jednotlivých problémů na výrobu a náklady, které jimi mohou být vyvolány. Jak bylo uvedeno v části 1, je pět základních typů poruch, každá má různé příčiny a následky a samozřejmě jsou také různé náklady s tím spojené.

Odhaduje se, že náklady vyvolané problémy s kvalitou elektrické energie dosahují v zemích Evropské unie ročně 10 miliard euro, přičemž výdaje na preventivní opatření jsou méně než 5 % této částky. Nabízí se tedy otázka: "Kolik peněz by se mělo investovat do prevence, aby se omezila možnost poruchy?". Odpověď závisí na tom, o jaký druh podnikání se jedná. V první řadě je třeba chápat povahu jednotlivých problémů a odhadnout, nakolik se každý z nich do-týká daného typu podnikání a jaké ztráty může vyvolat. Následující část se věnuje problémům s kvalitou elektrické energie z pohledu možného nepříznivého vlivu na podnikání. Informace o jejich příčinách, následcích a o tom, jak je řešit, lze nalézt v dalších částech této příručky.

Harmonické zkreslení

Harmonické zkreslení, které je způsobeno nelineárním zatížením, vyvolává v soustavě proudy, které mají větší amplitudu a obsahují harmonické složky. Tyto proudy nelze sledovat pomocí jednoduchého měřicího zařízení, které mají k dispozici montéři a údržbáři, což vede k tomu, že jejich úroveň je značně podceňována - někdy až o 40 %. Taková chyba amplitudy se může objevit v obvodech s vodiči o nedostatečném průřezu. A i v případě, že takový proud nevybaví nadproudovou ochranu, provozní teplota vodičů je vyšší a dochází ke ztrátám energie - obvykle 2 - 3 % odběru. Často se stává, že díky výše zmíněnému podcenění je nadproudová ochrana nastavena na příliš nízkou hodnotu a může docházet k jejímu častému vybavování.

Vlivem harmonických dochází ke značnému zvýšení ztrát vířivými proudy v transformátorech, protože tyto ztráty jsou úměrné druhé mocnině kmitočtu. Kvůli vyšším ztrátám je vyšší i provozní teplota transformátoru a jeho životnost se značně zkracuje. Dokonce i mírně zatěžované transformátory napájející odběry s převahou výpočetní techniky budou mít mnohem nižší životnost než je předpokládaná hodnota, pokud se nepodniknou patřičná opatření.

Ekonomickým důsledkem harmonických je zkrácení životnosti zařízení, snížení energetické účinnosti a náchylnost k častému vybavování ochrany. Náklady vyvolané častým vybavováním ochrany, jako ostatně vždy při neplánovaném výpadku, mohou být značné a blíže se jimi zabývá část věnovaná poklesům napětí. Zkrácení životnosti zařízení může být finančně velmi náročné. U zařízení jako jsou transformátory se předpokládá, že vydrží v provozu 30 až 40 let, a pokud se musí vyměnit po 7 až 10 letech, může to mít vážné finanční důsledky. Náklady na prevenci jsou přitom poměrně malé, stačí dobře navržený rozvod a správně zvolené zařízení. Použití kabelů s průřezem o jeden nebo dva stupně vyšším než je potřebná minimální hodnota snižuje ztráty a provozní náklady při nepatrném zvýšení investičních nákladů.

Přerušení dodávky

Přerušení dodávky je nejčastějším problémem, který vzniká při dodávce elektrické energie. Doba trvání se pohybuje o několika sekund až, v jednom známém extrémním případě, po měsíce. Ve Spojeném království přerušení dodávky trvá průměrně asi 100 minut a nastane jednou za 15 měsíců, ale jednotlivé případy mohou být velmi krátké a mohou se objevovat mnohem častěji. Samozřejmě, že rozvodná síť není jediným zdrojem poruch.

*Problémy
s kvalitou
elektrické
energie stojí
průmysl
a obchod
v Evropské unii
kolem
10 miliard
euro ročně.*

V domovních a průmyslových instalacích je celá řada míst, kde porucha jediného prvku, kabelu nebo spojení způsobí naprostý výpadek dodávky.

Ochrana proti úplnému přerušení dodávky je dvojí. Rozvod musí být navržen tak, aby se odstranila slabá místa nebo alespoň ta, která představují největší riziko. Dále se musí zvážit použití záložních zdrojů. Blíže se návrhu rozvodů věnuje část 4. průvodce. Potřebná technická opatření nejsou přitom komplikovaná ani příliš finančně náročná, ale sama o sobě mohou mít značný efekt. Je samozřejmé, že tato opatření jsou mnohem levnější, pokud se s nimi počítá už při návrhu a instalaci. Náhradní zdroje mohou být velice drahé, a to jak z pohledu pořizovacích nákladů, tak údržby (nemá například smysl vlastnit záskokový zdroj, které není připraven k okamžitému použití), a oprávněnost jejich využití se musí pečlivě zvážit. Při posuzování oprávněnosti investic do vlastního zdroje je potřeba si uvědomit, že takové zařízení bude odběratel při případném přerušení dodávky moci vyžít po mnoho let.

Velké, energeticky náročné provozy jako ocelárny nebo papírny musí být napájeny ještě jedním vedením z jiné části sítě, takže je málo pravděpodobné, že jedna porucha postihne obě vedení. Rovněž zabezpečení dodávky energie pomocí závodní elektrárny může být výhodné pokud je dispozici vhodné palivo. V obou případech je pravděpodobné, že počáteční investice bude značná, ale značné jsou i případné náklady vyvolané přerušením dodávky. Například papír se vyrábí v kontinuálním procesu, které vyžaduje přesné řízení rychlosti stovek válců ve výrobní lince, jejíž délka může přesáhnout 500 m. Jakákoliv porucha v zásobování elektrickou energií, dokonce i pokles napětí, má za následek ztrátu synchronizace a zastavení celého procesu. Než je možné výrobu obnovit, celulóza a papír v jednotlivých částech výrobní linky musí být odstraněny, což může trvat hodiny. Vážným důsledkem pro výrobce, který utrpěl ztráty na materiálu a vynaložené práci, je i to, že není schopen zásobovat zákazníka. Například novinový papír se používá v tak obrovských množstvích, že je nemožné, aby jej jak dodavatel, tak odběratel mohli skladovat. Vyžaduje se dodávka 'just in time' a celý cyklus (výroba papíru, tisk novin a posléze jejich vyřazení do odpadu) trvá jen několik dní. Neschopnost výrobce papíru dodat zboží znamená, že vydavatel nemůže tisknout a protože včerejší noviny jsou bezcenné (ale náklady na jejich výrobu jsou nemalé), může to mít vážné finanční důsledky. Následkem může být třeba změna dodavatele nebo změna smlouvy v neprospěch dodavatele, například zapracováním sankcí.

Pro menší podniky s nižšími nároky na elektrickou energii může být výhodné pořízení vlastního zdroje, který je v případě výpadku napájení schopen zásobovat nejdůležitější zařízení a který rovněž může sloužit ke snížení maximální požadovaného výkonu ve špičkách. Toto řešení je mnohem levnější, ale je třeba jej stále zvažovat ve srovnání možnými následky přerušení dodávky, což může učinit pouze sama organizace. Je potřeba počítat s tím, že záložní generátor potřebuje ke spuštění určitou dobu, a tak by měl být pro kritické odběry k dispozici ještě nějaký další záložní zdroj, například UPS. UPS má ovšem omezenou kapacitu a musí se použít pouze pro skutečně nezbytné spotřebiče, například servery počítačové sítě a důležité pracovní stanice.

Poklesy napětí

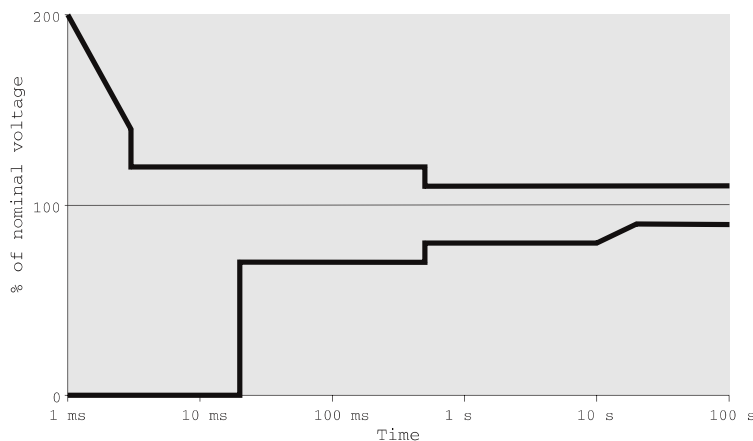
Pokles napětí je krátkodobé zmenšení efektivní hodnoty napájecího napětí, jehož délka se pohybuje od zlomků sekundy až po několik sekund. Pokles napětí charakterizuje jeho délka a velikost napětí (v procentech efektivní hodnoty jmenovitého napětí) po dobu poklesu. Je nutné si uvědomit, že krátká, ale úplná ztráta napájení je přerušení dodávky, avšak často se také označuje jako přerušení napětí.

Křivka uváděná Information Technology Industry Council (ITIC), původně definovaná sdružením Computer and Business Equipment Manufacturers Association (CBEMA), která je znázorněna na obrázku 1, popisuje toleranci zařízení na napěťové poruchy všech možných druhů.

*Cena
za snížení
nákladů je
poměrně nízká
a vyžaduje
jedině dobrou
praxi při
instalaci
a vhodnou
volbu zařízení*

Náklady vyvolané špatnou kvalitou elektrické energie

Plné čáry představují závislost maximálního a minimálního přípustného napětí (s ohledem na bezchybnou funkci zařízení) na čase. Například výpočetní technika by měla snést přepětí o hodnotě pětinasobku jmenovitého napětí po dobu 10 ms, ale pouze dvacetiprocentní přepětí už po dobu 10 ms. Pokud jde o podpětí, úplné přerušování dodávky by nemělo překročit 20 ms (délka jedné periody), ale pro dobu trvání poklesu 100 ms už nesmí napětí poklesnout pod 70 % jmenovité hodnoty. Křivka byla původně vyvinuta pro potřeby uživatelů výpočetní techniky, aby jim pomohla řešit problémy s kvalitou dodávané elektrické energie. Díky tomu, že byly definovány nároky zařízení na kvalitu, bylo mnohem jednodušší určit měření u odběratele, zda je kvalita dodávky dostatečná. Jak uvidíme, křivka ITIC představuje velmi optimistický pohled na chování napájecích sítí!



Obr.1 křivka ITIC

Mnoho případů poklesu napětí je způsobeno poruchami v napájecí síti, kdy závažnost poruchy závisí na vzájemném umístění generátoru, místa poruchy a místa měření (podrobnosti viz část 5). Neexistují žádné oficiální údaje týkající se závažnosti a četnosti poklesů napětí, ale v současné době se provádějí poměrně rozsáhlá měření, která by měla poskytnout přímo využitelné informace. Jedna studie zpracovaná velkým producentem elektrické energie se zabývala měřením napěťových poruch ve dvanácti lokalitách s odběry od 5 do 30 MVA. Za dobu 10 měsíců bylo zaznamenáno 858 poruch, z nichž 42 vedlo k přerušování dodávky a finančním ztrátám. I když se ve všech 12 lokalitách jednalo o průmysl s nízkou technologickou náročností, který produkoval výrobky s nízkou přidanou hodnotou, celková finanční ztráta dosáhla 600 000 euro (průměrně 14 300 euro na jednu poruchu a 50 000 euro na lokalitu), přičemž nejvyšší ztráta byla 165 000 euro. Je jasné, že závody produkující výrobky s vysokou přidanou hodnotou a provozující víceetapovou dávkovou výrobu (například výroba polovodičů) by čelily ještě mnohem větším ztrátám. Níže uvedená tabulka uvádí některé charakteristické hodnoty.

Odvětví	Finanční ztráta na poruchu	
Výroba polovodičů	3 800 000	Euro
Finančnictví	6 000 000	Euro za hodinu
Výpočetní středisko	750 000	Euro
Telekomunikace	30 000	Euro za minutu
Ocelárny	350 000	Euro
Sklářny	250 000	Euro

Jedná se o obrovské náklady způsobené zdánlivě bezvýznamnými jevy, které jsou kratší než jedna sekunda. Problém spočívá v tom, že reakce jednotlivých typů zařízení (jako například výpočetní technika zpracovávající data nebo pohony s říditelnou rychlostí) není známa a tak je nemožné předem odhadnout nebo řídit chování celého systému.

*V průběhu
10 měsíců
bylo
zaznamenáno
858 výpadků,
které způsobily
finanční ztráty
dosahující výše
600 000 euro.*

V případě nepřetržité výroby (jako například výroba papíru) jsou důsledky poklesu napětí stejně vážné jako při úplném přerušení dodávky, se stejnými náklady na vyčištění výrobní linky a stejnou ztrátou na materiálu a produkci. V případě výrobních operací využívajících počítače může celková doba potřebná na restartování velkého počtu pracovních stanic a obnovení nedokončených transakcí a neuložených dokumentů dosáhnout několika hodin. Polovodičový průmysl je zvláště zranitelný, protože k výrobě destiček je zapotřebí okolo dvaceti operací nebo tolik výrobních stupňů, aby byla ukončena během několika dnů. Jestliže dojde ke zničení destičky na konci celého procesu, hodnota celé doposud vynaložené práce přijde vniveč. Vývoj v oblasti polovodičové techniky je nyní tak rychlý, konkurence tak velká a předpokládaná doba využívání polovodičových prvků tak krátká, že výpadek výroby představuje závažný problém nejen pro dodavatele, ale i pro jejich zákazníky, kteří nemohou produkovat a dodávat své vlastní výrobky.

On-line zdroje nepřerušovaného napájení (UPS), ve kterých je odběr napájen z nepřetržitě dobíjené baterie, jsou vůči následkům poklesu napětí imunní. Ostatní záložní zdroje neposkytují takovou úroveň zabezpečení, protože výpadek napájení musí být nejprve detekován a teprve pak dojde k přepnutí odběru na vlastní zdroj. Je-li prahová hodnota pro detekci příliš vysoká, UPS se připíná a odpíná příliš často, je-li mezní hodnota příliš nízká, škodlivé poklesy napětí se přenášejí na odběratele. Proto je potřeba předem provést důkladnou analýzu konkrétní situace.

Přechodné děje

Přechodné děje jsou napěťové poruchy o velmi krátkém trvání (do jednotek milisekund), ale velké amplitudě (až do několika tisíc voltů) a s velmi rychlým nárůstem. Většina přechodných dějů je vyvolána úderem blesku nebo spínáním velkých či induktivních zátěží. S ohledem na vysokofrekvenční povahu přechodných dějů dochází při jejich šíření sítí k značnému utlumení, takže děje, které se vyskytují blízko uvažovaného místa, budou mnohem závažnější než ty, které vznikají ve vzdálených částech sítě. Ochrany v síti zajišťují, že přechodné děje nepřesáhnou bezpečnou hodnotu a většina problémů má tak původ v blízkosti rozvodů nebo přímo v rozvodech uživatele. Podrobně se přechodným dějům věnuje část 5. Následky přechodných dějů se mohou projevit okamžitě (například výpadek elektrárny či spotřebičů nebo ztráta dat v počítačích) nebo postupně, kdy při každé poruše dojde k částečnému porušení izolace, což nakonec vede k havárii s velmi vážnými následky. Přitom je potřeba brát v úvahu náklady na výměnu postiženého prvku a náklady spojené s potřebným vyřazením zařízení z provozu.

Ochrana je poměrně levná. Základním požadavkem je, aby uzemňovací systém byl navržen tak, že bude mít nízkou impedanci ve velkém rozsahu kmitočtů s kvalitním nízkoimpedančním spojením svodů a zemniců. Při návrhu ochranného zařízení proti účinkům atmosférického přepětí je potřeba zohlednit místní podmínky, například počet dnů v roce, kdy dochází k bouřkám. Ochrana proti účinkům přechodných dějů by měla být provedena v místě připojení všech přívodních vodičů včetně telefonních a ostatních komunikačních vedení. Výrobce by měl zajistit omezení přechodných dějů vyvolaných spínacími přístroji a uživatel by měl zajistit takovou úroveň údržby, která zaručí, že toto omezení bude po dobu provozu přístrojů účinné.

Závěr

S rizikem představovaným problémy s kvalitou elektrické energie je potřeba počítat i u výroby s nízkou technologickou náročností, protože i zde může dojít ke značným finančním ztrátám. Na druhé straně je prevence poměrně levná, škála možných řešení sahá od dobré projektové přípravy až po využití patřičného příslušenství (ochrany, filtrační a kompenzační zařízení atd.)

Je nutné brát v úvahu cenu výměny poškozeného zařízení a také cenu prostoje.

Evropská střediska promoce mědi

Země Benelux

Copper Benelux
Avenue de Tervueren 168
B-1150 Brussels
Belguim

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 9099
Email: mail@copperbenelux.org
Website: www.copperbenelux.org

Contact: Mr. B Dóme - Director

Francie

Centre d' Information du Cuivre et Latons
30 Avenue de Messine
F - 75008 Paris

Tel: 00 33 1 42 25 25 67
Fax: 00 33 1 49 53 03 82
Email: centre@cuiivre.or
Website: www.cuiivre.org

Contact: Mr. P Blazy - Ředitel

Německo

Deutsches Kupfer- Institut e.V
Am Bonneshof 5
D - 40474 Dusseldorf

Tel: 00 49 211 4796 300
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: info@kupferinstitut.de
Website: www.kupferinstitut.de

Contact: Dr W Seitz - Ředitel

Řecko

Hellinic Copper Development Institute
74 L Riankour Str
GR - 115 23 Athens

Tel: 00 30 1 690 4406-7
Fax: 00 30 1 690 4463
Email: info@copper.org.gr

Contact: Mr D Simopoulos - Ředitel

Česká republika, Maďarsko, Polsko

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9.
H - 1053 Budapest
Maďarskov

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hcpc.bp@euroweb.hu

Contact: Mr R Pintér - Ředitel

Itálie

Istituto Italiano del Rame
Via Corradino D'Ascaino 1,
I - 20142 Milano

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirenet.it
Website: www.iir.it

Contact: Mr V Loconsolo - Ředitel

Polsko

Polish Copper Promotion Centre Sa
Pl. 1 Maja 1-2
Pl - 50 - 136 Wroclaw

Tel: 00 48 71 78 12 502, 78 12 383
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Contact: Mr P Jurasz - Ředitel

Skandinávie

Scandinavian Copper Development Association
Kopparbergsvägen 28
S - 72188 Västeras Sweden

Tel: 00 46 21 19 86 20
Fax: 00 46 21 19 80 35
Email: scda.info@outokumpu.fi
Website: www.scda.com

Contact: Mrs M Sundberg- Ředitelka

Španělsko

Centro Espanol de Informacion del Cobre
Princesa 79
E - 28008 Madrid

Tel: 00 34 91 544 8451
Fax: 00 34 91 544 8884
Email: cedic@pasanet.es

Contact: Mr. J.R. Morales - Ředitel

Velká Británie

Copper Development Association
Verulam Industrial Estate
224 London Road
St Albans
Hertfordshire AL1 1AQ

Tel: 00 44 1727 731200
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Website: www.cda.org.uk & www.brass.org

Contact: Mrs A Vessey - Manažer



David Chapman



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9.
H - 1053 Budapest
Magarsko
Tel.: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hpc.bp@euroweb.hu
Website: www.hpcinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba
Tel.: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: <http://homen.vsb.cz/~san50/>



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belguim
Tel.: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org